A BSc képzés programja

a mérnökinformatikus és a villamosmérnöki szakokon

Érvényes: 2025. szeptember 1-től felmenő rendszerben

(V 4.0)

BUDAPEST, 2025

BME VILLAMOSMÉRNÖKI ÉS INFORMATIKAI KAR

TARTALOMJEGYZÉK

I. BEVEZETÉS 4
I.1 A mérnökinformatikus alapszak tantervi hálója 6
I.2 A villamosmérnöki alapszak tantervi hálója 10
I.3 A kar tanszékeinek teljes és rövidített nevei 13

II. MÉRNÖKINFORMATIKUS ALAPSZAK 14
II.1 Természettudományos alapismeretek 18
II.2 Gazdasági és humán ismeretek 24
II.3 Szakmai törzsanyag 25
II.4 Kötelezően választható szakmai tantárgyak 41
II.5 A mérnökinformatikus alapszak specializációi és tantárgyai 54
II.6 A mérnökinformatikus alapszak specializációtantárgyainak leírása 56
II.6.1 Intelligens hálózatok specializáció (HIT, HVT, TMIT) 56
II.6.1.1 Intelligens hálózatok / HIT ágazat 57
II.6.1.2 Intelligens hálózatok / HVT ágazat 58
II.6.1.3 Intelligens hálózatok / TMIT ágazat 59
II.6.1.4 A specializáció további tantárgyai 61
II.6.2 Szoftverfejlesztés specializáció (AUT, IIT, MIT) 66
II.6.2.1 Szoftverfejlesztés / AUT ágazat 66
II.6.2.2 Szoftverfejlesztés / IIT ágazat 68
II.6.2.3 Szoftverfejlesztés / MIT ágazat 69
II.6.2.4 A specializáció további tantárgyai 70
II.6.3 Információs rendszerek specializáció (ETT, SZIT, TMIT) 74
II.6.3.1 Információs rendszerek / ETT ágazat 75
II.6.3.2 Információs rendszerek / SZIT ágazat 77
II.6.3.3 Információs rendszerek / TMIT ágazat 78
II.6.3.4 A specializáció további tantárgyai 79
II.7 Projekttantárgyak 82
II.8 Szabadon választható tantárgyak 85

III. VILLAMOSMÉRNÖKI ALAPSZAK 86
III.1 Természettudományos alapismeretek 89
III.2 Gazdasági és humán ismeretek 101
III.3 Szakmai törzsanyag 102
III.4 A villamosmérnöki alapszak specializációi és tantárgyai 123
III.5 A villamosmérnöki alapszak specializációtantárgyainak leírása 125
III.5.1 Beágyazott és irányító rendszerek specializáció (AUT, IIT, MIT) 125
III.5.1.1 Számítógép-alapú rendszerek ágazat (AUT) 125
III.5.1.2 Irányító rendszerek ágazat (IIT) 127
III.5.1.3 Beágyazott szoftverfejlesztés ágazat (MIT) 130
III.5.1.4 A specializáció további tantárgyai 132
III.5.2 Intelligens kommunikáció specializáció (HIT, HVT, TMIT) 137
III.5.2.1 Multimédia- és mobil hálózati megoldások a gyakorlatban ágazat (HIT) 137
III.5.2.2 Nagyfrekvenciás rendszerek és alkalmazások ágazat (HVT) 139
III.5.2.3 Infokommunikációs rendszerek és hálózatok ágazat (TMIT) 142
III.5.2.4 A specializáció további tantárgyai 144
III.5.3 Mikroelektronikai hardvertervezés és integráció spec. (EET, ETT) 148
III.5.3.1 Mikroelektronikai tervezés és integráció ágazat (EET) 148
III.5.3.2 Elektronikai hardvertervezés és integráció ágazat (ETT) 150
III.5.3.3 A specializáció további tantárgyai 152
III.5.4 Fenntartható villamos energetika specializáció (VET) 154
III.5.4.1 Innovatív technológiák és berendezések ágazat (VET-NF) 154
III.5.4.2 Villamos gépek és hajtások ágazat (VET-VG) 157
III.5.4.3 Smart grid ágazat (VET-VM) 159
III.5.4.4 A specializáció további tantárgyai 160
III.6 Projekttantárgyak 164
III.7 Szabadon választható tantárgyak 167

I. BEVEZETÉS

Az idén 73 éves Villamosmérnöki és Informatikai Kar a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem egyik legnagyobb, legmeghatározóbb kara.

Az egyetemen már a XX. század első évtizedeiben megindult a villamosmérnöki ismeretek oktatása, és 1949-ben létrejött az önálló Villamosmérnöki Kar. Azóta mind a mai napig ezen a karon folyt egyedül olyan szintű villamosmérnök-képzés, amely a kétlépcsős képzési rendszerben a mesterszintet (MSc) is magában foglalja. A szakmai fejlődés természetes folyamatait követve, az oktatás a 80-as években kibővült a számítástechnika és számítástudomány témaköreivel és a műszaki informatikával is, ezért 1992-ben a kar felvette a Villamosmérnöki és Informatikai Kar nevet. Mára ez a kar a hazai informatikai oktatás és kutatás egyik legfontosabb bázisává vált.

A kar oktatását kezdetektől fogva az jellemezte, hogy erős elméleti alapképzésre építve, mély szakmai ismereteket adott a kor társadalmi igényeihez rugalmasan igazodó tématerületeken. Végzett mérnökeink minden időszakban erős elméleti és azonnal alkalmazható szakmai tudással egyaránt rendelkeztek, és ez képessé tette őket az alkotó mérnöki munkára, az absztrakt fogalmi és gyakorlatias mérnöki gondolkodásra, a szakterületek állandóan változó ismeretanyagának folyamatos követésére, az önálló fejlesztésre és kutatásra, és ezek alapján a biztos fellépésre. Az itt végzett fiatal mérnökök mindig alkalmasak voltak a nemzetgazdaság szakemberigényének magas szintű kielégítésére, az ipar és általában a gazdaság műszaki vezető pozícióinak betöltésére, azaz megfeleltek a magasan kvalifikált műszaki értelmiséggel szembeni elvárásoknak.

A 2005/2006. tanévtől a képzés a villamosmérnöki és a mérnök informatikus szakon is kétciklusúvá vált, és az alapképzési („bachelor” vagy BSc) ciklus hossza hét, a mesterképzési („master” vagy MSc) ciklus hossza négy szemeszter (félév). Az alapképzés szakdolgozat, a mesterképzés diplomaterv készítésével zárul. Az alapképzés három utolsó félévében ún. specializációk keretében differenciált szakmai ismeretekhez jutnak a hallgatók. A mesterképzés pedig mindvégig specializációkhoz kapcsolódik.

Az alapképzésben a mintatantervben előírt 210, a mesterképzésben további 120 kreditpont megszerzése esetén tehető záróvizsga.

A hallgatók az előírt szakmai alapozó és szaktantárgyak mellett további szakmai választható tantárgyakkal, illetve közismereti, közgazdasági és társadalomtudományi tantárgyakkal szélesíthetik ismereteiket. Lehetőség van számos tantárgy angol nyelven történő hallgatására, valamint német és francia nyelvű képzés keretében a hallgatók az első négy szemeszterbeli tanulmányaikat idegen nyelven folytathatják, és tanulmányaik egy részét a választott nyelvterületen (pl. Németországban) végezhetik.

Az oktatás előadások, laboratóriumi és tantermi gyakorlatok formájában folyik. A laborok felszereltsége – a cégek és az ipar támogatásának köszönhetően – lehetővé teszi a magas szintű szakmai gyakorlat megszerzését. Erősödik az az irányzat, hogy a nagy cégek az egyetemet bízzák meg kutatási és fejlesztési feladatokkal úgy, hogy az ehhez szükséges eszközöket e cégek biztosítják. Azok a hallgatók, akik már az egyetemi évek alatt bekapcsolódnak ezekbe a feladatokba, a záróvizsgát követően többnyire azonnal állást kapnak a megbízó cégnél. Az sem ritka, hogy már a tanulmányok folytatása közben is tevékenykednek a hallgatók egy-egy cégnél, így szerezve gyakorlati tapasztalatokat az egyetemen tanultakhoz.

2008 szeptemberétől a Villamosmérnöki és Informatikai Kar mindkét alapképzési szakon bevezette a tankörrendszert. A gyakorlathoz hasonló foglalkozás célja olyan hallgatói közösség létrehozása, ahol a kreditrendszerű képzés következtében sok tekintetben elidegenedett és magukra maradt hallgatók szakmai és emberi kapcsolatokat tudnak kialakítani egymással, segíteni tudnak egymásnak a tanulmányaikban, értelmes szakmai programok irányába motiválják egymást.

Ez a dokumentum bemutatja a két alapképzési szak tantervi hálóit, előtanulmányi rendjét, majd szakok szerinti bontásban a képzésben szereplő főbb tantárgycsoportok elemeit, a specializációkat és az ágazatokat. A BME központi irányelveinek megfelelően 2017. szeptember 1-től a tanterveken minimális változtatást (kontaktóraszám-csökkentést, kisebb kreditszám-kiigazítást) hajtottunk végre, ehhez kapcsolódóan tájékoztató jelent meg kari honlapunkon.

2018. szeptember 1-től a kar az országos informatikai szakemberhiány miatt elindítja harmadik alapképzési szakként az üzemmérnök-informatikus (BProf) szakot.

2021-22-ben alapszakjaink tanterveit felülvizsgáltuk és a folyamatosan változó szakmai igényekhez igazodó módosításokat végeztünk rajtuk. Az új tantervek felmenő rendszerben kerülnek bevezetésre 2022 szeptember 1-től.

A kar képzéseiről, a tanszékeken folyó kutatás-fejlesztési és innovációs tevékenységről, a továbbképzési lehetőségekről, a hallgatói szakmai és közösségi életről részletes információk olvashatók a kari honlapon, a www.vik.bme.hu címen.

Odaadó munkájáért köszönetemet fejezem ki a tanszékek

Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszék (AUT)
Elektronikus Eszközök Tanszéke (EET)
Elektronikai Technológia Tanszék (ETT)
Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék (HIT)
Irányítástechnika és Informatika Tanszék (IIT)
Mesterséges Intelligencia és Rendszertervezés Tanszék (MIT)
Számítástudományi és Információelméleti Tanszék (SzIT)
Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszék (HVT)
Távközlési és Mesterséges Intelligencia Tanszék (TMIT)
Villamos Energetika Tanszék (VET)

vezetőinek és valamennyi közreműködő munkatársának.

Budapest, 2025. szeptember 1.

Dr. Imre Sándor
dékán

Összeállította: Tevesz Gábor

I.1 A mérnökinformatikus alapszak tantervi hálója

	Tárgykód	Tárgynév	Szemeszter						
			1	2	3	4	5	6	7
Természettudományos alapismeretek (46 kreditpont)									
1	TEMIBSVANL1-00	Analízis 1 informatikusoknak	6/2/0/v/8						
2	TE90AX57	Analízis 2 informatikusoknak		4/2/0/v/6					
3	VISZAB04	Valószínűségszámítás és statisztika			4/2/0/v/6				
4	VISZAA06	Bevezetés a számításelméletbe 1	4/2/0/v/6						
5	VISZAA04	Bevezetés a számításelméletbe 2		2/2/0/v/5					
6	VIHIAB04	Kódolástechnika			3/1/0/v/4				
7	VISZAA08	Algoritmuselmélet		2/2/0/f/5					
8	TE11AX52	Fizikai alapismeretek	1/1/0/f/2						
9	TE11AX53	Fizika i		2/2/0/v/4					
Gazdasági és humán ismeretek (14 kreditpont)									
10	ld. honlap	Gazdhum 3 (GTK egyik csoport)						2/0/0/f/3	
11	ld. honlap	Gazdhum 5 (GTK másik csoport)				4/0/0/f/5			
12	ld. honlap	Gazdhum 3 (GTK harmadik csoport)				2/0/0/f/3			
13	ld. honlap	Gazdhum 3 (GTK vagy VIK csoport)						2/0/0/f/3	
Szakmai törzsanyag (102 kreditpont)									
14	VIETAA00	Villamos alapismeretek	2/0/1/v/3						
15	VIMIAA03	Digitális technika	2/1/1/v/5						
16	VIHIAA03	Számítógép-architektúrák		3/1/0/v/5					
17	VITMAB06	Kommunikációs hálózatok				4/0/2/v/7			
18	VIMIAB03	Operációs rendszerek			3/0/1/f/5				
19	VIEEAA00	A programozás alapjai 1	2/2/2/f/7						
20	VIIIAA03	A programozás alapjai 2		2/0/2/f/6					
21	VIIIAB00	A programozás alapjai 3			2/0/2/f/5				
22	VITMAB04	Adatbázisok			2/1/1/v/5				
23	VIMIAB04	Szoftvertechnológia			3/0/1/v/5				
24	VIAUAB00	Szoftvertechnikák				2/0/2/v/5			
25	VIIIAB11	Szoftver projekt laboratórium				0/0/2/f/4			
26	VIIIAB12	Számítógépes grafika				3/0/1/v/5			
27	VIMIAC16	Mesterséges intelligencia					3/0/1/v/5		
28	VIHIAC07	IT biztonság						3/0/1/v/5	
29	↓	Kötelezően választható szakmai tantárgy 1[1]					2/0/2/f/5		
30	↓	Kötelezően választható szakmai tantárgy 2[1]					2/0/2/f/5		
31	↓	Kötelezően választható szakmai tantárgy 3[1]						2/0/2/f/5	
32	↓	Kötelezően választható szakmai tantárgy 4[1]						2/0/2/f/5	
33	↓	Kötelezően választható szakmai tantárgy 5[1]							2/0/2/f/5

	Tárgykód	Tárgynév	Szemeszter						
			1	2	3	4	5	6	7
Differenciált szakmai ismeretek (38 kreditpont)									
34	↓	Specializáció ágazati főtantárgy[2]					2/2/0/v/5		
35	↓	Specializáció ágazati laboratórium[2]						0/0/2/f/3	
36	↓	Specializáció tantárgy 2[3]					2/2/0/v/5		
37	↓	Specializáció-tantárgy 3[3]					2/2/0/v/5		
38	generikus	Önálló laboratórium						0/0/3/f/5	
39	generikus	Szakdolgozat-készítés							0/8/0/f/15
Szabadon választható tantárgyak (10 kreditpont)[4]									
40	ld. honlap	Szabadon választható tantárgy 1						2/0/0/f/2	
41	ld. honlap	Szabadon választható tantárgy 2							2/0/0/f/2
42	ld. honlap	Szabadon választható tantárgy 3							2/0/0/f/2
43	ld. honlap	Szabadon választható tantárgy 4							2/0/0/f/2
44	ld. honlap	Szabadon választható tantárgy 5							2/0/0/f/2
Kritériumtantárgyak									
45	ld. honlap	Testnevelés 1	0/2/0/a/0						
46	ld. honlap	Testnevelés 2		0/2/0/a/0					
47	generikus	Szakmai gyakorlat[5]							8 hét/a/0
Ajánlott tantárgyak									
48	generikus	Tanköri foglalkozás 1	0/2/0/a/0						
49	generikus	Tanköri foglalkozás 2		0/2/0/a/0					
Összesítés									
Összes heti óra bontva (krit. tantárgyak nélkül)			17/8/4	15/9/2	17/4/5	15/0/7	13/6/5	13/0/10	10/8/2
Összes heti óra (krit. tantárgyak nélkül)			29	26	26	22	24	23	20
Összes óra a képzésben			174	100/35/35	Elm/gyak: 58,8/41,2%				
Összes kredit pontszám			31	31	30	29	30	31	28
Vizsgaszám[6]			4	4	4	3	4	1	0

x/y/z/v vagy f/kredit: x: előadás órák, y: gyakorlati órák, z: laboratórium órák száma, v: vizsga, f: félévközi jegy, kredit: a tantárgyhoz rendelt kreditpontok száma. 1 kredit: 30 (átlagos) hallgatói munkaóra

1 A kötelezően választható szakmai tantárgyak közül 5 db teljesítendő, csak meghatározott előtanulmányi feltételek teljesülése esetén vehetők fel (ld. előtanulmányi rend).

2 A Specializáció ágazati főtantárgy és a Specializáció ágazati laboratórium kötelezően a hallgató ágazata szerint teljesítendő.

3 A Specializáció tantárgy 2 és 3 az adott specializáció bármelyik tantárgya közül választható (a Specializáció ágazati laboratórium tantárgyak kivételével). Egy adott félévben a tantárgyak tetszőleges kombinációban történő felvehetősége nem garantált.

4 A Szabadon választható tantárgyak tetszőleges darabszámban és kreditkombinációban vehetők fel, minimum 10 kredit teljesítése kötelező a végbizonyítvány megszerzéséhez.

5 Az intézményen kívül teljesítendő szakmai gyakorlat a végbizonyítvány megszerzésének kritérium-feltétele (ld. kari szabályzat).

6 A 7. félévben felvett, vizsgakövetelménnyel záruló tantárgyak vizsgáinak teljesítésére csak erősen korlátozott idő áll rendelkezésre az MSc képzésre jelentkező hallgatók számára.

Kötelezően választható szakmai tantárgyak[1]

Tantárgykód	Tantárgynév	Típus	Tanszék	Szemeszter	
				őszi	tavaszi
VIAUAD02	Mobil és webes szoftverek	online	AUT	2/0/2/f/5	
VIEEAD00	IT eszközök technológiája	online	EET		2/1/1/f/5
VIETAD00	Intelligens gyártás	jelenléti	ETT		2/0/2/f/5
VIHIAD00	Kvantuminformatikai alkalmazások	jelenléti	HIT	2/2/0/f/5	
VIHVAD00	Rendszerelmélet	jelenléti	HVT	2/0/2/f/5	
VIIIAD01	Képfeldolgozás	jelenléti	IIT	2/2/0/f/5	
VIMIAD03	Rendszermodellezés	jelenléti	MIT		2/0/2/f/5
VIMIAD04	Beágyazott információs rendszerek	jelenléti	MIT		2/0/2/f/5
VISZAD01	Deklaratív programozás	jelenléti	SZIT	2/2/0/f/5	
VITMAD01	Információs rendszerek üzemeltetése	jelenléti	TMIT		2/0/2/f/5
VITMAD02	Beszédinformációs rendszerek	jelenléti	TMIT	2/0/2/f/5	

[1] A kötelezően választható szakmai tantárgyak közül 5 db teljesítendő, csak bizonyos előtanulmányi feltételek teljesülése esetén vehetők fel (ld. előtanulmányi rend). Az egyes tantárgyak vagy a tavaszi, vagy az őszi félévben indulnak, összóraszámuk és kreditszámuk megegyezik, de a gyakorlat/labor óraszámok eloszlása eltérő lehet.

Specializációk[2]

	Tárgykód	Tárgynév	Szemeszter		típus	tanszék
			5 v 7	6		
Intelligens hálózatok specializáció (HIT, HVT, TMIT)						
Intelligens hálózatok / HIT ágazat						
34	VIHIAC11	Hálózat- és forgalommenedzsment	2/2/0/v/5		Ágazati főtantárgy	HIT
35	VIHIAC12	Hálózat- és forgalommenedzsment laboratórium		0/0/2/f/3	Ágazati laboratórium	HIT
Intelligens hálózatok / HVT ágazat						
34	VIHVAC11	Szoftverrádiós technológiák	2/2/0/v/5		Ágazati főtantárgy	HVT
35	VIHVAC12	Szoftverrádió és távérzékelés laboratórium		0/0/2/f/3	Ágazati laboratórium	HVT
Intelligens hálózatok / TMIT ágazat						
34	VITMAC12	Cloud Native hálózati funkciók fejlesztése	2/2/0/v/5		Ágazati főtantárgy	TMIT
35	VITMAC13	Cloud Native technológiák laboratórium		0/0/2/f/3	Ágazati laboratórium	TMIT
Intelligens hálózatok specializáción felvehető további tantárgyak						
36-37	VIHIAC10	Mobil kommunikációs hálózatok és alkalmazásaik	2/2/0/v/5		Specializáció tantárgy	HIT
36-37	VIHVAC13	Távérzékelés és helymeghatározás	2/2/0/v/5		Specializáció tantárgy	HVT
36-37	VITMAC14	Konténeralapú felhőplatformok	2/2/0/v/5		Specializáció tantárgy	TMIT
36-37	VIEEAC07	Intelligens érzékelők és gépi adatfeldolgozás	2/2/0/v/5		Specializáció tantárgy	EET

	Tárgykód	Tárgynév	Szemeszter		típus	tanszék
			5 v 7	6		
Szoftverfejlesztés specializáció (AUT, IIT, MIT)						
		Szoftverfejlesztés / AUT ágazat				
34	VIAUAC15	Adatvezérelt rendszerek	2/2/0/v/5		Ágazati főtantárgy	AUT
35	VIAUAC16	Adatvezérelt szoftverfejlesztés laboratórium		0/0/2/f/3	Ágazati laboratórium	AUT
		Szoftverfejlesztés / IIT ágazat				
34	VIIIAC09	Objektumorientált szoftvertervezés	2/2/0/v/5		Ágazati főtantárgy	IIT
35	VIIIAC10	Objektumorientált laboratórium		0/0/2/f/3	Ágazati laboratórium	IIT
		Szoftverfejlesztés / MIT ágazat				
34	VIMIAC20	Automatizált szoftverfejlesztés	2/2/0/v/5		Ágazati főtantárgy	MIT
35	VIMIAC21	Automatizált szoftverfejlesztés laboratórium		0/0/2/f/3	Ágazati laboratórium	MIT
		Szoftverfejlesztés specializáción felvehető további tantárgyak				
36-37	VIAUAC17	Kliensoldali rendszerek	2/2/0/v/5		Specializáció tantárgy	AUT
36-37	VIIIAC11	3D grafikus rendszerek	2/2/0/v/5		Specializáció tantárgy	IIT
36-37	VIMIAC22	Természetes nyelvi és szemantikus technológiák	2/2/0/v/5		Specializáció tantárgy	MIT
36-37	VIVEAC18	SCADA és a villamosenergia-rendszer	2/2/0/v/5		Specializáció tantárgy	VET
Információs rendszerek specializáció (ETT, SZIT, TMIT)						
		Információs rendszerek / ETT ágazat				
34	VIETAC13	Vállalatirányítási rendszerek	2/2/0/v/5		Ágazati főtantárgy	ETT
35	VIETAC14	Vállalatirányítási rendszerek programozása laboratórium		0/0/2/f/3	Ágazati laboratórium	ETT
		Információs rendszerek / SZIT ágazat				
34	VISZAC01	Algoritmikus játékelmélet	2/2/0/v/5		Ágazati főtantárgy	SZIT
35	VISZAC02	Algoritmikus problémák megoldása laboratórium		0/0/2/f/3	Ágazati laboratórium	SZIT
		Információs rendszerek / TMIT ágazat				
34	VITMAC15	Adatelemzés mélytanulási módszerekkel	2/2/0/v/5		Ágazati főtantárgy	TMIT
35	VITMAC16	Adatelemzés és mélytanulás laboratórium		0/0/2/f/3	Ágazati laboratórium	TMIT
		Információs rendszerek specializáción felvehető további tantárgyak				
36-37	VIETAC15	Termeléstervezés és ipari IoT	2/2/0/v/5		Specializáció tantárgy	ETT
36-37	VISZAC03	Véges matematika	2/2/0/v/5		Specializáció tantárgy	SZIT
36-37	VITMAC17	Data science módszerek Python környezetben	2/2/0/v/5		Specializáció tantárgy	TMIT

[2] A Specializáció ágazati főtantárgy és a Specializáció ágazati laboratórium kötelezően a hallgató ágazata szerint teljesítendő. A Specializáció tantárgy 2 és 3 az adott specializáció bármelyik tantárgya közül választható (a Specializáció ágazati laboratórium tantárgyak kivételével). Egy adott félévben a tantárgyak tetszőleges kombinációban történő felvehetősége nem garantált.

I.2 A villamosmérnöki alapszak tantervi hálója

	Tárgykód	Tárgynév	Szemeszter						
			1	2	3	4	5	6	7
Természettudományos alapismeretek (51 kreditpont)									
1	TEMIBSV MAT1-00	Matematika A1 – Analízis villamosmérnököknek	6/2/0/v/8						
2	TE90AX59	Matematika A2 – villamosmérnököknek		4/2/0/v/6					
3	TE90AX09	Matematika A3 – villamosmérnököknek			2/1/0/v/4				
4	TE90AX58	Matematika A4 – Valószínűségszámítás			2/2/0/f/4				
5	TE11AX21	Fizika 1	3/1/0/v/4						
6	TE11AX22	Fizika 2		2/1/0/v/4					
7	VISZAA07	A számítástudomány alapjai	3/2/0/v/5						
8	VIIIAB09	Informatika 1				4/0/0/f/5			
9	VIAUAC10	Informatika 2					3/0/1/f/5		
10	VIETAB01	Elektronikai technológia			2/0/2/f/4				
11	VIETAA01	Elektronikai anyagtudomány		2/0/0/f/2					
Gazdasági és humán ismeretek (16 kreditpont)									
12	ld. honlap	Gazdhum 5 (GTK egyik csoport)						4/0/0/f/5	
13	ld. honlap	Gazdhum 5 (GTK másik csoport)							4/0/0/f/5
14	ld. honlap	Gazdhum 3 (GTK harmadik csoport)			2/0/0/f/3				
15	ld. honlap	Gazdhum 3 (GTK vagy VIK csoport)						2/0/0/f/3	
Szakmai törzsanyag (93 kreditpont)									
16	VIHIAA01	A programozás alapjai 1	2/2/2/f/7						
17	VIAUAA01	A programozás alapjai 2		2/0/2/f/6					
18	VIIIAA04	Digitális technika 1	3/1/1/v/6						
19	VIIIAA05	Digitális technika 2		2/1/1/v/6					
20	VIHVAA03	Jelek és rendszerek 1		3/3/0/v/6					
21	VIHVAB02	Jelek és rendszerek 2			3/3/0/v/6				
22	VIHVAC07	Elektromágneses terek alapjai						2/2/0/v/5	
23	VIEEAB01	Mikroelektronika			2/0/2/v/5				
24	VIHIAB03	Elektronika 1				2/2/0/v/5			
25	VIAUAC11	Elektronika 2					4/1/0/v/5		
26	VIMIAB02	Méréstechnika				3/2/1/v/6			
27	VIVEAB02	Elektrotechnika			3/0/1/v/5				
28	VIIIAB10	Szabályozástechnika				2/1/1/v/5			
29	VITMAB05	Infokommunikáció				3/2/0/v/6			
30	VIVEAB03	Villamos energetika				2/1/1/f/4			
31	VIMIAC14	Laboratórium 1					0/0/4/f/5		
32	VIMIAC15	Laboratórium 2						0/0/4/f/5	

	Tárgykód	Tárgynév	Szemeszter						
			1	2	3	4	5	6	7
Differenciált szakmai ismeretek (40 kreditpont)									
33	↓	Specializáció ágazati főtantárgy[1]					2/2/0/v/5		
34	↓	Specializáció ágazati laboratórium[1]						0/0/3/f/5	
35	↓	Specializáció tantárgy 2[2]					2/2/0/v/5		
36	↓	Specializáció-tantárgy 3[2]					2/2/0/v/5		
37	generikus	Önálló laboratórium						0/0/3/f/5	
38	generikus	Szakdolgozat-készítés							0/8/0/f/15
Szabadon választható tantárgyak (10 kreditpont)[3]									
39	ld. honlap	Szabadon választható tantárgy 1						2/0/0/f/2	
40	ld. honlap	Szabadon választható tantárgy 2							2/0/0/f/2
41	ld. honlap	Szabadon választható tantárgy 3							2/0/0/f/2
42	ld. honlap	Szabadon választható tantárgy 4							2/0/0/f/2
43	ld. honlap	Szabadon választható tantárgy 5							2/0/0/f/2
Kritériumtárgyak									
44	ld. honlap	Testnevelés 1	0/2/0/a/0						
45	ld. honlap	Testnevelés 2		0/2/0/a/0					
46	generikus	Szakmai gyakorlat[4]							6 hét/a/0
Ajánlott tantárgyak									
47	generikus	Tanköri foglalkozás 1	0/2/0/a/0						
48	generikus	Tanköri foglalkozás 2		0/2/0/a/0					
	Összes heti óra bontva (krit. tantárgyak nélkül)		17/8/3	15/7/3	16/6/5	16/8/3	13/7/5	10/2/10	12/8/0
	Összes heti óra (krit. tantárgyak nélkül)		28	25	27	27	25	22	20
	Összes óra a képzésben		174	99/46/29	Elm/gyak: 56,9/43,1%				
	Összes kredit pontszám		30	30	31	31	30	30	28
	Vizsgaszám[5]		4	4	4	4	4	1	0

x/y/z/v vagy f/kredit: x: előadás órák, y: gyakorlati órák, z: laboratórium órák száma, v: vizsga, f: félévközi jegy, kredit: a tantárgyhoz rendelt kreditpontok száma. 1 kredit: 30 (átlagos) hallgatói munkaóra

[1] A Specializáció ágazati főtantárgy és a Specializáció ágazati laboratórium kötelezően a hallgató ágazata szerint teljesítendő

[2] A Specializáció tantárgy 2 és 3 az adott specializáció bármelyik tantárgya közül választható (a Specializáció ágazati laboratórium tantárgyak kivételével). Egy adott félévben a tantárgyak tetszőleges kombinációban történő felvehetősége nem garantált.

[3] A Szabadon választható tantárgyak tetszőleges darabszámban és kreditkombinációban vehetők fel, minimum 10 kredit teljesítése kötelező a végbizonyítvány megszerzéséhez.

[4] Az intézményen kívül teljesítendő szakmai gyakorlat a végbizonyítvány megszerzésének kritérium-feltétele (ld. kari szabályzat)

[5] A 7. félévben felvett, vizsgakövetelménnyel záruló tantárgyak vizsgáinak teljesítésére csak erősen korlátozott idő áll rendelkezésre az MSc képzésre jelentkező hallgatók számára

Specializációk[1]

	Tárgykód	Tárgynév	Szemeszter		típus	tanszék
			5 v 7	6		
Beágyazott és irányító rendszerek specializáció (AUT, IIT, MIT)						
Számítógép-alapú rendszerek ágazat (AUT)						
33	VIAUAC12	Mikrokontroller alapú rendszerek	2/2/0/v/5		Ágazati főtantárgy	AUT
34	VIAUAC13	Mikrokontroller laboratórium		0/0/3/f/5	Ágazati laboratórium	AUT
Irányító rendszerek ágazat (IIT)						
33	VIIIAC06	Robotizált gyártórendszerek	2/2/0/v/5		Ágazati főtantárgy	IIT
34	VIIIAC07	Robotizált gyártórendszerek laboratórium		0/0/3/f/5	Ágazati laboratórium	IIT
Beágyazott szoftverfejlesztés ágazat (MIT)						
33	VIMIAC17	Beágyazottszoftver-fejlesztés	2/2/0/v/5		Ágazati főtantárgy	MIT
34	VIMIAC18	Beágyazottszoftver-fejlesztés laboratórium		0/0/3/f/5	Ágazati laboratórium	MIT
Beágyazott és irányító rendszerek specializáción felvehető további tantárgyak						
35-36	VIAUAC14	Beágyazott operációs rendszerek és kliens alkalmazások	2/2/0/v/5		Specializáció tantárgy	AUT
35-36	VIIIAC08	Folyamatszabályozás	2/2/0/v/5		Specializáció tantárgy	IIT
35-36	VIMIAC19	Beágyazott Linux és platformjai	2/2/0/v/5		Specializáció tantárgy	MIT
Intelligens kommunikáció specializáció (HIT, HVT, TMIT)						
Multimédia- és mobil hálózati megoldások ágazat (HIT)						
33	VIHIAC08	Internetes multimédia rendszerek	2/2/0/v/5		Ágazati főtantárgy	HIT
34	VIHIAC09	Hálózati multimédia megoldások a gyakorlatban laboratórium		0/0/3/f/5	Ágazati laboratórium	HIT
Nagyfrekvenciás rendszerek és alkalmazások ágazat (HVT)						
33	VIHVAC08	Nagyfrekvenciás rendszerek	2/2/0/v/5		Ágazati főtantárgy	HVT
34	VIHVAC09	Nagyfrekvenciás rendszerek és alkalmazások laboratórium		0/0/3/f/5	Ágazati laboratórium	HVT
Infokommunikációs rendszerek és hálózatok ágazat (TMIT)						
33	VITMAC09	Hálózati technológiák és alkalmazások	2/2/0/v/5		Ágazati főtantárgy	TMIT
34	VITMAC10	Infokommunikációs technológiák és alkalmazások laboratórium		0/0/3/f/5	Ágazati laboratórium	TMIT
Intelligens kommunikáció specializáción felvehető további tantárgyak						
35-36	VIHIAC10	Mobil kommunikációs hálózatok és alkalmazásaik	2/2/0/v/5		Specializáció tantárgy	HIT
35-36	VIHVAC10	Űrtechnológia	2/2/0/v/5		Specializáció tantárgy	HVT
35-36	VITMAC11	IoT kommunikáció	2/2/0/v/5		Specializáció tantárgy	TMIT

	Tárgykód	Tárgynév	Szemeszter		típus	tanszék
			5 v 7	6		
Mikroelektronikai hardvertervezés és integráció specializáció (ETT, ETT)						
Mikroelektronikai tervezés és integráció ágazat (EET)						
33	VIEEAC04	Alkalmazott félvezetőtechnológia	2/2/0/v/5		Ágazati főtantárgy	EET
34	VIEEAC05	Mikroelektronikai hardvertervezés laboratórium		0/0/3/f/5	Ágazati laboratórium	EET
Elektronikai hardvertervezés és integráció ágazat (ETT)						
33	VIETAC10	Áramkör- és készüléktervezés	2/2/0/v/5		Ágazati főtantárgy	ETT
34	VIETAC11	Elektronikai termékek prototipizálása laboratórium		0/0/3/f/5	Ágazati laboratórium	ETT
Mikroelektronikai hardvertervezés és integráció specializáción felvehető további tantárgyak						
35-36	VIEEAC06	Mikroelektronikai áramkörtervezés	2/2/0/v/5		Specializáció tantárgy	EET
35-36	VIETAC12	Elektronikai gyártás és minőségbiztosítás	2/2/0/v/5		Specializáció tantárgy	ETT
Fenntartható villamos energetika specializáció (VET)						
Innovatív technológiák és berendezések ágazat (VET-NF)						
33	VIVEAC11	Villamos berendezések és szigetelések	2/2/0/v/5		Ágazati főtantárgy	VET-NF
34	VIVEAC14	Innovatív elektrotechnika laboratórium		0/0/3/f/5	Ágazati laboratórium	VET-NF
Villamos gépek és hajtások ágazat (VET-VG)						
33	VIVEAC10	Villamos gépek és hajtások	2/2/0/v/5		Ágazati főtantárgy	VET-VG
34	VIVEAC13	Villamos gépek és hajtások laboratórium		0/0/3/f/5	Ágazati laboratórium	VET-VG
Smart grid ágazat (VET-VM)						
33	VIVEAC09	Intelligens hálózatüzemeltetés eszközei és módszerei	2/2/0/v/5		Ágazati főtantárgy	VET-VM
34	VIVEAC12	Smart grid laboratórium		0/0/3/f/5	Ágazati laboratórium	VET-VM
Fenntartható villamos energetika specializáción felvehető további tantárgyak						
35-36	VIVEAC17	Innovatív technológiák az elektrotechnikában	2/2/0/v/5		Specializáció tantárgy	VET-NF
35-36	VIVEAC16	Villamos hajtások szabályozása	2/2/0/v/5		Specializáció tantárgy	VET-VG
35-36	VIVEAC15	Smart villamos hálózatok felépítése	2/2/0/v/5		Specializáció tantárgy	VET-VM

[1] A Specializáció ágazati főtantárgy és a Specializáció ágazati laboratórium kötelezően a hallgató ágazata szerint teljesítendő. A Specializáció tantárgy 2 és 3 az adott specializáció bármelyik tantárgya közül választható (a Specializáció ágazati laboratórium tantárgyak kivételével). Egy adott félévben a tantárgyak tetszőleges kombinációban történő felvehetősége nem garantált.

I.3 A kar tanszékeinek teljes és rövidített nevei

Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszék (AUT)
Elektronikus Eszközök Tanszéke (EET)
Elektronikai Technológia Tanszék (ETT)
Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék (HIT)
Irányítástechnika és Informatika Tanszék (IIT)
Mesterséges Intelligencia és Rendszertervezés Tanszék (MIT)
Számítástudományi és Információelméleti Tanszék (SzIT)
Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszék (HVT)
Távközlési és Mesterséges Intelligencia Tanszék (TMIT)
Villamos Energetika Tanszék (VET)

II. MÉRNÖKINFORMATIKUS ALAPSZAK

Az informatikai képzési területhez tartozó, mérnökinformatikus alapszak a hagyományos képzési rendszer műszaki informatika szakjának felel meg. A képzés célja mérnökinformatikusok képzése, akik egyrészt szilárd elméleti alapismeretek birtokában felkészültek tanulmányaik mesterképzésben történő folytatására, másrészt munkába állva képesek műszaki informatikai és információs infrastrukturális rendszerek és szolgáltatások adat- és programrendszereinek tervezési, fejlesztési feladatainak ellátására, valamint azok telepítési és üzemeltetési feladatainak megoldására.

Az első négy félév közös elméleti és szakmai alapozását követően három specializáción - Intelligens hálózatok, Szoftverfejlesztés, Információs rendszerek - szerezhetők mélyebb, konkrétabb, gyakorlatiasabb ismeretek és készségek.

Lehetőség van az első négy szemeszter német nyelven, majd az ötödik szemeszter német nyelvterületen (Karlsruhe) való elvégzésére legalább középfokú német nyelvvizsga birtokában, sőt a mesterképzést is végzők diplomatervüket Németországban készíthetik el.

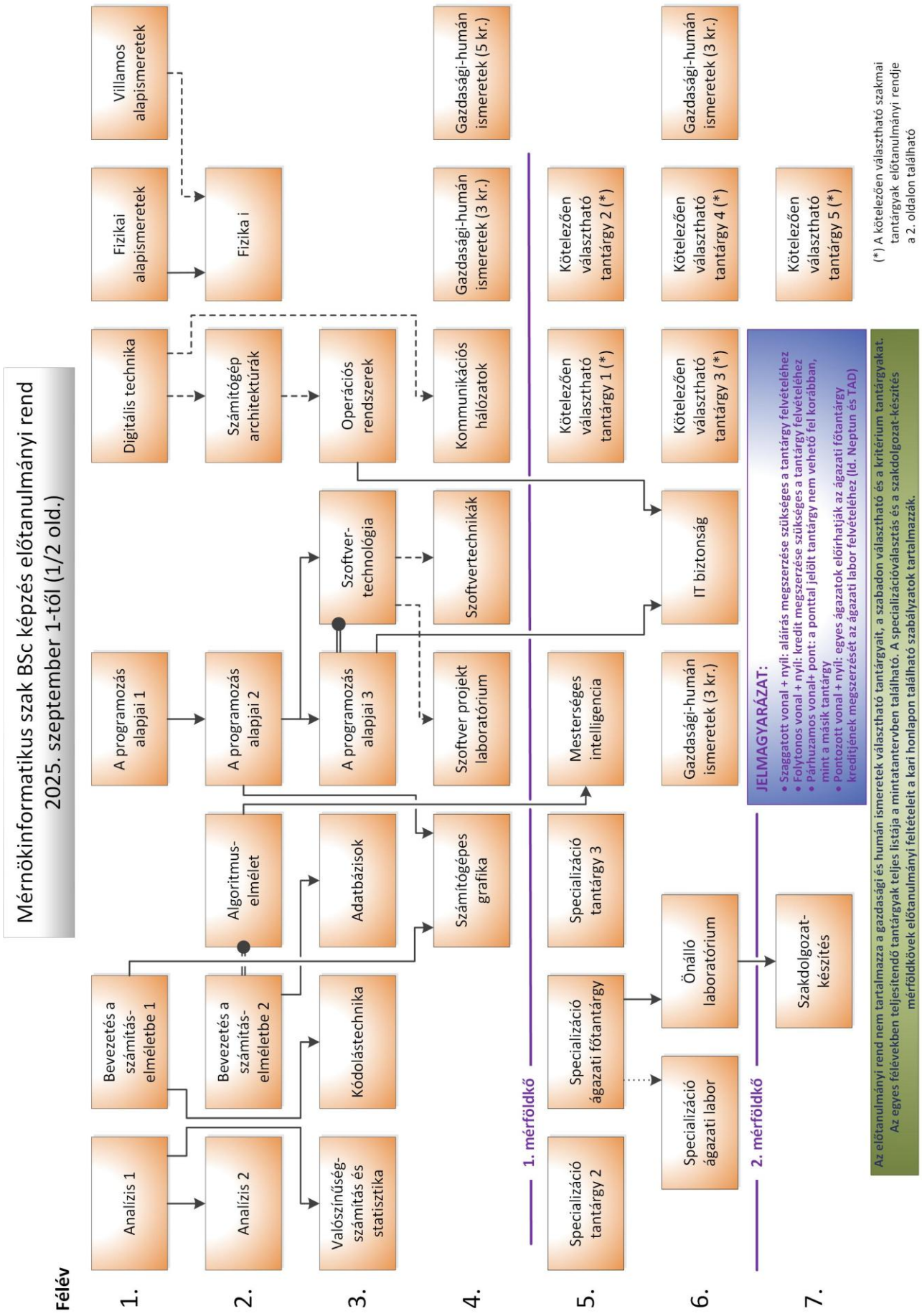
Az alapképzés során megszerzendő ismeretek (210 kredit):

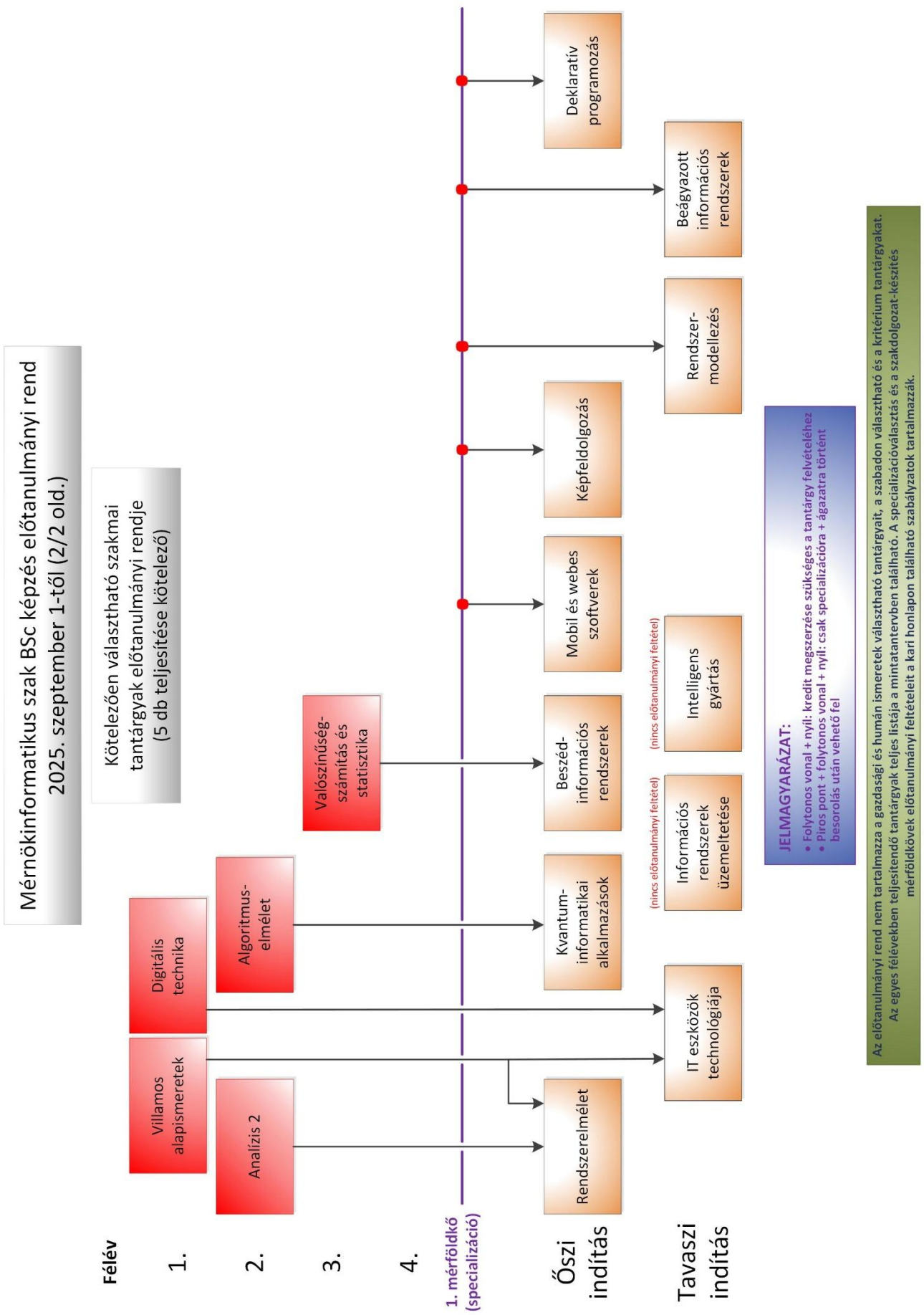
Természettudományos alapismeretek	*40-45 kredit*
Gazdasági és humán ismeretek	*15-25 kredit*
Szakmai törzsanyag és differenciált ismeretek	*100-150 kredit*
Szabadon választható tantárgyak ismeretkörei	*min. 10 kredit*
Kritériumtárgyak	*0 kredit*

Előtanulmányi rend:

A következő két oldalon látható diagramok a képzés kötelező tantárgyainak egymásra épülését mutatják. Nem szerepelnek rajtuk a mintatanterv gazdasági-humán választható tantárgyai, a szabadon választható és a kritériumtantárgyak. Az első diagram az előtanulmányi rend főoldala, a második a kötelezően választható szakmai tantárgyak felvételének előfeltételeit mutatja. A specializációk tantárgyai egymásra épülésük miatt további előtanulmányi feltételeket is előírhatnak a Neptun Egységes Tanulmányi Rendszerben.

Előtanulmányi feltételeket tartalmaz még tanulmányi mérföldkövek formájában a BSc specializációválasztási szabályzata, valamint a BSc szakdolgozat, záróvizsga és oklevél szabályzat.


Mérnökinformatikus szak BSc képzés előtanulmányi rend
2025. szeptember 1-től (1/2 old.)
Félév
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
Analízis 1
Analízis 2
Valószínűség-számítás és statisztika
Bevezetés a számítás-elméletbe 1
Bevezetés a számítás-elméletbe 2
Kódolástechnika
Algoritmus-elmélet
Adatbázisok
Számítógépes grafika
A programozás alapjai 1
A programozás alapjai 2
A programozás alapjai 3
Szoftver-technológia
Szoftver projekt laboratórium
Szoftvertechnikák
Digitális technika
Fizikai alapismeretek
Villamos alapismeretek
Fizika i
Számítógép architektúrák
Operációs rendszerek
Kommunikációs hálózatok
Gazdasági-humán ismeretek (5 kr.)
Gazdasági-humán ismeretek (3 kr.)
1. mérföldkő
Specializáció tantárgy 2
Specializáció ágazati főtantárgy
Specializáció tantárgy 3
Mesterséges intelligencia
Kötelezően választható tantárgy 1 (*)
Kötelezően választható tantárgy 2 (*)
Specializáció ágazati labor
Önálló laboratórium
Gazdasági-humán ismeretek (3 kr.)
IT biztonság
Kötelezően választható tantárgy 3 (*)
Kötelezően választható tantárgy 4 (*)
Gazdasági-humán ismeretek (3 kr.)
2. mérföldkő
Szakdolgozat-készítés
Kötelezően választható tantárgy 5 (*)
(*) A kötelezően választható szakmai tantárgyak előtanulmányi rendje a 2. oldalon található
JELMAGYARÁZAT:
• Szaggatott vonal + nyíl: aláírás megszerzése szükséges a tantárgy felvételéhez
• Folytonos vonal + nyíl: kredit megszerzése szükséges a tantárgy felvételéhez
• Párhuzamos vonal+ pont: a ponttal jelölt tantárgy nem vehető fel korábban, mint a másik tantárgy
• Pontozott vonal + nyíl: egyes ágazatok előírhatják az ágazati főtantárgy kreditjének megszerzését az ágazati labor felvételéhez (Id. Neptun és TAD)
Az előtanulmányi rend nem tartalmazza a gazdasági és humán ismeretek választható tantárgyait, a szabadon választható és a kritérium tantárgyakat.
Az egyes félévekben teljesítendő tantárgyak teljes listája a mintatanterv ben található. A specializációválasztás és a szakdolgozat-készítés mérföldkövek előtanulmányi feltételeit a kari honlapon található szabályzatok tartalmazzák.


Mérnökinformatikus szak BSc képzés előtanulmányi rend
2025. szeptember 1-től (2/2 old.)
Kötelezően választható szakmai tantárgyak előtanulmányi rendje
(5 db teljesítése kötelező)
Félév
1.
2.
3.
4.
1. mérföldkő
(specializáció)
Őszi indítás
Tavaszi indítás
Villamos alapismeretek
Digitális technika
Analízis 2
Algoritmus-elmélet
Valószínűség-számítás és statisztika
Rendszerelmélet
Kvantum-informatikai alkalmazások
Beszéd-információs rendszerek
Mobil és webes szoftverek
Képfeldolgozás
Deklaratív programozás
IT eszközök technológiája
(nincs előtanulmányi feltétel)
Információs rendszerek üzemeltetése
(nincs előtanulmányi feltétel)
Intelligens gyártás
Rendszer-modellezés
Beágyazott információs rendszerek
JELMAGYARÁZAT:
• Folytonos vonal + nyíl: kredit megszerzése szükséges a tantárgy felvételéhez
• Piros pont + folytonos vonal + nyíl: csak specializációra + ágazatra történt besorolás után vehető fel
Az előtanulmányi rend nem tartalmazza a gazdasági és humán ismeretek választható tantárgyait, a szabadon választható és a kritérium tantárgyakat.
Az egyes félévekben teljesítendő tantárgyak teljes listája a mintatantervben található. A specializációválasztás és a szakdolgozat-készítés mérföldkövek előtanulmányi feltételeit a kari honlapon található szabályzatok tartalmazzák.

Mobilitási ablak:

A mintatanterv részét képezi az ún. mobilitási ablak (a nemzetközi hallgatói mobilitásra felhasználható időszak). A mobilitási ablak biztosításának célja (BME TVSz 75/A §), hogy a hallgató tanulmányi idejének meghosszabbodása nélkül vehessen részt nemzetközi mobilitásban. Ezen célok biztosítása érdekében olyan félévet vagy féléveket kell a szak mintatantervében meghatározni, amely vagy amelyek keretében jelentős részben kötelezően választható vagy szabadon választható tárgyak kerülnek meghirdetésre, és ily módon a tantárgyak kiváltása vagy távolról történő teljesítése megoldható.

Fentieket figyelembe véve a mobilitási ablakok kialakítása az alapszakokon az alábbi alapelvek szerint történt:

1. A mobilitás féléve az alapképzésben a Szakdolgozat-készítés teljesítésére kijelölt 7. félév.
2. A megjelölt félévben a mintatantervben csak olyan tantárgyak szerepelnek a Szakdolgozat-készítés mellett, amelyek vagy:
   a. szabadon választható tantárgyak vagy
   b. olyan kötelező vagy kötelezően választható tantárgyak, amelyek minden tanulmányi cselekménye zárt rendszerű távoktatási képzésmenedzsment rendszerben megvalósuló távolléti oktatási formában (online) teljesíthető.

A Szakdolgozat-készítés tantárgy teljesíthető külföldön is.

A hallgató a 7. félévben a Szakdolgozat-készítés mellett kötelezően vagy szabadon választható tantárgyakat kell teljesítsen. Ezeknek a tantárgyaknak a befogadhatósága az európai kreditátviteli és – gyűjtési rendszer alapján könnyen teljesíthető, bizonyos tantárgyak online is elvégezhetők. A Szakdolgozat-készítés nagyobb kreditértékű tantárgy, készítésének félévében a tanterv kevesebb tantárgyhoz kapcsolódó kreditszerzési kötelezettséget tartalmaz, így a hallgatónak elsősorban nem a hagyományos kurzuslátogatás a feladata. A szakdolgozatát külföldön teljesítő hallgató esetében a témavezetés történhet közösen a küldő intézménnyel közösen (co-tutelle képzés), vagy online módon a hallgató anyaintézményében. A dolgozat elkészítésében, a kutatásban szerepet játszanak az ipari partnercégek (a legtöbb informatikai vállalat multinacionális, külföldi anyavállalattal és több országban található leányvállalatokkal, fiókcégekkel). A külföldi tanulási környezet, illetve a cégek, ipari vagy egyéb partnerek külföldi telephelyei vagy anyacégei, mind szakmai gyakorlati helyszínek is, és mindezeknek a képzés minőségére gyakorolt pozitív hatása a képzéseket még vonzóbbá teszi.

II.1 Természettudományos alapismeretek

Analízis 1 informatikusoknak
(TEMIBsVANL1-00, 1. szemeszter, 6/2/0/v/8 kredit, Analízis és Operációkutatás Tanszék)

A tantárgy 2024 szeptemberétől a Nemzeti Alaptanterv változásai miatt – kísérleti jelleggel – 2+2 óra előadással, 2 óra nagy tantermi gyakorlattal és 2 óra normál tantermi gyakorlattal kerül lebonyolításra.

1. A tantárgy célkitűzése
A matematikai analízis alapfogalmainak ismertetése. Alapfokú készség kialakítása feladatok megoldásában.
2. A tantárgy tematikája
Komplex számok:
Komplex számok aritmetikája. (Alapműveletek, algebrai, trigonometrikus, exponenciális alak, Euler formula, gyökvonás.)
Valós számsorozatok:
Határérték fogalma. Műveletek konvergens sorozatokkal. Rendőr elv. Nevezetes határértékek. Monoton és korlátos sorozat konvergens. Rekurzív sorozatok. Bolzano–Weierstrass kiválasztási tétel, torlódási pont, limesz szuperior, limesz inferior. Cauchy konvergencia kritérium.
Egyváltozós függvények folytonossága, határértéke:
Függvény határértéke. Átviteli elv. Számolási szabályok. (sinx)/x határértéke. Szakadási helyek osztályozása. Bolzano-tétel. Weierstrass I., II. tétel. Egyenletes folytonosság, Heine-tétel.
Egyváltozós függvények differenciálhatósága:
A derivált fogalma, szemléltetése. Deriválási szabályok. Összetett függvény, inverz függvény deriváltja. Elemi függvények. Rolle-tétel, Lagrange-tétel, L'Hospital szabály. Függvényvizsgálat.
Egyváltozós függvények integrálása:
Primitív függvény, határozatlan integrál, integrálási szabályok. Határozott integrál. Newton–Leibniz-tétel. Parciális integrálás, helyettesítéses integrálás. Racionális törtek integrálása. Improprius integrálok. Alkalmazás: terület, felszín, térfogat számolások.

Analízis 2 informatikusoknak
(TE90AX57, 2. szemeszter, 4/2/0/v/6 kredit, Analízis és Operációkutatás Tanszék)

1. A tantárgy célkitűzése
A matematikai analízis alapfogalmainak ismertetése. Alapfokú készség kialakítása feladatok megoldásában.
2. A tantárgy tematikája
Közönséges differenciálegyenletek
Általános fogalmak. Szeparábilis differenciálegyenletek. Elsőrendű, lineáris differenciálegyenletek. Új változó bevezetése. Iránymező, izoklina. Magasabb rendű lineáris differenciálegyenletek. Külső és belső rezonancia.
Lineáris rekurzió
Fibonacci-sorozat, Fibonacci-típusú sorozat.
Numerikus- és függvénysorok
Sor összege. Példák: geometriai sor, teleszkopikus összegek, harmonikus sor. Számolási szabályok. Leibniz-típusú sorok. Egyenletes és abszolút konvergencia. Weierstrass-kritérium. Elégséges feltétel az összegfüggvény folytonosságára, tagonkénti deriválhatóságra, integrálhatóságra. Konvergenciasugár. Hányados- és gyökkritérium. Taylor-polinom. Taylor-sor. Fontosabb Taylor-sorok. Binomiális sorfejtés.
Többváltozós függvények
Többváltozós függvények szemléltetése, határértéke, folytonossága. Parciális derivált, totális derivált (gradiens), érintő sík, iránymenti derivált. Young-tétel. Lokális szélsőérték és derivált kapcsolata. Kettős

és kétszeres integrál, integrálás téglalapon, normál tartományon. Az integrál transzformációja. Síkbeli polár, henger- és gömbi polár-koordinátarendszer.
Fourier-analízis
A trigonometrikus rendszer. Fourier-sor. Fourier-transzformáció. (Definíció, tulajdonságok, példák.)

Valószínűségszámítás és statisztika
(VISZAB04, 3. szemeszter, 4/2/0/v/6 kredit, SZIT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célkitűzése a műszaki informatika tanulmányokhoz szükséges és a mérnöki alapműveltséghez tartozó egyes alapvető matematikai ismeretek elsajátítása, azok szemléletmódjának kialakítása. Ezen belül a tantárgy a valószínűségszámítás és a statisztika egyes területeire nyújt bevezetést.
2. A tantárgy tematikája
Történeti bevezető. Kombinatorikai alapismeretek: permutációk, variációk, kombinációk. Véletlen kísérlet, eseménytér, esemény, elemi esemény, műveletek eseményekkel, halmazelméleti alapismeretek felelevenítése.
A valószínűség tulajdonságai, Poincare-formula. Klasszikus és geometriai valószínűségi mező.
Feltételes valószínűség, események függetlensége, teljes valószínűség tétele, Bayes-tétel, szorzási szabály.
Diszkrét valószínűségi változó, eloszlás, várható érték, nevezetes diszkrét eloszlások: binomiális, Poisson, geometriai. A binomiális eloszlás közelítése a Poisson-eloszlással.
Folytonos valószínűségi változó, eloszlásfüggvény, sűrűségfüggvény, várható érték, valószínűségi változó transzformáltja.
Nevezetes folytonos eloszlások: egyenletes, exponenciális. Szimuláció egyenletes eloszlással. Örökifjú eloszlások. Szórás, momentumok.
Diszkrét valószínűségi változók függetlensége, kovariancia, korreláció. Együttes sűrűségfüggvény, peremeloszlás, függetlenség, kovariancia folytonos esetben
Valószínűségi változók lineáris regressziója, regresszió hibája. Feltételes várható érték, tulajdonságai, teljes várható érték tétele
A matematikai statisztika alapfogalmai: statisztikai mező, minta, paraméter, statisztika. A becslés tulajdonságai: torzítatlanság, konzisztencia, hatásosság
Átlag, szórás becslései, maximum likelihood becslés, momentumok módszere, nemparaméteres módszerek, empirikus eloszlásfüggvény, regresszióbecslés
A nagy számok törvényei. Markov- és Csebisev-egyenlőtlenség
Normális eloszlás, standardizálás, centrális határeloszlás-tétel, Moivre-Laplace-tétel
Kétdimenziós normális eloszlás, függetlenség és korrelálatlanság normális eloszlás esetén. Regresszió normális esetben.
Student-eloszlás, konfidencia-intervallum, paraméteres próbák, hipotézisvizsgálat

Bevezetés a számításelméletbe 1
(VISZAA06, 1. szemeszter, 4/2/0/v/6 kredit, SZIT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célkitűzése az informatikai tanulmányokhoz szükséges és a mérnöki alapműveltséghez tartozó egyes alapvető matematikai ismeretek elsajátítása, azok szemléletmódjának kialakítása. Ezen belül a tantárgy a lineáris algebra és az elemi számelmélet egyes területeire nyújt bevezetést.
2. A tantárgy tematikája
A számelmélet alapjai: oszthatóság, prímszám, a számelmélet alaptétele, a prímek számossága, a nagy prímszámtétel. Kongruencia fogalma, alapműveletek kongruenciákkal.
Lineáris kongruenciák, szimultán kongruenciarendszerek megoldása. Euler-Fermat tétel, kis Fermat-tétel.
Polinomiális algoritmus vázlatos fogalma, számelméleti algoritmusok hatékonysága.

Számelméleti algoritmusok: alapműveletek, hatványozás modulo m, Euklideszi algoritmus a legnagyobb közös osztó kiszámítására és lineáris kongruenciák megoldására, prímtesztelés. Nyilvános kulcsú titkosítás, RSA algoritmus.
Térbeli koordinátageometria: vektorok a térben, koordinátarendszer, skaláris szorzat. A sík egyenlete. Az egyenes (paraméteres és kanonikus) egyenletrendszere. Rn fogalma, műveletek oszlopvektorokkal.
R^n alterének fogalma, műveleti zártság. Lineáris kombináció, generátorrendszer és generált altér fogalma, az utóbbi altér volta. Lineáris függetlenség fogalma, a kétféle definíció ekvivalenciája.
Reláció az alterek lineárisan független rendszereinek, illetve generátorrendszereinek elemszáma között. Bázis és dimenzió fogalma, a dimenzió egyértelműsége, bázis létezése. Bázisban való felírás egyértelműsége, koordinátavektor fogalma.
Lineáris egyenletrendszerek megoldása Gauss-eliminációval. Elemi sorekvivalens lépés, lépcsős alak és redukált lépcsős alak fogalma. Reláció az egyenletek és az ismeretlenek száma között egyértelmű megoldhatóság esetén.
Determináns definíciója, permutációk inverziószáma. A determináns alaptulajdonságai. Determináns kiszámítása Gauss-eliminációval. (n x n)-es lineáris egyenletrendszer egyértelmű megoldhatóságának jellemzése a determinánssal.
A kifejtési tétel. Térvektorok vektoriális szorzatának fogalma, annak kapcsolata a determinánssal. Műveletek mátrixok között, egységmátrix, transzponált mátrix. A determinánsok szorzástétele.
Lineáris egyenletrendszerek Ax=b alakban. Kapcsolat a négyzetes mátrix oszlopainak/sorainak lineáris függetlensége, illetve a determináns között. Az inverz mátrix fogalma, az inverz létezésének szükséges és elégséges feltétele. Az inverz kiszámítása. Mátrix rangjának fogalma, a rang kiszámítása.
A háromféle rangfogalom egyenlősége. Lineáris leképezés fogalma, leképezés linearitásának szükséges és elégséges feltétele. Lineáris leképezések kompozíciója, addíciós tételek a szinusz és koszinusz függvényekre.
Lineáris leképezés magtere, képtere, dimenziótétel. Bázistranszformáció, lineáris transzformáció mátrixa adott B bázis szerint, annak kiszámítása.
Sajátérték és sajátvektor fogalma, a sajátértékek kiszámítása, a karakterisztikus polinom fogalma.
Ismétlés, összefoglalás, a tanult anyagrészek rendszerezett áttekintése. A szóbeli vizsgára vonatkozó aktuális vizsgatételsor és az egyes vizsgatételekkel kapcsolatos részletes elvárások ismertetése.

Bevezetés a számításelméletbe 2
(VISZAA04, 2. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, SZIT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célkitűzése az informatikai tanulmányokhoz szükséges és a mérnöki alapműveltséghez tartozó egyes alapvető matematikai ismeretek elsajátítása, azok szemléletmódjának kialakítása. Ezen belül a tantárgy a gráfelmélet egyes területeire nyújt bevezetést és alapvető gráfelméleti algoritmusokat ismertet.
2. A tantárgy tematikája
Gráfelméleti alapfogalmak: gráf, egyszerű gráf, fokszám, részgráf, feszített részgráf, komplementer, élsorozat, séta, körséta, út, kör, izomorfia.
Összefüggő gráf, összefüggő komponens. Fa és feszítőfa fogalma, feszítőfa létezése.
Gráfok tárolása: szomszédsági mátrix és szomszédsági lista. Irányított gráfok. Gráfelméleti algoritmusok hatékonysága. Az összefüggőség eldöntése, legrövidebb út keresése élsúlyozatlan gráfban: a szélességi bejárás (BFS).
Minimális összsúlyú feszítőfa keresése: a Kruskal algoritmus.
Euler-séta és -körséta fogalma, ezek létezésének szükséges és elégséges feltétele. Hamilton-út és Hamilton-kör fogalma. Szükséges feltételek ezek létezésére: a k pont törlése után keletkező komponensek maximális száma. Elégséges feltételek: Dirac és Ore tételei.
Páros gráfok, karakterizációjuk páratlan körökkel. A kromatikus szám fogalma. Mohó színezés, felső becslés a kromatikus számra a maximális fokszám függvényében. Maximális klikkméret, kapcsolata a kromatikus számmal, Zykov konstrukciója.

Intervallumgráfok optimális színezése. Párosítás, lefogó ponthalmaz, független ponthalmaz, lefogó élhalmaz fogalmai. Reláció a maximális párosítás és a minimális lefogó ponthalmaz mérete között. Gallai tételei.
Maximális párosítás keresése páros gráfokban, a javító utas algoritmus, annak optimalitása. Kőnig tétele a maximális párosítás és a minimális lefogó ponthalmaz méretének egyenlőségéről.
Élkromatikus szám fogalma, reláció a maximális fokszámmal, Vizing tétele, Kőnig tétele páros gráfok optimális élszínezéséről.
A maximális folyam feladata: hálózat, folyam és folyam értékének fogalma, a javító utas algoritmus maximális folyam keresésére. Hálózat st-vágásának fogalma, annak kapacitása.
Ford-Fulkerson tétel, Edmonds-Karp tétel. Egészértékűségi lemma. Az éldiszjunkt, irányított s-t utak problémája, Menger vonatkozó tétele.
Az éldiszjunkt, irányítatlan s-t utak problémája, a pontdiszjunkt s-t utak problémája irányított és irányítatlan esetben is, Menger vonatkozó tételei. Többszörös pont- és élösszefüggőség fogalma, Menger vonatkozó tételei.
A legrövidebb utak keresésének problémája valós élsúlyokkal irányított gráfban, a Bellman-Ford algoritmus.
Ismétlés, összefoglalás, a tanult anyagrészek rendszerezett áttekintése. A szóbeli vizsgára vonatkozó aktuális vizsgatételsor és az egyes vizsgatételekkel kapcsolatos részletes elvárások ismertetése.

Kódolástechnika

(VIHIAB04, 3. szemeszter, 3/1/0/v/4 kredit, HIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja az információk tárolása, illetve továbbítása során felmerülő három alapvető kódolási feladat fontosabb algoritmusainak ismertetése. Ezen területek az információ megbízhatatlan kommunikációs csatornán történő továbbításához, illetve megbízhatatlan tárakon történő tárolásához (hibajavító kódolás), az információ kisebb méretben történő ábrázolásához (adattömörítés, forráskódolás), valamint érzékeny információk publikus csatornán való átvitele során az intelligens támadók elleni védelméhez (adatbiztonság, kriptográfia) kapcsolódnak.

2. A tantárgy tematikája

Hibajavító kódolás: Bináris csatornamodell, hibavalószínűség, kódolási alapfogalmak (geometriai interpretáció, kódtávolság, optimális kódok, kódtávolság), általános kódolási séma és a komplexitása. Singleton és Hamming korlátok. Bináris lineáris kód, generátor mátrix, paritásellenőrző mátrix, szisztematikus kód. Hamming kód, Standard Array. Hibajavítóképesség és a paritásellenőrző mátrix oszlopvektorainak kapcsolata. Prím és prímhatvány méretű Galois testek, műveletek prímhatvány méretű Galois testekben shift regiszterekkel. Nembináris kódok, Hamming kódok, Reed-Solomon kódok. Ciklikus lineáris kódok, generátor és paritásellenőrző polinomok. Hibacsapda algoritmus. Minimálpolinomok a prímhatványméretű Galois testek felett, BCH kódok.
Adattömörítés-forráskódolás: Prefix kód, az átlagos kódszóhossz és az entrópia. Shannon-Fano kód. Bináris Huffmann kód. Eloszlás független kódolás: Adaptív Huffman kód, Lempel-Ziv kódok. Prediktív kódolás. Beszéd- és hangtömörítés algoritmusok. Kép- és videotömörítés algoritmusok.
Biztonsági kódolás: Alapfogalmak: érzékeny információ és támadása, rejtjelezés (szimmetrikus, aszimmetrikus). Rejtjelezési technikák, kulcsfolyam és blokk rejtjelezők. Shift rejtjelzés, polialafabetikus rejtjelzés, affin rejtjelzés, LFSR alapú kulcsfolyam rejtjelezés, DES blokkrejtjelezés, 3DES és AES rejtjelzők, SSL protokoll. OTP algoritmus. Számelméleti alapok. Nyilvános kulcsú titkosítás. Az RSA algoritmus és alkalmazása.

Algoritmuselmélet

(VISZAA08 2. szemeszter, 2/2/0/f/5 kredit, SZIT)

1. A tantárgy célkitűzése

Alapvető keresési, rendezési, bejárási algoritmusok, alapvető adatstruktúrák, valamint az algoritmusok bonyolultsági osztályainak bemutatása, alkalmazási, feladatmegoldási készség kialakítása.

2. A tantárgy tematikája

Minimum, maximum keresés n-1 lépésben, kiválasztásos rendezés, függvények nagyságrendje, Ordo jelölés, egyszerű rekurziós egyenletek megoldása, összefésüléses rendezés.
Összehasonlítás alapú rendezések és elemzésük (buborék, beszúrásos, összefésüléses, gyorsrendezés). Alsó becslés a szükséges összehasonlítások számára.
Nem összehasonlítás alapú rendezések és elemzésük: ládarendezés, radix rendezés.
Gráfok megadása mátrixszal, illetve éllistával, alapműveletek lépésszáma gráfokban, mélységi keresés, irányított-körmentes gráfok (DAG), ezek felismerése,
Topologikus sorrend meghatározása, legrövidebb és leghosszabb út DAGban
Dinamikus programozás, hátizsák feladat, maximális összegű intervallum
A Dijkstra-algoritmus és helyességének bizonyítása
Adatszerkezetek: bináris fa és bejárásai, kupac, Dijsktra algoritmus kupaccal
Bináris keresőfa, piros-fekete fa, 2-3-fa, B-fa
Vödrös hashelés, hashelés nyitott címzéssel
Kruskal implementációs részletei, lépésszáma, Prim-algoritmus
Eldöntési problémák, hatékony tanúsítvány, a P, NP, coNP problémaosztályok definíciói és kapcsolatuk
A Karp-redukció és tulajdonságai, NP-teljesség, példák NP-teljes problémákra
Közelítő algoritmusok, epszilon közelítés, ládapakolás, FirstFit algoritmus, FirstFitDecreasing algoritmus, utazóügynök probléma: általában és az euklideszi változat, elágazás-és-korlátozás

Fizikai alapismeretek

(TE11AX52, 1. szemeszter, 1/1/0/f/2 kredit, Fizika Tanszék)

1. A tantárgy célkitűzése

Bevezető tantárgy a fizikába, melynek célja az informatikus hallgatóknak a fizika érettségi szintjére való felzárkóztatása, és a fizikai gondolkozásmód és feladatmegoldási készség fejlesztése.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés

A Fizika tudománya. Időmérés, természetes periódusok, távolságmérés, koordináta rendszerek. Modellalkotás a fizikában. Dimenziók, dimenzió analízis. Fizikai kutatások, amelyekben meghatározó szerepet töltenek be informatikusok. A megismerés módszere a fizikában.

Egy dimenziós mozgások

A kinematika fogalma, hely, sebesség, átlagsebesség gyorsulás. Mozgások ábrázolása. Mozgások állandó gyorsulással, szabadesés.

Mozgások két dimenzióban

Hely-, sebesség- és gyorsulás vektorok. Koordináta rendszerek. Hajítások. Körmozgás. Centripetális és tangenciális gyorsulás. Relatív sebesség és relatív gyorsulás.

Mozgástörvények

Az erő. Deformáció és mozgásállapot- változás, kölcsönhatások. Newton törvények. A tömegpont fogalma. A tehetetlen tömeg. Kényszererők. Nehézségi erő, súrlódás és közegellenállás. A mozgásegyenlet és a mozgásfüggvény. Inercia rendszer fogalma. Egyenletes- és változó körmozgás.

Megmaradási törvények a mechanikában

Munka, teljesítmény, mozgási energia, a munkatétel, helyzeti energia. A mechanikai energia megmaradás tétele.

Rend és rendetlenség
Termodinamikai rendszer, mikroállapot és makroállapot. Az ideális gáz. A hőmérséklet kinetikus értelmezése. A belső energia. Termodinamika főtételei, entrópia.
Hideg-meleg
Hőfelszabadulás elektronikai eszközökben, különleges Hőszigetelő anyagok. Hőátadás fokozása halmazállapot változással. Egy lakás hőháztartása. Hősugárzás Üvegházhatás és a globális felmelegedés.

Fizika i
(TE11AX53, 2. szemeszter, 2/2/0/v/4 kredit, Fizika Tanszék)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja a fizikai jelenségek mögött megbújó törvényszerűségek rendszerezése, felépítése, egységes gondolati keretbe illesztése, végső soron a természettudományos szemlélet kialakítása és a modellalkotási készség fejlesztése. A fizika alaptörvényeiről elsajátított egyetemi szintű ismeretek nyitják meg az utat ahhoz, hogy később a képzésben részt vevő hallgató a modern kor tudományos és műszaki eredményeihez, eszközeihez értő módon tudjon viszonyulni és alkotni.
2. A tantárgy tematikája
Pontrendszerek dinamikája
Newton törvények alkalmazása pontrendszerekre. Merev testek mozgása, tömegközéppontja, impulzusa és perdülete, a tehetetlenségi nyomaték fogalma. Forgató nyomaték. Munka, teljesítmény és energia forgó mozgásnál. Gördülő mozgás. Perdület megmaradás.
Rezgések, hullámok
A harmonikus lineáris oszcillátor. Mozgásegyenlet, mozgásfüggvény, energia. Csillapított- és kényszer rezgés. Hullámok. Hanghullámok. Visszaverődés, törés. Interferencia, diffrakció. Állóhullámok.
Sztatikus elektromos tér
Elektromos töltés fogalma, Coulomb-törvény. Elektromos térerősség. Gauss-törvény. Elektromos potenciál. Kondenzátorok, a kapacitás fogalma. Az elektrosztatikus tér energiája. Dielektrikumok.
Elektromos töltések mozgása statikus mágneses térben
A mágneses tér fogalma. Lorentz-erő. Áramra ható erő mágneses térben. Hall-effektus. A rúdmágnes és a Föld mágneses tere. Mágnesség alapfogalmai, mágneses adattárolás
Mozgó töltések és áramok által keltett tér
A Biot-Savart-törvény. Az Ampere-törvény. Tekercsek mágneses tere.
Időben változó elektromos és mágneses terek kapcsolata
Faraday-féle indukciótörvény, mozgási indukció. Öninduktivitás és kölcsönös induktivitás. Tekercsek, transzformátorok. Időben változó elektromos tér.
Elektromágneses hullámok
Maxwell-egyenletek rendszere. Egy speciális megoldás: az elektromágneses hullámok.
Optika
A geometriai optika alapjai: törés, visszaverődés, lencsék és tükrök. A fizikai optika, interferencia, diffrakció. A poláros fény. Optikai szálak. Optikai adattárolás.
Bevezetés a modern fizikába
A kvantumos jelenségek kísérleti előzményei. A de Broglie hullámok. A Schrödinger egyenlet. Az atomok elektronszerkezete. Az elektron spin. Alagúteffektus. Elektron interferencia, kvantuminformatika.

II.2 Gazdasági és humán ismeretek

A gazdasági és humán ismeretek tantárgyblokk 4 kötelezően választható tantárgyból épül fel. A tantárgyakat a GTK és a VIK által felkínált tantárgylistából lehet felvenni (kötelezően választható jelleg). A GTK 3 kategóriába sorolta a felvehető tantárgyait (valamennyi kategóriában 3 és 5 kredites tantárgyak találhatók):

1. Üzleti
2. Társadalmi beágyazottság
3. Karriertámogatás / készségfejlesztés

A VIK a jelenlegi 2 kredites gazdasági-humán tantárgyait 2026 szeptemberéig átdolgozza 2/0/0/f/3 követelményrendszerűre.

A tantárgyak felvételének szabályai:

1. Összesen legalább 14 kreditnyi tantárgy veendő fel a GTK és a VIK kínálatából.
2. A GTK kínálatának minden kategóriájából legalább egy tantárgy veendő fel.

A tantárgylisták a VIK honlapján találhatók.

II.3 Szakmai törzsanyag

Villamos alapismeretek
(VIETAA00, 1. szemeszter, 2/0/1/v/3 kredit, ETT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy fő célja, hogy az informatika alapszakos hallgatók megismerjék a szakmájukban és a mindennapi életben is alapvető fontosságú villamosság fizikai alapjait és annak gyakorlati alkalmazását a számítástechnikai eszközökben. A tantárgy fontos célja, hogy betekintést adjon a programokat végrehajtó eszközök működésébe, áramköri és konstrukciós megoldásaiba.
A hallgatók a villamos alapmennyiségek fogalmi rendszerének megismerésével eljutnak a villamos hálózatok témaköréig. Ezt követően a szinuszos és periodikus jelek leírásával, a tranziens viselkedés magyarázatával tovább lépnek egy olyan elvi szintre, ahol az aktív elektronikus alkatrészek is megismerhetőek koncepció és egyszerű működési modelljeik formájában. Az integrált áramkörök témakörének bevezetésével a digitális technika hardveres alapjait is megismerik. A hardveres szemlélet kialakításához az elektronikai konstrukció és szereléstechnológiák alapja is ismertetésre kerül. Kitekintő, és egyben rendszerező témakörként a fizikai valóság szenzorokkal való érzékelésével foglalkozik a tananyag.
Fontos, hogy a tudásanyag ívét egy működő áramkör példájával zárja a tananyag, hogy a hallgató az elméletet össze tudja kötni a gyakorlattal.
A laborgyakorlatok alatt a hallgatók megismerkedhetnek a laboratóriumi munka alapjaival (berendezések, alapkövetelmények, jegyzőkönyvírás), a mérőműszerek használatával, az egyszerű jelek, passzív- és aktív alkatrészek. A pulzusparaméterek és áramköri tranziensek vizsgálatával pedig az elméletet összeköthetik a gyakorlattal, a fizikai valósággal.

2. A tantárgy tematikája
Villamos alapmennyiségek 1
Vezető, szigetelő, félvezető tulajdonság alapjai. Elektromos töltés, fajtái, Coulomb erőtörvény, elektroszkóp. Elektromos feszültség, potenciál, QCU törvény. Elektromos tér, elektromos töltés tárolása, kondenzátor felépítése. Egyszerű példák a mindennapokból. Az elméleti modellek összekötése a valósággal.
Villamos alapmennyiségek 2
Elektromos áram. Áramjárta vezető mágneses tere, szolenoid és toroid tekercs. Lorenz erőtörvény, Lenz törvény, indukció. Elektromos és mágneses térben tárolt energia, munka. Elektromos teljesítmény.
Villamos alapmennyiségek 3
Ellenállás, Ohm törvény. Valós források: fesz. és áram generátor, belső ellenállás, üresjárási feszültség, rövidzárási áram, kapocsfeszültség. Kémiai források: szárazelem, akkumulátor, tulajdonságok. Mechanikai források: motor, generátor üzem. Fotoelektromos források: napelem, izzó, LED.
Villamos hálózatok
Kirchhoff törvények. Feszültség- és áramosztó. Csomóponti potenciálok módszere. Példamegoldás: soros, párhuzamos, vegyes ellenálláshálózat számítása.
Szinuszos és periodikus jelek
Amplitúdó, csúcstól csúcsig érték, fázishelyzet, frekvencia, periódusidő, jellemző jelalakok. Komplex számokról, komplex csúcsértékekről egyszerűen. Impedanciai alapok. Transzformátor, feszültség, menetszám, átvitt teljesítmény, hatásfok. A soros RLC (rezgőkör) alapjai.
Tranziens viselkedés
Ugrásjel, tranziens kondenzátor RZ, tekercs SZ. Négyszögjeles gerjesztés, előremutatás a digitális adatátvitelre. Időállandó fogalma. Fel- és lefutási idő. Késleltetési idő.
Aktív elektronikus alkatrészek 1
Félvezetők működésének alapjai. Félvezető dióda, szerkezete, egyenlete, karakterisztikája, LED. Bipoláris tranzisztor szerkezete, tranzisztor hatás, működési feltételek, konstrukciós feltételek, 2 tranzisztor alapegyenlet + BE dióda egyenlet.

Aktív elektronikus alkatrészek 2
Bipoláris tranzisztor, erősítő és kapcsoló üzeme. Növekményes MOS tranzisztor szerkezete, működése, karakterisztikája, erősítő és kapcsoló üzem. CMOS alapok.
Műveleti erősítő
Modell, alapműködés. Nem invertáló, invertáló erősítő, komparátor üzem. Műveleti erősítő alkatrészek, lábkiosztás, tápfeszültségek, egyszerű audio esettanulmány.
Digitális elektronika alapjai
Nem/És/Vagy rendszer, igazságtábla. Inverter bipoláris és MOS tranzisztorral. DDR ÉS kapu megvalósítás. DDR VAGY kapu megvalósítás. NAND, NOR, XOR – CMOS megvalósítások. 1 bit információ tárolása, mint SRAM cella (kvázi D-flip-flop).
Konstrukció
Elektronikai rendszerek felépítése. Rendszer kivitelezés az ötlettől a kész elektronikai konstrukcióig. Tápellátás, rögzítés, dobozolás, csatlakozók, csatlakozások. Földelés, kettős szigetelés, érintésvédelem, ergonómia.
Elektronikai szereléstechnológia
R, L, C, D, T, IC tokozások, megjelenési formák. Furatszerelés. Felületszerelés. Forrasztás kézzel, szerelés a tömeggyártásban.
A fizikai valóság érzékelése villamos kimenetű eszközökkel, szenzorika
Érzékelő fogalma és helye az elektronikai rendszerekben. Példák szenzorokra: Fényérzékelés. Hőmérséklet érzékelés, MEMS gyorsulás érzékelő, Nyomásmérő.
Rendszertechnika
A megvalósított példaáramkör blokkvázlata. Kapcsolási rajz értelmezése. NYHL bemutatása. PCB 3D bemutatása. Házi nyomtatott huzalozású lemez kivitelezés. Nyomtatott huzalozású lemez tervezés bemutatása – mintaáramkör. A fizikai hardver bemutatása, visszautalás az eddig tanultakra, demonstráció.

Digitális technika

(VIMIAA03, 1. szemeszter, 2/1/1/v/5 kredit, MIT)

1. A tantárgy célkitűzése
A Digitális technika egy fontos alapozó tantárgy a mérnökinformatikus szak tantervében. Legfontosabb célkitűzése azon digitális technikai ismeretek átadása, amelyek elsajátításával megérthető egy egyszerű processzor felépítése, működése és a programozásának alapjai. Ennek folyamán a hallgató megismerkedik a mérnöki feladatmegoldás lépéseivel, alapvető gyakorlati ismeretekre és önálló problémamegoldási készségekre tesz szert. A tantárgy bemutatja a számítástechnikai rendszerek alapelemeinek működését, a digitális absztrakció tulajdonságait, az egyszerűbb feladatok közvetlen hardveres, ill. alacsonyszintű szoftveres (assembly) megoldását. A bináris aritmetika, a műveletvégzők, funkcionális egységek, vezérlők, állapotgépek tervezésének bemutatásán keresztül jut el az általános célú CPU architektúra ismertetéséig, az elemi mikrokontroller használat (periféria illesztés és programozás) alkalmazásáig. A tantárgyhoz kapcsolódó gyakorlatok és laboratóriumi foglalkozások során a hangsúly a korszerű számítógépes tervezői módszerek megismerésén és a közvetlen, alapfokú tervezési/fejlesztési lépések elsajátításán van.
2. A tantárgy tematikája
Bevezetés a digitális technikába. Boole algebra. Logikai kapuk és kapcsolási rajz szimbólumaik, logikai függvények és leírásaik.
Számrendszerek, számábrázolás. Kettes komplemens számábrázolás. Aritmetikai műveletek.
Kombinációs funkcionális egységek: dekóder, enkóder, multiplexer, demultiplexer, komparátor, összeadó.
Szinkron sorrendi hálózatok: tároló elemek. Órajel, időzítési követelmények.
Állapotgépek (FSM): (szöveges) specifikáció -> állapotgráf -> realizáció.

Hardver tervezés folyamata CAD rendszerrel, hardver leíró nyelvek: Verilog, Verilog modul. Egyszerű értékadás. Always blokk, regiszter típusú változó. Funkcionális elemek viselkedési leírása. Élérzékeny always blokk, FSM leírása.
Sorrendi funkcionális egységek: multifunkciós regiszter, shift regiszter, számláló.
Sorrendi funkcionális egységek: regiszter tömb, RAM, ROM, FIFO, LIFO
Komplex feladat HLSM leírása. Vezérlő és adatstruktúra szétválasztás, építkezés funkcionális elemekből.
Processzor felépítése: az általános célú adatstruktúra és vezérlő. 3 regiszter címes és 2 regiszter címes processzor adatstruktúra. A MiniRISC processzor felépítése, utasítás feldolgozás lépései.
Utasításkészlet felépítése. Címzési módok. Program leírása folyamatábrával. Assembly programozás. Ciklusok. Szubrutinok.
Perifériák funkciója. Perifériák programozói interfésze (üzemmód, parancs, státus, adat regiszterek). Mikroprocesszoros busz, periféria illesztés.
Tipikus perifériák: GPIO, időzítő.
Periféria kezelési módszerek. Megszakítás fogalma. Megszakítás rendszerek, megszakítás kezelése.
Egyszerű adatátviteli interfészek: UART, SPI.

Számítógép-architektúrák

(VIHIAA03, 2. szemeszter, 3/1/0/v/5 kredit, HIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja, hogy a hallgatók megismerjék legfőbb munkaeszközüknek, a számítógépeknek a felépítését, működését, tulajdonságait. A hardver jellegzetességeinek ismerete hozzájárul ahhoz, hogy a hallgatók képesek legyenek hatékony, a számítógép erőforrásait a lehető legjobban kihasználó szoftver fejlesztésére.

2. A tantárgy tematikája

Bevezető jellegű ismeretek

Információfeldolgozási modellek megismerése. Vezérlésáramlásos architektúrák: Neumann architektúra, Harvard architektúra, módosított Harvard architektúra. Utasításkészletek jellemzői, CISC-RISC stratégiák.

Perifériakezelés

Dedikált I/O utasítások, és memóriára leképzett perifériakezelés. Forgalomszabályozás. Perifériák jelzéseinek feldolgozása: polling, interrupt, interrupt többprocesszoros környezetben, interrupt moderáció. A processzor tehermentesítése: DMA, I/O processzor. Összeköttetések: busz, pont-pont, soros, párhuzamos, időzítés, arbitráció. Egy-, több-buszos, ill. híd alapú rendszerek. PCI, PCI Express és USB csatolófelületek.

Háttértárolók

Merevlemezek működése: szektor fogalma és részei, zóna rendszerű adattárolás. Az adatátviteli parancsok kiszolgálási idejének főbb összetevői. Parancsok sorbaállítása és soron kívüli ütemezése. SSD háttértárak működése: Lapok, blokkok fogalma és szerepe. Az írás/olvasás megvalósítása és mellékhatásai. Az öregedés oka és jelentősége. Az SSD vezérlő feladatai.

Memória

Szinkron DRAM alapú memóriarendszerek: memóriavezérlő, modul, rank, bank fogalma és működése. DRAM parancsok és azok időzítése, parancsok sorok kívüli végrehajtása. Virtuális tárkezelés: címfordítás, TLB, laptábla implementációk, egyszintű és hierarchikus laptáblák. Cache memória: lokalitási elvek szerepe, cache szervezés, cache szervezés és a virtuális tárkezelés viszonya. Cache tartalom menedzsment: cache szemetelés megelőzése, idő előtti betöltés, blokk csere algoritmusok. Lokalitástudatos programozási technikák.

Processzor

Pipeline utasításfeldolgozás. Egymásrahatások fogalma és kezelése. Egyszerű 5 fokozatú pipeline implementációja. Kivételek, megszakítások kezelése, pontos kivételkezelés. Eltérő késleltetésű aritmetikai műveletek kezelése. Dinamikus ütemezés (soron kívüli utasítás-végrehajtás). A

precedenciagráf fogalma, és az adatfolyam-elvű utasításütemezés. Az utasítástároló, a regiszter-átnevezés és a sorrendvisszaállító buffer szerepe és megvalósítása. A Tomasulo algoritmus. A pipeline szélesítése: szuperskalár, VLIW és EPIC architektúrák. Elágazásbecslés: jelentősége, ugrási feltétel kimenetelének becslése, ugrási cím becslése. Elágazásbecslés-tudatos programozás. Támadások a spekulatív végrehajtás ellen.

Párhuzamos feldolgozás

Adatpárhuzamosság: vektorprocesszorok, SIMD utasításkészlet kiegészítések. Multiprocesszoros rendszerek: explicit párhuzamosság fogalma, több szálat kezelő processzorok, multiprocesszoros rendszerek osztályozása, összeköttetés hálózatok. Osztott tárkezelés: cache koherencia protokollok, memória konzisztencia problémák és megoldások.

Kommunikációs hálózatok

(VITMAB06, 4. szemeszter, 4/0/2/v/7 kredit, TMIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja, hogy megismertesse a hallgatókkal a kommunikációs hálózatok felépítésének és működésének alapvető elveit, architektúráit és protokolljait. A tantárgy minden mérnökinformatikus-hallgató számára hasznos hálózati alapismereteket nyújt, és egyben megalapozza az érdeklődők számára a szakirányú specializációs tantárgyak felvételének lehetőségét. A témák a kommunikációs infrastruktúra teljes architektúráját felölelik a fizikai átviteltől az alkalmazásokig, melyben a TCP/IP hálózatok részletes ismertetése központi elem, de nem maradnak ki a vezetékes (Ethernet) és vezeték nélküli (WLAN/WiFi) helyi hálózatok sem. E tantárgyhoz tartozik továbbá a mobilhálózatok különböző generációinak ismertetése és a multimédia alkalmazások (ideértve a beszédátvitelt) bemutatása is. A különböző témakörök megértését és gyakorlati elsajátítását laboratóriumi mérések segítik.

2. A tantárgy tematikája

Bevezető

Hálózatok és rendszerek bevezetése példákon, Internet és a távolsági kommunikáció története, alapjai, architektúra. Alkalmazások és szolgáltatások, példák. Követelmények a hálózattal szemben. Csomagvesztés és késleltetések.

Protokollarchitektúrák

Protokollarchitektúrák, referenciamodellek: ISO OSI referenciamodell, TCP/IP protokoll-architektúra, áramkörkapcsolás, csomagkapcsolás, címzés.

Fizikai és adatkapcsolati réteg

Átviteli közegek és tulajdonságaik. Rádiós kommunikáció fizikai alapjai.

Ethernet. Áttekintés, verziók. Ethernet keretstruktúra. Ethernet kapcsolók: működése, tulajdonságai, menedzsmentje. Kapcsolás és útvonalválasztás összehasonlítása. Virtuális helyi hálózatok (VLAN).

Vezeték nélküli helyi hálózatok (WLAN). Áttekintés. Vezeték nélküli összeköttetések jellemzői. IEEE 802.11 ajánlás szerinti vezeték nélküli helyi hálózatok: architektúra, frekvenciakiosztás, közeghozzáférés. A rejtett terminálok problémája. Keretszervezés. Kitekintés: Bluetooth és Zigbee.

Routing alapok

A feladat értelmezése, útvonaltáblák, távolságvektor módszer, linkállapot módszer. Hierarchikus routing, autonóm rendszerek.

Multicast routing

Internet Protokoll: IP feladata, jellemzői, címzés (címosztályok, privát címtartományok, Classless Inter-Domain Routing, Ipv4 címtartomány kimerülése), IP csomag szerkezete.

IP routing (RIP, EIGRP, OSPF, IS-IS, BGP), Address Resolution Protocol, IP tördelés, IP jelzés- és menedzsmentüzenetei (ICMP és IGMP).

MultiProtocol Label Switching (MPLS)

Forgalomszabályozás

Forgalomszabályozás kívánatos jellemzői, fajtái. Szállítási réteg: socket fogalma, socket típusok, User Datagram Protocol (portkezelés, fejléc, alkalmazása).

Transmission Control Protocol (fő jellemzői, szegmensformátum, hívásfelépítés, sorszámok és nyugtaszámok használata, újraküldési esetek, fast retransmit). Forgalomszabályozás, torlódásvezérlés, AIMD, Slow Start, néhány gyakori alkalmazás és a használt transzportprotokollok, gyakorlati számítási példák.

Hálózati alkalmazások

Infrastruktúrális szolgáltatások: DNS (névfeloldás szerepe és követelményei, névtér, zóna és névszerverek, névfeloldás menete, DNS üzenetek), Dynamic Host Configuration Protocol.

Levelező rendszerek: Simple Mail Transfer Protocol, Post Office Protocol, Internet Message Access Protocol.

Webes rendszerek: HyperText Transfer Protocol, perzisztens és nem perzisztens kapcsolat, üzenetformátumok, parancsok, fejlécek.

Vezeték nélküli és mobil hálózatok

Mobiltelefon rendszerek. Áttekintés, a cellás elv. A mobiltelefon rendszerek jellemzői, működése. Közeghozzáférés, hálózati architektúra, szolgáltatások, azonosítók, helyzetnyilvántartás, hívásátadás.

Mobiltelefon-hálózatok generációi.

4G mobil hálózatok: LTE: Long Term Evolution: követelmények, közeghozzáférés, erőforrás-blokkok. Cellakapcitás. LTE architektúra, főbb protokollok. Beszédátvitel LTE felett. VoLTE. VoWiFi.

5G mobilhálózatok. Követelmények. 5G architektúra, hozzáférési és gerinchálózatok. CUPS (Control and User Plane Separation).

Analóg és digitális beszédátvitel

A beszédjel tulajdonságai. A beszédjel digitalizálása: a PCM kódoló. Alkalmazási példák: telefonos beszédátvitel, hifi minőségű digitális hangkódolás. Kitekintés: egyéb beszédkódolók. Next Generation Networks (NGN, „következő generációs hálózatok”) áttekintése.

Beszédátvitel IP felett: Voice over IP, VoIP. A legjobb szándékú (best effort) továbbítás és az IP szolgáltatásminőség (QoS). A valósidejű adatátviteli protokoll (RTP): felépítése, működése és korlátai. A Session Initiation Protocol (CÍM) áttekintése.

Multimédia hálózatok

Mozgóképek tulajdonságai. Multimédia hálózati alkalmazások típusai. Streaming UDP, CÍM felett. Tartalomelosztó hálózatok. IP Televízió (IPTV). IPTV és Internet-TV: hasonlóságok és különbségek. IPTV: fejállomás felépítése, a médiafolyam részletezése. MPEG-2 Transport Stream. H.264 kódolású adatfolyam felépítése. IPTV szolgáltatásminőség: mérése, fontosabb befolyásoló tényezők, minőségjavítási lehetőségek.

Operációs rendszerek

(VIMIAB03, 3. szemeszter, 3/0/1/f/5 kredit, MIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja az operációs rendszerek feladatainak, felépítésének és működésének példákkal gazdagon illusztrált bemutatása a feladatkezelés és ütemezés, a memóriakezelés, a kommunikáció és szinkronizáció, a fájlrendszerek és a virtualizáció területén. A tantárgy és a hozzá tartozó laboratóriumi foglalkozások során komoly hangsúlyt kapnak gyakorlati ismeretek is, így a kurzus elvégzése elvezet az operációs rendszerek használatának mérnöki, készségszintű elsajátításához is.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés

Az operációs rendszer fogalma, célja, osztályozása, vázlatos felépítése; fejlődésének mérföldkövei; gyártók és termékek piaci részesedése; Windows és Unix változatok; beágyazott operációs rendszerek; a kernel feladatai és főbb részei; nyílt rendszerek és szabványosítás; ipari trendek, fejlesztési irányok.

Felépítés és alapműködés

A kernel felépítésének alapelvei, modelljei; monolitikus és mikrokernel; réteges és moduláris szerkezet; a mai (monolitikus) kernelek problémái; mikrokernelek felépítése és újgenerációs mikrokernelek; az OS elindulása, a Linux/Windows kernel inicializáció főbb lépései, a felhasználói működés beindulása,

szolgáltatások és kritikus rendszerfolyamatok; Unix futási szintek, sysinit és systemd; a rendszerhívások működési mechanizmusa, virtuális rendszerhívások.

Feladatkezelés

A felhasználói feladatok jellege (CPU-intenzív, I/O-intenzív, memória-intenzív, valósidejű); feladatok végrehajtásával kapcsolatos elvárások, mérőszámok (várakozási idő, körülfordulási idő, válaszidő, CPU-kihasználtság, átbocsájtó képesség, rezsiköltség, jósolhatóság, determinisztikusság); az optimális feladat-végrehajtó rendszer és megvalósítási nehézségeinek okai; a feladatkezelés alapfogalmai: taszk, folyamat és szál; a feladat-taszk összerendelés; az absztrakt virtuális gép fogalma; folyamatok és szálak összehasonlítása: tulajdonságok, előnyök, hátrányok, teljesítmény; taszkok adatai; taszkok állapotai és állapotátmenetei; taszkok létrehozása; taszk- és kontextusváltás.

Felhasználói felületek

A felhasználói felület feladatai, típusai; külső és belső parancsok; a karakteres és grafikus felületek részei: parancsértelmező (shell), ablakozó rendszer, ablakkezelő, kijelzőszerver; a parancsértelmező programozása; tipikus kijelzőszerverek és ablakkezelők; munkamenet-kezelés, újszerű interfészek, virtuális és kiterjesztett valóság, természetes nyelvű interfészek, agy-számítógép interfészek.

Ütemezés

Az ütemezés feladata, időskálái; egyszerű ütemezési algoritmusok (FCFS, RR, SJF, SRTF, PRIO) adatstruktúrái, működése, algoritmikus komplexitásuk, értékelésük; konvoj hatás és kezelése; kiéheztetés és öregítés; a prioritásinverzió és kezelése; statikus és dinamikus többszintű ütemezés, többszintű visszacsatolt sorok (MFQ) ütemező, a tradicionális Unix ütemező részletes működése és értékelése; a többprocesszoros ütemezés alapjai (CPU-affinitás, erőforrás-allokáció és terheléselosztás), heterogén többprocesszoros rendszerek alapproblémái; ütemezők a gyakorlatban: számítási példák, Windows, UNIX, Linux CFS, Solaris.

Virtuális memóriakezelés

A memóriakezelés feladatai, virtuális tárkezelés; címleképezés, lapszervezés, cserehely (swap) és tárcsere (swapping); laphiba és szoftveres címleképezés; kerettábla, laptábla, diszk blokk leíró és swap térkép; az adatszerkezetek kapcsolatai és működése; fill-on-demand; copy-on-write; lapozási stratégiák: igény szerinti és előretekintő; vergődés; lapcsere algoritmusok: FIFO, második esély, legrégebben nem használt, legkevésbé használt; mostanában nem használt; lapok tárba fagyasztása; a laplopó taszk.

Kommunikáció

Kommunikáció közös memórián keresztül: a PRAM modell, szálak közötti adatcsere, közös memória és memóriába ágyazott fájlelérés; üzenetváltásos kommunikáció: címzési módok, szinkron és aszinkron átvitel, az adatátvitel lehetséges szemantikái; direkt és indirekt kommunikációs megoldások, az adatátviteli sebességet és a késleltetés meghatározó tényezők és az L4 mikrokernel üzenettovábbítási technikái; hálózati (socket) kommunikáció; távoli eljáráshívás (RPC), interfészleíró nyelv, rpcgen, portmapper és a kommunikációs rendszer felépítése; gyakorlati példák: Unix jelzések, csővezetékek, üzenetsorok, osztott memória és egyszerű webszerver készítése C nyelven.

Szinkronizáció

Taszkok versengése és együttműködése; klasszikus szinkronizációs problémák: író-olvasó, többszörös olvasók, termelő-fogyasztó (korlátos raktárral); a szinkronizáció és alapvető formái; kölcsönös kizárás és kritikus szakasz; atomi memóriaműveletek: test-and-set-lock (TSL) és compare-and-swap (CAS); zárolási eszközök: lock bit, mutex, szemafor, spinlock, ReaderWriterLock és RecursiveLock; a szemafor műveletei és megvalósításuk TSL segítségével; a kritikus szakasz megvalósítása TSL és szemafor alkalmazásával; erőforrás-foglalási gráf; a holtpont és kialakulásának feltétele; holtpont kezelése: strucc algoritmus, detektálás, feloldás, megelőzés és elkerülés; a biztonságos állapot fogalma és ellenőrzése; a prioritás inverzió és kezelése; kiéheztetés foglalással és várakoztatással; a szinkronizáció okozta teljesítményromlás; optimista zárolás; zárolás- és várakozásmentes szinkronizáció.

Fájl- és tárolórendszerek

Fájl, könyvtár, kötet, meghajtó, fájlrendszer és partíció fogalma; könyvtárstruktúrák gráf felépítése példákkal (Windows 10, Linux és Android), elérési út, szimbolikus és rögzített linkek; fájlok tulajdonságai, POSIX hozzáférési-jogosultságok, ACL és setuid, setgid, sticky bit; fájlrendszerek adminisztrációja: formázás, csatlakoztatás, ellenőrzés, hangolás; elterjedt fájlrendszerek; biztonsági

mentések; fájlrendszerek programozói interfésze, soros és közvetlen elérés, fájlleíró és nyitott fájl objektum; ajánlott és kötelező zárolás; fájlok memóriába ágyazott megosztott elérése; nem blokkoló és aszinkron műveletek; adatok elhelyezése a háttértáron, szuperblokk, metaadatok, allokációs táblák, üres helyek menedzselése; diszkpufferelés; naplózó fájlrendszerek; virtuális fájlrendszer interfész; fizikai tárolórendszerek: HDD és SSD; I/O ütemezés; tárolórendszer-virtualizáció: LVM, RAID, hálózati és elosztott fájlrendszerek, NFS és Ceph.

Virtualizáció

A virtualizáció fogalma, alkalmazási területei; a virtuális gépek osztályozása; hardver virtualizáció: hosted és bare metal megoldások; CPU virtualizáció: emuláció, trap and emulate, binary translation, para- és hardveres virtualizáció; memória virtualizáció: árnyék laptáblák, para- és hardveres virtualizáció; I/O virtualizáció: szoftveres, paravirtualizáció és hardvertámogatott megoldás; virtualizációs rendszerek áttekintése: gyártók és termékek; felhőalapú rendszerek: IaaS, PaaS, SaaS; konténervirtualizáció (Docker).

A programozás alapjai 1

(VIEEAA00, 1. szemeszter, 2/2/2/f/7 kredit, EET)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célkitűzése, hogy a hallgatók készség szinten alkalmazható ismereteket szerezzenek a számítógépes problémamegoldás módszereinek és alapvető eszközeinek használatában, úgy mint elemi és összetett adatok, lineáris adatszerkezetek, memóriakezelés. További cél, hogy a megszerzett ismereteket és készségeket további tanulmányaik során hatékonyan legyenek képesek alkalmazni.

A célkitűzés teljesítését egy magas szintű programozási nyelv, a C megismerése teszi lehetővé.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés. Programozás fogalma. Kifejezések és változók, típus fogalma. C nyelv alapjai. Egyszerű kifejezések a programban.

Forráskódok elemei. Algoritmus fogalma, leírása. Ciklus, elágazás, szekvencia. Kombináció: összetett vezérlési szerkezetek, összetett kifejezések.

Egyszerű algoritmusok pszeudokód és C változatai. Összegzés, számlálás, szélsőérték keresése és szétválogatás tételei. Karakter és logikai típusok. Tömbök.

A számítógép felépítése. Beépített típusok részletesen. Véges ábrázolás. Egész és lebegőpontos számok ábrázolása, számábrázolási korlátok. Függvények fogalma, használata. Absztrakció, paraméterek és lokális változók.

Operátorok. Precedencia, kiértékelés, mellékhatás. Összetett adatszerkezetek, struktúrák és saját típusok használata.

Felsorolt típus. Állapotgép. Cím szerinti paraméterátadás, indirekció és sztringek a C nyelvben.

Program kapcsolata a külvilággal: parancssori paraméterek és fájlkezelés. Előfeldolgozó. Programszegmentálás. Karbantartható programok írása, dokumentáció.

Tömbi algoritmusok. Keresések. Rendezések. Rekurzió.

Dinamikus memóriakezelés. Dinamikus tömbök. Dinamikus sztring kódolása. Memóriakezelés rendszerező tárgyalása.

Dinamikus adatszerkezet: láncolt listák. Listák használata. Bejárás, törlés, beszúrás. Egyszeres és többszörös láncolás.

Dinamikus adatszerkezet: bináris fák használata. Keresőfák, dekódoló fák. Fák bejárásai. Többszörös indirekció. Hasító táblák röviden.

Függvényre mutató pointerek, generikus algoritmusok és típusok a C nyelvben.

További adatszerkezetek. Nagyobb programok tervezése. Funkcionális dekompozíció bemutatása egy komplex példán.

A programozás alapja 2

(VIIIAA03, 2. szemeszter, 2/0/2/f/6 kredit, IIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy A programozás alapjai 1. tantárgy keretében megszerzett ismeretekre épít (imperatív, procedurális megközelítés és elemi programozási eszközök alkalmazása). Fő célkitűzése, hogy bevezessen az objektum-orientált megközelítésbe, egyéb alapelvű megközelítések mellett. További cél, hogy megismertessen néhány alapvető operációsrendszer-használati fogalommal, programfejlesztést és tesztelést támogató eszközzel, valamint hordozható programok írásának szabályaival.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés, C++ nyelv kialakulása, Új, nem objektum-orientált (OO) nyelvi eszközök.

Névterek, kimenet/bemenet (I/O), függvénysablonok, dinamikus memóriakezelés, kivételkezelés alapja

Tervezési módszerek, OO dekompozíció, OO paradigmák, osztály, információelrejtés, konstruktor, destruktor, operátorok túlterhelése

Konstruktorok és destruktorok. Dinamikus adattagokat karbantartó osztályok. Másoló konstruktor, értékadás. Tagváltozók inicializálása. Konstans és statikus tagok. Dinamikus tárolók bevezetése.

Öröklés szerepe az objektumorientált programozásban. Öröklés, származtatott osztály, alaposztály. Az öröklés hatása a láthatóságra. Konstruktorok és az öröklés. Elemi grafikus modellezési nyelvű leírások.

Öröklődés folytatása: mutatókonverzió, behelyettesíthetőség, korlátozó öröklés, virtuális függvények, absztrakt osztályok, virtuális destruktorok. Dinamikus kollekciók, összetett objektum-orientált modellezési példa.

Sablonok folytatása, funktor, további példák a sablonokra.

Tervezési minták: adapter, bejárók (iterátorok). Sablonos tároló bejárása. Egy szimulációs alkalmazás specifikációja, tervezése és megvalósítása.

Többszörös öröklés, virtuális alaposztályok. Konstruktorok és destruktorok automatikus feladatai. Konverziós operátorok. Típuskonverziók. Perzisztencia fogalma és megvalósítása. Eseménykezelés, kivételkezelés folytatása.

Szabványos sablon könyvtár (Standard Template Library, STL) bevezetése.

Adapter és megfigyelő (observer) tervezési minta, visszalépéses keresési algoritmus (backtrack), további STL

OO tervezési megfontolások, újabb tervezési minták.

A programozás alapjai 3.

(VIIIAB00, 3. szemeszter, 2/0/2/f/5 kredit, IIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy alapvető célja, hogy alapozó tantárgyként folytassa a számítógépes problémamegoldás módszereinek és alapvető eszközeinek előző félévekben megkezdett megismertetését olyan szinten, hogy azt a hallgatók további tanulmányaik során képesek legyenek hatékonyan alkalmazni. Ezen félév alapvető célkitűzése, hogy további gyakorlatokkal mélyítse az objektumorientált problémamegoldási képességet, megismertesse a hallagtókkal a Java programozási nyelvet, megismertesse a nagymértékben osztálykönyvtárak használatára épülő programfejlesztést, ezen belül az általános megoldásokon (kollekciók, IO, stb) túl speciális problémákra (szálkezelés, XML feldolgozás, grafika és GUI) nyújtott lehetőségeket. Cél továbbá a Szoftvertechnológia c. párhuzamos tantárgyban tanult UML modellek Java nyelven való megvalósításának képessége is.

Célkitűzését a tantárgy az előző félévekben megszerzett C és C++ nyelvi tudásra alapozva, a Java nyelv megismertetésével éri el. A laborok anyaga folyamatosan követi az előadások tematikáját, azok mélyebb megértését teszi lehetővé.

2. A tantárgy tematikája

Java alapok. Bevezető. Típusok, operátorok, utasítások. Objektumok, osztályok, Interfészek. Package-ek. Kivételkezelés, kódolási stílus.

Java I/O. System Class. I/O Basics. I/O filters. Speciális osztályok: pipe, file. Serialization.
Java generikus osztályok. Genericitás és öröklés. Összevetés C++ generikus megoldásával. Megközelítések: heterogén kollekció, kasztolás, template. Kollekció-keretrendszer. Collection, Iterator, List, ListIterator, Set, SortedSet, Map, SortedMap. Kollekciók kezelése (java.util.Collections).
Szabványos OO megoldások tipikus problémákra: tartalmi egyezés (equals), klónozás (clone, shallow és deep), dátumkezelés, szövegkezelés. Utilityk (Scanner, Math, Random, BigInteger, BigDecimal, Date, Calendar, LocalTime).
Szálkezelés. Kölcsönös kizárás, szinkronizálás, jelzések küldése kezelése. Szálbiztos kollekciók. Speciális szálosztályok (java.util.concurrent)
Lambda nyelvi elemek Java-ban. Interfészek bővítése jávában (static, default). Függvény-interfészek, lambda kifejezések, ezek megjelenése, használata és implementációja.
Java GUI alapfogalmak. Componensek és konténerek, layout-ok. Esemény-kezelés. Alacsony szintű grafika.
Speciális komponensek: menü, dialógbox, stb. Swing és AWT. Swing MVC modellje, Jlist, Jtable, Jtree.
Automatizált tesztelés Java nyelven. Junit (fogalmak: teszt, fixture, eredmények, összetett tesztek, suite, cimkézés, stb.) Tesztek futtatása IDE-ben, parancssorból és automatikusan.
XML feldolgozása Javaban: SAX, DOM és JDOM. Előnyök és hátrányok, példakódok. Validáció menete, séma-leírások. JSON kezelése, feldolgozása.
Java stream-ek. Kollekciók kezelése map-reduce technikával. Szűrők és használatuk, leképzések és tipizálásuk, primitív visszatérés. Reduce műveletek.
JEE. Az enterprise környezet kellemzői. Architektúra (kliensek, servletek, JMS, beanek, JPA). Egyes architekturális elemek rövid bemutatása, speciális megoldások ismertetése (pl. dependency injection).
UML és Java (C++, C# példák is) kapcsolata. Asszociációk, aggregációk, kompozíciók, minősítők, láthatóságok, különféle egyéb módosítók megvalósítása, jelölése.

Adatbázisok

(VITMAB04, 3. szemeszter, 2/1/1/v/5 kredit, TMIT)

1. A tantárgy célkitűzése

Adatbáziskezelő-rendszerek működésével, használatával és megvalósításával kapcsolatos alapvető ismeretek, módszerek elsajátítása. A tanult ismeretek alkalmazása gyakorlati problémákra.

2. A tantárgy tematikája

Adat, információ, tudás. Strukturált, szemistrukturált és nem strukturált adatok. XML, JSON.
Adatbáziskezelő rendszer (meghatározás, rendszerkomponensek, rétegmodellek, nyelvi felületek, adatfüggetlenség, felhasználói szintek). Adatbázis séma, metaadatok.
Strukturált adatok modellezése ER diagramok segítségével.
Relációs adatmodell, reláció, relációs séma. Relációs algebra. Relációs séma előállítása ER diagramból.
Sor- és oszlopkalkulus. Megengedett szimbólumok, atomok, formulák, kifejezések. Kapcsolat a relációalgebrával és az SQL nyelvvel.
Fizikai adatszervezés I. Diszk-rezidens és memória-rezidens adatbázisok. Heap szervezés, Hash szervezés
Fizikai adatszervezés II. Indexelt állományszervezés. Ritka index, sűrű index. Többszintes ritka index: B*-fák. Több kulcs szerinti keresés támogatása.
Relációs lekérdezések optimalizálása I. Relációalgebrai fa alapú optimalizálás. Relációalgebrai azonosságok
Relációs lekérdezések optimalizálása II. Költségalapú optimalizálás. Illesztések fajtái, algoritmusai. Legfontosabb műveletek költségének becslései. Kiértékelési terv.
Többfelhasználós működés elemei I: ACID tulajdonságok, zárak, éhezés, patt, sorosíthatóság, tranzakció modellek, 2PL.

Többfelhasználós működés elemei II: Időbélyegek, verziók, tranzakcióhibák kezelése, piszkos adat, lavina
Többfelhasználós működés elemei III: Rendszerhibák kezelése, naplózási technikák, visszaállítás, ellenőrzési pontok.
Relációs sémák tervezése. Tranzakció-, ill. lekérdezésorientált megközelítés. Adatbázis kényszerek szerepe. Redundancia. Eseti és érdemi funkcionális függések.
Normálformák és jelentőségük. 1NF, 2NF, 3NF, BCNF.
Kitekintés

Szoftvertechnológia
(VIMIAB04, 3. szemeszter, 3/0/1/v/5 kredit, MIT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy szoftver rendszerek tervezésének, fejlesztésének, karbantartásának tanítását tűzi ki célul, bemutatva a szoftver, mint termék előállításához szükséges mérnöki, támogató és menedzsment tevékenységeket, ezek néhány alapvető technikáját és módszerét.
A tantárgy fő célja, hogy a hallgatók átfogó képpel rendelkezzenek a teljes szoftverfejlesztési folyamatról, beleértve a fejlesztési-, projektmenedzsment- és támogató folyamatokat. Tudást szereznek az alapvető életciklus modellekről, folyamatfejlesztési modellekről és szabványokról.
A tantárgyban megismert technikákat és módszereket tovább mélyítik a hallgatók a következő félévben a Szoftver projekt labor c. tantárgy (VIIIAB11) keretében projektszerű keretekben.
2. A tantárgy tematikája
Bevezetés
A szoftverről és a szoftverfejlesztésről. Különbözik-e a szoftverfejlesztés más mérnöki területektől? Miben több a szoftvertechnológia, mint a programozás? Példák komplex szoftverekre és szoftverprojektekre. Mi kell egy sikeres szoftverfejlesztéshez?
Szoftver modellezése és UML
Szoftver modellezése: Miért modellezünk? Mit lehet modellezni? A Unified Modeling Language (UML) modellezési nyelvcsalád. Struktúra modellezése: osztálydiagram, példányok kezelése, csomagdiagram, komponensdiagram.
UML viselkedés modellezése I: használati eset (use case), aktivitásdiagram, szekvenciadiagram.
UML viselkedés modellezése II: állapotgép diagram, különböző nézőpontok összekapcsolása. Kitekintés.
Szoftverfejlesztési folyamatok
Szoftver életciklus lépései és termékei. Népszerű életciklus modellek (vízesés, V-modell, iteratív, inkrementális…).
Hagyományos és agilis szoftverfejlesztés. Agilis és Lean alapelvek. Példák: Scrum, XP.
Verziókezelés alapelvek. Központosított és elosztott verziókezelés. Tipikus munkafolyamatok és minták (GitHub Flow, Mainline…).
Szoftverfejlesztési gyakorlatok
Követelmények kezelése: A követelmények fontossága. Követelmények felmérése, elemzése, priorizálása. Követelmények típusai: funkcionális és nemfunkcionális követelmények. Kétirányú követhetőség. Követelmények változásának kezelése.
Tervezés és architektúra: Tervezési alapelvek (absztrakció, modularizáció). Szoftver architektúra elemei. Tervezési minták (design patterns). Tervek dokumentálása.
Forráskód kezelése: jó forráskód tulajdonságai. Kódolási ajánlások és szabványok alkalmazása. Kód felülvizsgálat (code review). Statikus analízis eszközök használata.
Tesztelés I: tesztelési alapfogalmak és célok. Tesztelés folyamata. Tesztelési szintek. Kockázatalapú tesztelés.
Tesztelés II: teszttervezési technikák (specifikáció és struktúra alapján).

Projekt és people menedzsment
A szoftver projektek irányítási vonatkozásai. Becslés, tervezés, követés, vezérlés. Agilis projektmenedzsment technikák és eszközök.
Mérés és elemzés a szoftverfejlesztésben. Folyamatok definiálása és követése.

Szoftvertechnikák
(VIAUAB00, 4. szemeszter, 2/0/2/v/5 kredit, AUT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy alapvető célja, hogy elmélyítse a korábbi félévekben megkezdett számítógépes problémamegoldás terén szerzett ismereteket, valamint az objektumorientált paradigmát követve kiszélesítse a szoftverfejlesztés technikáinak spektrumát. A tantárgy bemutatja a C# nyelv alapjait, annak korszerű nyelvi eszköztárára fókuszálva (tulajdonságok, eseménykezelés, lambda függvények stb.). A hallgatók elsajátítják az eseményvezérelt programozás legfontosabb módszereit, a grafikus felhasználói felület, gyors alkalmazás-fejlesztés (RAD – Rapid Application Development) struktúráit és programozási alapjait, valamint megismerik a modern felügyelt futtatókörnyezetek és osztálykönyvtárak fontosabb szolgáltatásait (alaposztályok, adatkezelés alapok, rajz és szöveg megjelenítése, párhuzamos feldolgozás, szinkronizációs technikák stb.). Ezen túlmenően a tantárgy ismerteti a szoftverrendszerek tervezésének kapcsán a gyakrabban használt architekturális és tervezési mintákat, valamint ezek szerepét a szoftverfejlesztés folyamatában. A tantárgy a minták elméleti ismertetésén túlmenően esettanulmányokon és laborfoglalkozások keretében bemutatja a fontosabb minták gyakorlatban történő alkalmazástechnikáját.
Célkitűzését a tantárgy az előző félévekben megszerzett C és C++, Java nyelvi tudásra, valamint az UML nyelv alapjaira építve éri el. A laborok anyaga folyamatosan követi és kiegészíti az előadások tematikáját, azok mélyebb megértését teszi lehetővé.
2. A tantárgy tematikája
Felügyelt futtatókörnyezetek, .NET alapok, többkomponensű alkalmazások, külső komponensek használata.
Modern nyelvi eszközök .NET környezetben (tulajdonság, metódusreferencia, esemény, attribútum, lambda függvények).
Eseményvezérelt programozás natív környezetben kitekintő, üzenet alapú platformok.
Vastagkliens/desktop alkalmazások fejlesztésének alapjai .NET környezetben (RAD koncepciók, ablakok kezelése, vezérlők, menük, események, vezérlők, dialógus ablakok). Nem felügyelt erőforrások életciklus menedzsmentje (destruktor, dispose). Rajz és szöveg megjelenítése.
Egyedi vezérlők kialakításának lehetőségei. Moduláris felhasználói felület kialakítása. Rajz és szöveg megjelenítése.
Többszálú alkalmazások fejlesztése .NET környezetben: alapok. Szinkronizációs problémák és megoldásuk (zárolási technikák, események). Threadpool fogalma és használata. Holtpont elkerülésének technikái.
Adatbázisok programozása felügyelt környezetben.
Szoftver architektúrák. Az architektúra nézetei. Separation of Concerns, mint tervezési alapelv. Architekturális tervezési minták: Document-View architektúra, MVC, Pipes and Filters.
Architekturális tervezési minták: Layers (rétegek). Vállalati információs rendszerek architektúrái: kétrétegű és háromrétegű architektúra.
Tervezési minták: Áttekintés, szerepük. Parancsvégrehajtáshoz kapcsolódó tervezési minták: Command, Command Processor, Memento. Kiterjeszthetőséghez kapcsolódó tervezési minták: Template Method, Strategy. Létrehozási minták: Singleton, Factory Method, Abstract Factory, Dependency Injection. Tervezési minták: Observer, Adapter, Iterator, Composite, Facade.

Szoftver projekt laboratórium

(VIIIAB11, 4. szemeszter, 0/0/2/f/4 kredit, IIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja, hogy a hallgatókat megismertesse a csoportmunkával, valamint az iteratív, inkrementális fejlesztési módszertan és az UML alkalmazásával valós környezetet szimuláló helyzetben. Ennek során a feladat egy objektumorientált alkalmazás készítése UML (Unified Modeling Language) leírással, C++ (illetve a követelmények között definiált feltételek teljesülése esetén Java) nyelven megvalósítva, előre definiált, inkrementális és iteratív módszertani lépéseket követve. A hallgatók 5 fős csoportokban dolgoznak és készítik el a szoftvert, ami egy folyamatosan készülő dokumentáció fejezeteiben és elektronikus mellékleteiben ölt testet.

2. A tantárgy tematikája

A kiadott feladatot három fázisban kell megvalósítani.

- A szkeleton fázis célja annak bizonyítása, hogy az objektum és dinamikus modellek a definiált feladat egy modelljét alkotják. A szkeleton egy program, amelyben már valamennyi, a végső rendszerben is szereplő business objektum szerepel.
- A prototípus fázis célja a szoftver egy olyan változatának kifejlesztése, amely helyesen működik, valamennyi feladatát teljesíti. A prototípus változat egy elkészült program kivéve a kifejlett grafikus interfészt. A változat tervezési szempontból elkészült, az ütemezés, az aktív objektumok kezelése megoldott. A business objektumok – a megjelenítésre vonatkozó részeket kivéve – valamennyi metódusa a végleges algoritmusokat tartalmazza. A megjelenítés és működtetés egy alfanumerikus ernyőn követhető, ugyanakkor a megjelenítés fájlban is logolható, ezzel megteremtve a rendszer tesztelésének lehetőségét.
- A grafikus fázis során készül el a szoftver grafikus felhasználói felülete. A teljes (grafikus) változat a prototípustól csak a kezelői felület minőségében különbözhet. Ennek a változatnak az értékelésekor a hangsúlyt sokkal inkább a megvalósítás belső szerkezetére, semmint a külalakra helyezzük.

Számítógépes grafika

(VIIIAB12, 4. szemeszter, 3/0/1/v/5 kredit, IIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy a vizuális számítástechnika (számítógépes grafika, gépi látás, virtuális valóság, játékfejlesztés, orvosi vizualizáció) alapjait mutatja be. Az elméletet (projektív geometria, színtan, analitikus geometria, radiometria, kinetika/dinamika) rögtön gyakorlatba ültetve vezetjük be, implementációs platformként a C++ nyelvet, az OpenGL 3+-os könyvtárat és a GLSL árnyaló programozási nyelvet használva. A hallgatók megismerkedhetnek a 2D és 3D grafikus programok felépítésével, az animáció és játékfejlesztés technikáival, és a grafikus kártyák működésével és programozásával. A tematika kompatibilis a rangos egyetemek hasonló kurzusaival.

2. A tantárgy tematikája

Geometriai alapok

Geometriák axiomatikus felépítése. Euklideszi, gömbi (elliptikus), hiperbolikus (Bolyai) és projektív geometriák. Térképek, Platóni szabályos testek és csempézés. Euklideszi tér analitikus geometriája: pont, vektor, koordináta rendszerek. Vektorműveletek jelentése és implementációja C++-ban. Nem-euklideszi geometriák analitikus leírása, külső nézet. Görbék és felületek differenciálgeometriája: érintő, normálvektor, Gauss görbület. Felületek topológiája: irányíthatóság és Euler karakterisztika. Automatikus deriválás duális számokkal.

Geometriai modellezés

Klasszikus görbék: implicit, paraméteres és explicit forma. Szabad formájú görbék pontok kombinációjával. Lagrange interpoláció. Hermite interpoláció két pontra. Bézier approximáció. Catmull-Rom spline. Paraméteres felületek felület kihúzással és forgatással. Szabadformájú felületek. Catmull-

Clark felosztott görbe és felület. Testmodellezés, Euler-Poincaré tétel, poligonmodellezés Euler operátorokkal.

Transzformációk

Affin transzformációk és mátrixos formalizmusuk: eltolás, skálázás, forgatás (Rodrígues formula). Homogén koordináták. Projektív geometria (axiómák és beágyazott modell, ideális pont, Descartes és homogén koordináták viszonya). Dualitás és alkalmazása: egyenesek metszése és pontokra illesztése. Homogén lineáris transzformációk és tulajdonságaik. Síkok és kvadratikus felületek transzformálása. Perspektíva. Átfordulási probléma. Komplex számok, kvaterniók és geometriai (Clifford) algebra.

2D képszintézis

A képszintézis feladat megoldási módjai, koordinátarendszerek. Pixel vezérelt képszintézis. Objektum vezérelt képszintézis csővezetéke. Görbék vektorizációja. Poligonok háromszögekre bontása, két-fül tétel, fülvágás. Modellezési transzformáció. Nézeti transzformáció. Szakaszok és területek vágása Descartes és homogén koordinátákban. Raszterizáció: szakaszrajzolás és területkitöltés. Algoritmusok hardver realizációja.

Grafikus alaphardver és szoftver

Interaktív grafikus rendszerek adatfolyam modellje. A GPU architektúrája. OpenGL állapotgép. Kapcsolat az ablakozó rendszerrel, az alkalmazói ablak megnyitása, eseménykezelő függvények regisztrálása: GLUT. „Helló háromszög” megvalósítása OpenGL/GLSL környezetben: Vertex array object és vertex buffer object. GLSL nyelvű árnyaló programok fordítása, szerkesztése és futtatása. A rajzolási hívás és uniform változók.

Textúrázás

A textúrázási feladat megfogalmazása, megoldása és GPU hardver támogatása. Textúra szűrés. Képnézegető és transzformációs alkalmazás megvalósítása.

3D képszintézis optikai alapmodellje

A 3D grafika célja, a fotórealisztikus megjelenítés követelményei. A sugársűrűség. Fényforrásmodellek. Anyagmodellek: BRDF. Optikailag sima anyagok, geometriai optika visszaverődési és törési törvénye, Fresnel egyenletek. Rücskös felületek, diffúz és csillanó felület. Irány és pont fényforrás. Színek fogalma, színillesztés.

Sugárkövetés

Láthatósági probléma megoldása, sugár-felület metszése. Felületek normálvektora, árnyékszámítás. Rekurzív sugárkövetés: visszaverődés és törés. A sugárkövetés OOP modellje. Implementáció CPU-n és GPU-n. Térpartícionáló adatszerkezetek: befoglaló térfogat, reguláris háló, oktális fa, kd-fa. Az RTX hardver. Globális illumináció: árnyalási egyenleg és megoldása Monte Carlo módszerrel.

3D inkrementális képszintézis

A 3D képszintézis csővezeték. Felületek tesszellációja. Modellezési transzformáció. Nézeti transzformáció perspektív vetítés esetén. Vágás homogén koordinátákban. Takarási probléma képernyő koordináta rendszerben, z-buffer algoritmus. Gouraud és Phong árnyalás. Textúra leképzés. OpenGL és a grafikus hardver 3D grafikai alkalmazása. 3D grafikus rendszerek szoftverarchitektúrája.

Számítógépes animáció

Mozgás definíciója. Valószerű mozgás. Key-frame animáció. Mechanikai alapok pontszerű testekre. Diszkrét idő szimuláció. Ütközésdetektálás és ütközésválasz. Karakter animáció. Inverz kinematika.

Számítógépes játékok

Virtuális valóság rendszerek és játékok felépítése. Az avatár. Játék motor. Plakátok, részecske rendszerek. A játékok fizikája. Terepmodellezés. Karakterek mozgása.

Fraktálok és káosz

Az euklideszi geometria korlátai. Hausdorff dimenzió önhasonló és nem önhasonló objektumokra. Kaotikus dinamikus rendszerek, pszeudo-véletlenszám generátor. Egyszerű leképzések attraktora, stabilitás. Attraktor előállítása iterációval és inverz iterációval. Többértékű leképzések kezelése véletlen bolyongással. IFS. GPU geometriai árnyalója.

Orvosi képalkotás és vizualizáció

Térfogati modellek és megjelenítésük. Fényelnyelődés és szóródás volumetrikus közegben. Előre- és visszalépő sugármasírozás. Transzferfüggvények. Izofelület megjelenítése. Szintvonal és szintfelület

létrehozása: masírozó kockák. Abszorpciós és emissziós tomográfia. Rekonstrukciós módszerek: visszavetítés, FBP, algebrai rekonstrukció, ML-EM módszer.
GPGPU: A GPU általános célú alkalmazása
GPGPU módszerek az inkrementális képszintézis csővezetékkel. Képfeldolgozási alkalmazások. CUDA: Két vektor összeadása, diffúziós egyenlet megoldása. Differenciálegyenletek numerikus megoldásai: Euler-i és Lagrange-i megközelítés. Folyadékáramlás szimulációja. N-test probléma, molekuláris dokkolás.

Mesterséges intelligencia
(VIMIAC16, 5. szemeszter, 3/0/1/v/5 kredit, MIT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy fő célkitűzése a mesterséges intelligencia alapfogalmainak és főbb területeinek átfogó bemutatása. A hallgatók elsőként az intelligens viselkedés összetevőivel, majd annak számítási modellekkel való kifejezésével ismerkednek meg. Ezt követi a mesterséges intelligencia formális és heurisztikus módszereinek áttekintése, kiindulva a problématérben való kereséstől, a tudásreprezentáción és következtetésen át, a tanulás különböző módokon történő megvalósításáig. A gyakorlatban alkalmazott módszereket és ezek alkalmazási feltételeit, korlátait laborgyakorlatok keretében ismerik meg a hallgatók.
2. A tantárgy tematikája
Mesterséges intelligencia (MI) előzményei, korszakai, főbb mérföldkövei. Az intelligencia meghatározása, intelligens viselkedés mérnöki megközelítése. Hol tart most az MI, melyek a már megoldott problémák, és melyek jelenleg a legfőbb kihívásai.
Az MI etikai, jogi, társadalmi kérdései. Milyen változásokat eredményezett és fog eredményezni az MI az emberek életében? Mérnökként milyen etikai elveket kell szem előtt tartani MI rendszerek tervezése során? Az emberközpontú MI paradigma lényege.
Intelligens rendszerek tervezése: az ágens definíciója, komponensei, környezetek, architektúra és megvalósítás. Keresési tér és az alapvető ágenstípusok kapcsolata. Ágensek belső felépítése, viselkedése. Problémamegoldás kereséssel: az intelligens rendszerek átfogó algoritmusai, alapvető matematikai absztrakciói. Nem informált keresési algoritmusok.
Informált keresési algoritmusok, heurisztikák. Keresés komplex környezetekben. Hogyan kell az eddig megismert algoritmusokat kreatívan alkalmazni az intelligens viselkedés megvalósításához. Kényszerkielégítési problémák (CSP). A kényszer fogalma, kényszerek terjesztése. Általános heurisztikák, kényszergráf felhasználása. Gyakori CSP alkalmazások.
Keresés ellenséges környezetben. Optimális döntések két vagy többszemélyes játékokban, játékelméleti alapok. Minimax algoritmus és kiterjesztései. Véletlen elemet tartalmazó játékok. Az MI módszerek fejlődése a játékproblémák megoldása által.
Tudás, mint az intelligencia alapvető komponense. Tudás formalizálása logikával. Logikai operátorok, következtetés, bizonyítás. Ítéletlogika és elsőrendű logika kifejező ereje, tulajdonságai.
Tudásmérnökség, ágensek logikai leírása. Problémamegoldás logikai következtetéssel. Előrefelé láncolás, hátrafelé láncolás, rezolúció. Tervkészítési módszerek, gyakorlati alkalmazások. Fogalomtárak, leíró logikák, szemantikus módszerek.
Hiányos, bizonytalan és változó tudás: bizonytalanság kezelése a valószínűségszámítás eszköztárával. Bayes-szabály, bayesi frissítés. Bizonytalan tudás reprezentációja valószínűségi hálókkal.
Bayes-hálók tulajdonságai. Bayes-hálók konstrukciója, a struktúra és a paraméterezés szerepe. Naiv Bayes-hálók és alkalmazásaik. Valószínűségi következtetés Bayes-hálókban egzakt és közelítő módszerekkel.
Racionalitás és hasznosság alapfogalmai. Intelligencia, mint a racionális döntés képessége. Hasznosságfüggvények és tulajdonságaik. Döntési hálók.
Szekvenciális döntések kérdései. Markov döntési folyamatok (MDF), Bellman-egyenlet. Módszerek teljesen és részlegesen megfigyelhető Markov döntési folyamatok megoldására. MDF kapcsolata a megerősítéses tanulással.

Tanulás, mint az intelligencia alapvető mechanizmusa. A gépi tanulás alapfogalmai. A gépi tanulás fő ágai: felügyelt tanulás, nem felügyelt tanulás, megerősítéses tanulás. A felügyelt tanulás folyamata, modellek minősítése, jósági mutatók.
Induktív tanulás fogalma, induktív következtetés. Hipotézistér, konzisztens hipotézis, Ockham borotvája. Bias – variancia kompromisszum, alulilleszkedés, túlilleszkedés. A statisztikai tanulás alapjai.
Optimalizációs technikák, gradient descent, stochastic gradient descent, genetikus algoritmusok.
Felügyelt tanulási módszerek. Regressziós és osztályozási feladatok. Naiv Bayes-osztályozó. Regressziós modellek, egyváltozós és többváltozós lineáris regresszió, logisztikus regresszió. Regularizációs technikák.
Döntési fa tanulása, tulajdonságai. Döntési fa, mint logikai hipotézisek tanulásának eszköze. Entrópia és információnyereség alapú megközelítés döntési fáknál. Pruning és keresztvalidációs technikák.
Együttes tanulás (ensemble learning). Bagging, stacking, boosting technikák. Véletlen erdő (random forest), AdaBoost algoritmus, gradiens boosting.
Neurális hálók alapjai, perceptron modell. Mesterséges neurális hálók tulajdonságai, kifejező ereje, tanítása.
Mély neurális hálók alapjai. A fejlődést lehetővé tevő összetevők: algoritmus, architektúra és hardver. A mélytanulás által elért áttörés, gyakorlati alkalmazások.
Megerősítéses tanulás. A jutalom szerepe a tanulásban. Passzív megerősítéses tanulás, adaptív dinamikus programozás, időbeli különbség (TD) tanulás. Aktív megerősítéses tanulás. Q tanulás.
A gépi tanulás távlatai. Ember-gép döntéshozatal, machine teaching, mesterséges általános intelligencia.

IT biztonság

(VIHIAC07, 6. szemeszter, 3/0/1/v/5 kredit, HIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja, hogy növelje a mérnök-informatikus hallgatók biztonságtudatosságát, formálja a biztonsággal kapcsolatos szemléletüket, valamint felkészítse őket az IT biztonsággal kapcsolatos gyakorlati kihívásokra, és áttekintést adjon a gyakorlatban használt IT biztonsági megoldásokról. Ennek érdekében, a tantárgy bevezető szintű áttekintést nyújt az IT biztonság különböző területeiről, és leíró jelleggel bemutatja az egyes területek kihívásait és azok megoldásait. Néhány kiemelt területen (pl. szoftverbiztonság, webes rendszerek biztonsága, kriptográfia) gyakorlati feladatok megoldására is sor kerül laborkörnyezetben, így ezeken a területeken a tantárgy az előadásokon elhangzott módszerek megértésén túl, azok alkalmazását is célul tűzi ki. A tantárgy további célja, hogy alapozást nyújtson azon hallgatók számára, akik IT biztonsággal kapcsolatos ismereteiket az MSc program keretében szeretnék majd elmélyíteni.

2. A tantárgy tematikája

IT biztonsággal kapcsolatos alapfogalmak, az IT biztonság kockázat alapú megközelítése: alapvető biztonsági célok (CIA, AAA); támadó modellek, sérülékenységek, biztonsági mechanizmusok áttekintése; kockázatmenedzsment, security engineering és security operations folyamata; etikai kérdések az IT biztonságban.
A kriptográfia története: alapvető kriptográfiai fogalmak bevezetése történelmi példákon keresztül, egyúttal a kriptográfia története főbb mérföldköveinek bemutatása. Modern kriptográfiai algoritmusok: szimmetrikus és aszimmetrikus kulcsú rejtjelezés, hash függvények, üzenet hitelesítés, digitális aláírás, véletlenszám generálás, kulcscsere protokollok, PKI. Modern kriptográfiai alkalmazások áttekintése, a kriptográfiai rendszerek gyakorlati problémái.
Hitelesítés fogalma, módszerei, alkalmazása: a napjainkban használt tudás-, birtok- és tulajdonságalapú hitelesítési módszerek bemutatása. Ezek működési elvei, előnyei és hátrányai. Lehetséges támadások az egyes módszerekkel szemben, védekezés a támadások ellen. Két- és többfaktoros hitelesítés. Esettanulmányok. Néhány, hitelesítéssel kapcsolatos szabvány, keretrendszer és protokoll (pl. OpenID, Kerberos, FIDO) fogalmainak és működésének bemutatása. Engedélyezés fogalma, módszerei, alkalmazása: az engedélyezés célja, megközelítések. Néhány fontosabb, engedélyezéssel kapcsolatos

szabvány, keretrendszer és protokoll (pl. Oauth, SAML) fogalmainak és működésének bemutatása; példák mindennapjainkból, esettanulmányok.
A hozzáférés-szabályzás és kapcsolódó fogalmai. A hozzáférés-szabályzás általános modellje és két fő megközelítése: DAC, MAC. Engedélyezés és hozzáférés-szabályzás Linux alapú operációs rendszereken: felhasználók, csoportok, engedélybitek; POSIX ACL-ek, SELinux, AppArmor. Engedélyezés és hozzáférés-szabályzás Windows operációs rendszereken: felhasználók, csoportok, fájlrendszer- és megosztásszintű engedélyek.
Szoftverekkel kapcsolatos biztonsági kihívások: a tervezés, fejlesztés, tesztelés és üzemeltetés során felmerülő lehetséges problémák és azok megoldásai. Az alkalmazás fejlesztési folyamat lépései során megjelenő biztonsági kihívások bemutatása; a tervezés biztonsági kihívásai; szoftverek biztonsági elemzése és tesztelése (code review, architekturális kockázatelemzés, software penetration testing, fuzzing), néhány tesztelést segítő eszköz bemutatása. Implementációs kihívások alacsony szintű programozási nyelvek esetén: memória korrupciós hibák oka és kihasználása (a programozási hibákból származó biztonsági problémák típusai, a hibákat kihasználó exploit technikák működése, illusztratív példák, pl: buffer overflow, heap overflow, format string, ROP, stb.); a támadásokat megnehezítő védelmi megoldások bemutatása. Implementációs kihívások webes rendszerekben: az alkalmazásokra veszélyt jelentő kliens és szerver oldali támadások (SQL injection, XSS, CSRF, stb.) és a lehetséges védelmi megoldások (SOP, CSP, stb.) bemutatása.
Hálózatbiztonsági kihívások: tipikus hálózati támadás fázisai (felderítés, behatolás, backdoor telepítés, lateral movement és priviledge escalation, root-ra törés), az egyes fázisokban alkalmazott módszerek és eszközök; hálózatok biztonsági tesztelése (penetration testing, etikus hacking).
Hálózatbiztonsági megoldások: határvédelem tűzfalakkal, tűzfalak típusai, működésük, tipikus konfigurációs beállítások, és tipikus hibák; behatolás detektáló és SIEM rendszerek fajtái, működésük, virtuális magánhálózatok.
Kártékony programok (malware) fogalma, működése: Rosszindulatú szoftverek típusai (vírusok, férgek, trójaiak, stb.), működésük, terjedési és rejtőzködési technikák (rootkit-ek), alkalmazások (kiberbűnözés, botnetek, célzott támadások). Kártékony programok detekciója.
IT rendszerek biztonságának üzemeltetési kérdéssei: Sérülékenységek menedzsmentje, frissítés, back-up. Biztonsági incidensek kezelése: malware fertőzések detektálása, malware alapú incidensek kezelése, logelemzés, memória és disk forensics alapjai.
Személyes adatok védelme (privacy): Adatvédelem (privacy) és a személyes adat fogalma, motivációs példák. Webes nyomonkövetési technikák (pl. browser fingerprinting, third party cookie-k). Anonim kommunikációs rendszerek működése, alkalmazási területek. Query auditing. Anonimizáció, pszichológiai profilozás.
A gépi tanulás biztonsági kihívásai: Motivációs példák. CIA (confidentiality, integrity, availability) problémák a gépi tanulásban, gépi modellek auditálása, jogi háttér. Confidentiality: Modell inverzió, Membership támadás. Integrity: Támadó minták (evasion), tanulóadat szennyezése (targeted pollution). Availability: Sponge minták generálása, nem célzott szennyezés (untargeted pollution).
A biztonság és a privacy közgazdasági megközelítése: Egyéni és szervezeti gazdasági ösztönzők szerepe az információbiztonságban. Aszimmetrikus információ: kontraszelekció, erkölcsi kockázat, tragacspiac. Ösztönzők összehangolásának hiánya: példák, IT biztonsági eszközök és szolgáltatások piaca. Externáliák: biztonság mint externália, biztonsági keresztfüggések. Sérülékenységek gazdaságtana. Kiberbiztosítás. Privacy gazdasági kérdései, privacy keresztfüggések, példák: Facebook, Google, genom, lokáció, k-anonim rendszerek.

II.4 Kötelezően választható szakmai tantárgyak

A mérnökinformatikus alapszak mintatantervének teljesítéséhez 5 db kötelezően választható szakmai tantárgy kreditjét kell megszereznie a hallgatóknak. Ezek a tantárgyak egy 11 elemű listából választhatók ki:

Tantárgy-kód	Tantárgynév	Típus	Tanszék	Szemeszter	
				őszi	tavaszi
VIAUAD02	Mobil és webes szoftverek	online	AUT	2/0/2/f/5	
VIEEAD00	IT eszközök technológiája	online	EET		2/1/1/f/5
VIETAD00	Intelligens gyártás	jelenléti	ETT		2/0/2/f/5
VIHIAD00	Kvantuminformatikai alkalmazások	jelenléti	HIT	2/2/0/f/5	
VIHVAD00	Rendszerelmélet	jelenléti	HVT	2/0/2/f/5	
VIIIAD01	Képfeldolgozás	jelenléti	IIT	2/2/0/f/5	
VIMIAD03	Rendszermodellezés	jelenléti	MIT		2/0/2/f/5
VIMIAD04	Beágyazott információs rendszerek	jelenléti	MIT		2/0/2/f/5
VISZAD01	Deklaratív programozás	jelenléti	SZIT	2/2/0/f/5	
VITMAD01	Információs rendszerek üzemeltetése	jelenléti	TMIT		2/0/2/f/5
VITMAD02	Beszédinformációs rendszerek	jelenléti	TMIT	2/0/2/f/5	

A tantárgyak egy része az őszi, másik része a tavaszi félévben kerül felkínálásra. A hallgatóknak figyelembe kell venniük, hogy bármilyen kombináció a rendelkezésre álló 3 félév alatt nem állítható össze.

Tantárgyfelvételi szabályok (ld. előtanulmányi rend):

1. 5 db tantárgy teljesítése szükséges az abszolutórium ellenőrzésnél ebből a tantárgyblokkból.
2. A tantárgyak a megadott félévekben indulnak (őszi, tavaszi), ezt a hallgatónak figyelembe kell vennie a kiválasztásnál.
3. A tantárgyak egy része jelenléti, másik része online formában kerül felkínálásra.
4. A tantárgyak az alábbi táblázatban megadott előtanulmányi feltételek teljesülése esetén vehetők fel a hallgatók számára. 2 db tantárgy felvételére nincs előtanulmányi feltétel, 4 db tantárgy csak a megadott mintatantervi tantárgyak kreditjeinek megszerzését követően, 5 db tantárgy pedig kizárólag már specializációra/ágazatra besorolt hallgatók által vehető fel.
5. A kötelezően választható tantárgyak számára minden félévben a mintatantervben való előfordulásuk mértékéig biztosított az ütközésmentes felvételük lehetősége (5. szemeszterben 2 db, 6. szemeszerben 2 db, 7. szemeszterben 1 db). A mintatantervtől eltérő számú kötelezően választható szakmai tantárgy felvétele, illetve ezek tetszőleges kombinációban történő választásához az ütközésmentesség nem garantált. A hallgatóknak előre, megfelelő időben (félévben) kell megtervezniük az egyes tantárgyak kiválasztását és felvételét az órarendi adatok függvényében.
6. A mobilitási ablak félévében a tanulmányaikat külföldön teljesítő hallgatók az ebben a félévben teljesítendő szakmai kötelezően választható tantárgyat vagy megfelelő kiváltó tantárggyal, vagy online módon teljesíthetik (az eleve online típusú tantárgyak mellett az őszi féléves kötelezően választható tantárgyak teljesíthetők online is – a Beszédinformációs rendszerek c. tantárgy kivételével – az oktatóval a félév indulása előtt történt előzetes egyeztetést követően).

Tantárgy-kód	Tantárgynév	Felvétel előfeltétele (előfeltétel féléve)						Indítás féléve	
		Analízis 2	Villamos alapismeretek	Valószínűségszámítás és statisztika	Algoritmuselmélet	Digitális technika	Specializáció (1. mérföldkő)	Őszi	Tavaszi
		(2)	(1)	(3)	(2)	(1)	(4)		
VIAUAD02	Mobil és webes szoftverek						•	X	
VIEEAD00	IT eszközök technológiája		•			•			X
VIETAD00	Intelligens gyártás								X
VIHIAD00	Kvantuminformatikai alkalmazások				•			X	
VIHVAD00	Rendszerelmélet	•	•					X	
VIIIAD01	Képfeldolgozás						•	X	
VIMIAD03	Rendszermodellezés						•		X
VIMIAD04	Beágyazott információs rendszerek						•		X
VISZAD01	Deklaratív programozás						•	X	
VITMAD01	Információs rendszerek üzemeltetése								X
VITMAD02	Beszédinformációs rendszerek			•				X	

(A „•” szimbólumokkal jelzett tantárgyak kreditjeinek megszerzése, illetve a specializációra történt besorolás előtanulmányi feltételét képezi az adott tantárgy felvehetőségének. Az „X” jelek a tantárgyak indítási félévét mutatják.)

Mobil és webes szoftverek

(VIAUAD02, 5. vagy 7. szemeszter, 2/0/2/f/5 kredit, AUT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja a hallgatók bevezetése a mobil- és webes szoftverek világába. A tantárgy keretében a hallgatók megismerkednek a mobil eszközökre történő szoftverfejlesztés alapjaival. Tapasztalatot szereznek a különféle mobil platformok világából, valamint a platformokra való szoftverfejlesztéshez szükséges eszközökről. Megismerik a mobil eszközökre való fejlesztés sajátosságait, ergonómiai kérdéseit és a fejlesztés során alkalmazható legjobb gyakorlatokat. További kitűzött cél a korszerű webes technológiák alapjainak elsajátítása, megismerkedhetnek a webes fejlesztés sajátosságaival, valamint az egyedi oldalak készítésével.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés. Webes és mobilos kliensek a korszerű szoftver rendszerek architektúrájában. Mobil készülékek általános jellemzői. Újszerű mobil készülékek speciális hardverei. Mobil platformok áttekintése. Mobil szoftverfejlesztés fogalma: a PC-s fejlesztéstől eltérő szemléletmód. A mobil piac szereplőinek jellemzése. Mobil hálózatok fejlődése.

Szoftverfejlesztési eszközök mobil készülékekre általánosságban: programozási nyelvek, kódkönyvtárak, fejlesztőeszközök (SDK, Emulátor). Az Android platform alapjainak bemutatása. Projekt elemeinek ismertetése. Fordítás mechanizmusa.

Modern mobil alkalmazások életciklusa az Android szemszögéből. Android alkalmazás komponensek és ezek szerepe, valamint tipikus használati esetek. Több képernyős alkalmazások tervezése és megvalósítása. Általános állapot mentés életciklus váltás kezelésére.
Mobil alkalmazások felhasználói felületének tervezése és megvalósítása. Felhasználói felülettel kapcsolatos erőforrások bemutatása, erőforrás minősítők. Elrendezések és nézetek kezelése.
Perzisztens adattárolás elveinek bemutatása mobil környezetben. Kulcs-érték alapú adattárolási lehetőségek. Relációs adatkezelés, adat szűrés, keresés és rendezés. Állománykezelés.
Mobil platformokon támogatott rövid és hosszú távú hálózati kommunikációs technológiák használata. Aszinkron hálózati műveletek kezelése, szálkezelés. CÍM kapcsolatok kezelése. Felhasználói felület értesítése aszinkron végrehajtás esetén.
Helymeghatározás mobil környezetben. Műholdas és hálózati alapú helymeghatározási technikák, előnyök, hátrányok. Térkép kezelési alapelvek.
Bevezetés a webes technológiák világába. Kliens-szerver architektúra CÍM alapokon (session, cookie, stb.). Dinamikus web koncepció ismertetése. A HTML nyelv ismertetése, a nyelv elemei és gyakran használt kapcsolódó eszközök bemutatása. Fejlesztői környezet bemutatása.
A CSS stílus leíró nyelv bemutatása és alkalmazhatósága. Saját osztályok definiálása. CSS kiegészítő megoldások. Flexbox, Bootstrap, SCSS.
A JavaScript nyelv alapjainak bemutatása, Form-ok használata, validáció. Fejlett JavaScript könyvtárak ismertetése.
A karbantartható JavaScript forráskód készítésének legjobb gyakorlatai. A HTML DOM ismertetése, gyakran használt HTML és JavaScript megoldások áttekintése.
Dinamikus web tartalmak létrehozása. A jQuery alapjainak bemutatása. Mobil Web; előnyök, hátrányok és lehetőségek.
Dinamikus webes felületek kialakításának eszközei, az AJAX lehetőségei. A REST kommunikáció alapjai és alkalmazási területei, a JSON formátum tipikus felhasználási területei, cross-domain policy.

IT eszközök technológiája

(VIEEAD00, 6. szemeszter, 2/1/1/f/5 kredit, EET)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célkitűzése, hogy megismertesse a hallgatókat az IT eszközök legfontosabb hardware elemeinek működésével, ezen elemek elektronikai alapjaival és megvalósításuk technológiáinak alapjaival. Cél továbbá annak bemutatása, hogy a modern mikroelektronika milyen lehetőségeket biztosít a számítástechnika számára, melyek a fizikai megvalósítás korlátjai, és mik a fejlődés trendjei. A tantárgy további célja az, hogy az informatikus hallgatók megértsék, és a laboratóriumi gyakorlatokon maguk is tapasztalják, hogy a hardver- és szoftverfejlesztés hasonló elvek és eszközök segítségével történik.

2. A tantárgy tematikája

Rövid bevezetés, az IT eszközök tervezésének absztrakciós szintjei, az alkalmazott technológiák rövid összefoglalása. Példák: tablet felépítése, alkatrészei, érzékelői, szereléstechnológiája. A modern IT eszközökben felhasznált integrált áramkörök, fejlődési tendenciák, roadmap-ek. VLSI alapfogalmak.
A félvezetők alaptulajdonságai, a MOS tranzisztor felépítése. A MOS tranzisztor, mint kapcsoló eszköz működése. A digitális logika megvalósítása logikai áramkörökkel. A statikus CMOS logika: inverter, alapkapuk. Kapukésleltetés és fogyasztás.
Mikroprocesszorok és a kapcsolódó logika fizikai megvalósítása. Kombinációs és szekvenciális hálózatok áramköri megvalósítása, tárolók. Az adatút elemei. Nagysebességű digitális rendszerekben alkalmazott elrendezések.
Digitális (IC) rendszertervezés. A digitális tervezés folyamata. Hardver leíró nyelvek. Szimuláció: rendszerszintű, logikai és áramköri szimuláció. Rendszertervezés és verifikáció HDL segítségével. Magas szintű, logikai és layout szintézis. A hard és szoft IP.
Az operatív és a cache memória technológiája. Statikus RAM memória cella, működése. Több portos SRAM, regisztertömb áramköri megvalósítása. Dinamikus RAM memóriák technológiája, a cella

működése. Tartalommal címezhető memória. ROM memóriák technológiája. A NAND és NOR típusú elrendezés. Flash EEPROM elemi cellája, működése és technológiája.
A be- és kimenet. Az ESD védelem. Buszok meghajtása. Órajel generálás és elosztás. IT eszközök tápellátása. Egyenirányítás, DC-DC átalakítás, feszültségstabilizálás. Az akkumulátoros üzem, akkumulátorok jellemzői.
ASIC áramkörök, system on a chip. ASIC áramkörök alaptulajdonságai. Semi-custom ASIC, gate-array, standard cellás áramkörök, cella bázisú ASIC. Programozható logikai eszközök. FPGA-k felépítése és tulajdonságai.
Asztali és mobil számítástechnikában használt érzékelők: hőmérséklet, elmozdulás, gyorsulás, érintés érzékelése. Integrált érzékelők, CMOS képérzékelő. Integrált érzékelő gyártástechnológiája, a MEMS.
Megjelenítő eszközök és vezérlésük. TFT, a háttérmegvilágítás megvalósítása, fényemittáló és lézerdióda. Érintőképernyők technológiája
AD/DA átalakítás. Mintavételezés. Ideális és valós konverterek, az A/D és D/A konverterek főbb tulajdonságai, használatuk, tulajdonságaik. Főbb A/D és D/A konverter architektúrák tulajdonságai.
Modern IT eszközök teljesítmény és hőmérsékleti problémái. A hőellenállás és a hőkapacitás. Passzív és kényszerített hűtési technológiák. A fogyasztáscsökkentés rendszer szintű megvalósítása. Szerverek és adatközpontok termikus problémái.
Az elektronikai technológia alapjai. Nyomtatott huzalozású lemez, passzív és aktív alkatrészek tokozása, értékkészlete, alapvető tulajdonságai.
A modern CMOS technológia. Skálázási problémák. Trendek és új megoldások a mikroelektronikában. Kitekintés a nanoelektronika felé.

Intelligens gyártás

(VIETAD00, 6. szemeszter, 2/0/2/f/5 kredit, ETT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja, hogy a hallgatók megismerjék az információtechnológiákkal támogatott, intelligens gyártás alapjait, az abban megjelenő koncepciók (pl. Ipar 4.0, IioT) és technológiák alapelveit. A tantárgy célja áttekintést adni az intelligens gyártás trendjeiről, az intelligens döntéshozatalt lehetővé tevő, alkalmazott szenzorrendszerekről, a statisztikai adatgyűjtés- kiértékelés- és folyamatszabályzás alapelveiről. A tantárgy megismerteti továbbá a hallgatókkal a vállalti információs rendszerek, vállalati folyamatok, és vállalatirányítási rendszerek architektúrájának alapjait. A tantárgy azon gyártástechnológiai, matematikai-statisztikai és vállalati információtechnológiai ismereteket foglalja össze, amelyek a végzett hallgatók számára előnyösek a hardverek, elektronikai részegységek intelligens gyártásával kapcsolatos alapvető tájékozottsághoz, az Ipar 4.0 világában való eligazodáshoz, és az erre a területre specializálódott ipari szakemberekkel és kutatókkal való együttműködéshez.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés: az információtechnológiákkal támogatott gyártóipar áttekintése, a hazai és nemzetközi elektronikai ipar helyzete.
Hardver prototípusok, tervezői eszközök; additív-, 3D technológiák, rapid prototipizálás, additív gyártástechnológiák anyagai, egyszerűbb additív gyártási folyamatok (pl. fotopolimerizáció, szálolvasztásos építés); CAD rendszerek, tervezési munkafolyamatok, 3D tervezés és kapcsolódó file-formátumok.
Elektronikus készülékek építőelemei: elektronikus alkatrészek típusai, nyomtatott áramköri lemezek felépítése, többrétegű nyomtatott huzalozású lemezek konstrukciója általános és nagyfrekvenciás alkalmazásokhoz, elektronikai szereléstechnológiák.
Alkalmazott szenzorika, szenzor rendszertechnika, mérendő/mérhető mennyiségek, szenzorok osztályozása, tipikus alkalmazási példák, szenzorok elhelyezkedése a gyártásban.
Adatgyűjtés, szenzorok illesztése, digitális buszok, adatgyűjtő eszközök, vezetékes-, vezeték nélküli összeköttetések; a hőmérsékletmérés esettanulmánya hardver és szoftver oldalról, gyártási környezetben

Minőségügyi rendszerek kialakulása, ISO 9000 szerinti minőségbiztosítás, teljes körű minőségbiztosítási rendszerek, minőségbiztosítási technikák, Quality 4.0 és jövőbeni minőségbiztosítási alapelvek.
A minőségügy statisztikai-matematikai alapjai, valószínűségi eloszlások alkalmazása a minőségügyben, az ingadozás paraméterei, nagyszámok törvényei, statisztikai szoftverek, statisztikai adatok grafikai reprezentációi.
Statisztikai mintavételezés alapjai és a mintavételes ellenőrzés, az AQL (Acceptable Quality Level) módszer és alkalmazásai. Statisztikai mintaértékelés és becsléselmélet, mintavételezés becslésének pontossága, hipotézis vizsgálatok, összefüggőség vizsgálatok.
A statisztikai folyamatszabályzás alapjai, folyamatparaméterek és szabályozókártyák, döntési algoritmusok, gép- és folyamatképesség indexek és a minőségkapacitás.
Vállalati információs rendszerek; tipikus architektúramodulok, terhelésmegosztási modellek, főbb támogatott vállalati folyamatok.
Termelésinformatikai-, vállalatirányítási rendszerek és azok kapcsolata, átfogó modellek, adatmodellek.
Termelési folyamatok modellezése, termelési folyamatok időgazdálkodása: rendelkezésre álló munkaidő és időráfordítások Gépek, berendezések fogalma, a gépek, berendezések elrendezései és ezek alapelvei.
Termelés, termelési modellek, termelési stratégia, hosszútávú termeléstervezés, középtávú termeléstervezés, termékcsalád tervezés, középtávú termeléstervezés optimalizálása, a tervezés számítógépes támogatása.
Műveletterv, műveletek, az előkalkuláció célja és az utókalkuláció jelentősége. A termelés-végrehajtás, a finomprogramozás jellemzői és algoritmusai: ütemezés egy és több gépre.
Ipar 4.0, hardver gyártástechnológia, „okos” gyártás – gépi tanulás módszerek alapjai a hardver elektronikai gyártásához kapcsolódóan; gép-gép kapcsolat, kiterjesztett ember-gép kommunikációs felület eszközök a gyártósori gépek ellenőrzésére, karbantartására, optimalizálására; kitekintés a jövő iparára.

Kvantuminformatikai alkalmazások

(VIHIAD00, 5. vagy 7. szemeszter, 2/2/0/f/5 kredit, HIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja kvantuminformatikai ismeretek átadása a hallgatók számára. A kvantuminformatika eszköztárának köszönhetően számos olyan alkalmazást készíthetünk el, amely a hagyományos informatikai algoritmusokhoz képest jóval gyorsabban állítja elő a megoldásokat. Ilyen alkalmazások például a nyilvános kulcsú titkosítás feltörése, a rendezetlen adatbázisban való gyors keresés. Ráadásul a kvantuminformatika a klasszikus világban szokatlan kommunikációs protokollokat is kínál (pl. szupersűrű tömörítés, teleportálás).
A tantárgy célja elmagyarázni a kvantumáramkörök alapjait és több kvantuminformatikai algoritmust, valamint megvilágítani kvantuminformatika fontosságát és alkalmazhatóságának sokszínűségét.

2. A tantárgy tematikája

A kvantuminformatika motivációja. A Moore-törvény korlátja és a kvantummechanika kapcsolata. A kvantum informatika alkalmazásának lehetőségei. A kvantummechanika rövid története.
Kvantuminformatika posztulátumai: kvantumbit, műveletek, mérés, regiszter
Összefonódás (entanglement) és hatásai. Bell-állapotok. EPR-paradoxon.
Mérés: kapcsolat a kvantum és a klasszikus világ között. Mérési technikák: projektív mérés. Kapcsolat a különböző mérések között.
A kvantuminterferométer általános leírása. Másolás kvantumvilágban (No Cloning Theorem).
Tetszőleges kvantumbit előállítása alap kvantumkapuk segítségével. Szupersűrűségű tömörítés. Teleportálás.
Kvantum alapú kulcsszétosztás. A BB84 protokoll működése és megvalósítása. A B92 protokoll működése. Második generációs QKD.
Kvantuminformatikai rendszerek építőelemei

A kvantum párhuzamosság alapjai. A Deutsch-Jozsa-algoritmus leírása. Kvantum Fourier-transzformáció alapja.
Fázisbecslés. A Shor-algoritmus áttekintése.
Hatékony keresés rendezetlen adatbázisban: a Grover-algoritmus.
Kvantumszámítógépek működései elvei: különböző fizikai megvalósítások áttekintése
Kvantuminternet megvalósításának kérdései. Megbízható és nem megbízható csomópontok. Kvantum-jelismétlők (repeaterek).
A szabadtéri kulcsszétosztás technológiai kihívásai. Űrkvantumkommunikáció: kvantumkommunikáció műholdas rendszereken.

Rendszerelmélet
(VIHVAD00, 5. vagy 7. szemeszter, 2/0/2/f/5 kredit, HVT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja, hogy a hallgatót megismertesse a jelek leírásának legfontosabb fogalmaival, összefüggéseivel és matematikai eszköztárával. A tananyag gerincét a folytonos és diszkrét idejű, lineáris, időinvariáns rendszerek analízise alkotja, amelynek módszereit az idő-, a frekvencia- és a komplex frekvencia-tartományban tárgyaljuk. A matematikai leírás után részletezzük a digitális jelfeldolgozás néhány fontos módszerét, a mintavételezést, szűrést, jelalak visszaállítást. A félév végén bemutatjuk a szoftver rádió (Software Defined Radio – SDR) felépítését és programozásának alapjait.
A tantárgy jelentős mértékben fejleszti a modellalkotási és problémamegoldó készséget valós mérnöki problémák modelljeinek bemutatásával és azok megoldásával. Ezek a területek a képfeldolgozás, hang-, és képtömörítés, távközlési, szoftver rádió rendszerek, mely területek tárgyalása elmélyíti az informatikus hallgatók szakmai tantárgyait, így a Számítógépes grafika, Kommunikációs hálózatok és további távközlési, orvosbiológiai irányú szakirányokon tanultakat.
2. A tantárgy tematikája
Alapfogalmak: a jel, a rendszer, a hálózat fogalma; irányítás, vezérlés és szabályozás fogalma. Jelek osztályozása. diszkrét és folytonos idejű ill. értékű jelek. Műveletek diszkrét idejű és folytonos idejű jeleken. Rendszerek osztályozása: SISO, MISO, SIMO, MIMO rendszerek; lineáris és nemlineáris rendszerek; idő invariáns és idővariáns rendszerek; kauzális és akauzális rendszerek; memóriás és memória mentes rendszerek; determinisztikus és sztochasztikus rendszerek.
Hálózatok. Analízis időtartományban. Az impulzusválasz, ugrásválasz fogalma és kapcsolata. A lineáris rendszer válaszának kifejezése. Konvolúció. (FI és DI rendszerek).
A rendszer állapotváltozós leírása, az állapotegyenlet megoldása az idő-tartományban (mátrixfüggvények) (FI és DI rendszerek) A rendszer válaszának összetevőkre bontása, sajátértékek, gerjesztés-válasz kapcsolat.
Szinuszos jelek leírása. Stabil rendszerek állandósult állapota harmonikus gerjesztés mellett. Átviteli tényező meghatározása.
Periodikus jelek Fourier-sora. Lineáris rendszerek periodikus válasza.
Általános jel spektruma, a Fourier-transzformáció. Sávkorlátozott és időkorlátozott jelek.
Ablakozás. A válasz jel spektruma. Torzítatlan jelátvitel, sávszélesség feltétel.
Jelek leírása a komplex frekvencia-tartományban, a Laplace-transzformáció.
Inverz Laplace-transzformáció. FI rendszer átviteli függvény.
Jelek leírása a komplex frekvencia-tartományban, a z-transzformáció.
Inverz z-transzformáció. DI rendszer átviteli függvénye.
Kapcsolatok folytonos idejű és diszkrét idejű jelek és rendszerek között. Szimuláció, impulzus válasz, átviteli függvény. Shannon-féle mintavételi törvény. Mintavétel, tartás idő és frekvenciatartományban.
Rendszer állapotváltozós és jelfolyam hálózati leírása, válaszának megadása a komplex frekvenciatartományban. Bode, Nyquist diagram. Stabilitás. Stabilitásvizsgálati módszerek.
Nyílt és zárt szabályozó körök. Hatásvázlat műveletek, helyettesítő átalakítások.

Értéktartó, követő szabályozások. A negatív visszacsatolás szerepe. Ideális alaptagok (arányos, integráló, kétszeresen integráló, differenciáló, holtidős tag) jellemzői: impulzus-, ugrásválaszuk, Nyquist, Bode diagramjuk. Szabályozási rendszerek alapjai: zárt és felnyitott kör, körerősítés, típusszám. Erősítés és fázistartalék. PID szabályozó.
Szűrők. FIR, IIR szűrőstruktúrák. Szűrőtervezés.
Szoftver rádió (SDR) hardver elemeinek bemutatása, programozása. Egyszerű moduláció és demoduláció (AM, FM, 4QAM) megvalósítása szoftver rádióval.

Képfeldolgozás

(VIIIAD01, 5. vagy 7. szemeszter, 2/2/0/f/5 kredit, IIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A kép jellegű információ feldolgozásának igénye az elmúlt évtizedekben rohamosan növekszik. Példaként említhető az ipari cím, játék- és szórakoztatóipar, a korszerű képalkotó diagnosztikai eszközök, újabban pedig az autonóm járművek fejlesztése és a terrorizmus elleni küzdelem. A tantárgy célja, hogy megismertesse a hallgatókat a képek számítógépes feldolgozásának, objektumok felismerésének, összehasonlító elemzésének elméletével és gyakorlatával. A tantárgyban tanultak alapján a hallgatók képesek lesznek a gépi látás alapjainak (a képek rögzítésének, tárolásának, feldolgozásának) alkalmazására, vagy akár bonyolultabb képfeldolgozási feladatok megoldására, fejlesztői tevékenység végzésére.

2. A tantárgy tematikája

A képfeldolgozás alapfogalmai. Az emberi látás, és a megjelenítés összefüggései. Egyszerű képfeldolgozási példák bemutatása. A kép, mint 2D folytonos és diszkrét függvény.
Képalkotás módszerei és eszközei: CCD, PSD, CT, LiDAR. Camera obscura és valós kamera belső és külső paraméterei és tipikus felépítése. Homogén lineáris transzformációk.
Harmonikus bázisfüggvények. Fourier transzformáció. Mintavételezés és rekonstrukció. A fényspektrum és a szín, színrendszerek alapjai. Kvantálás és dither.
Alacsony szintű képfeldolgozás: Hisztogram műveletek, lineáris szűrés tér és frekvencia tartományban. Szeparábilitás. Nem lineáris, statisztikai szűrők: medián és változatai. Éltartás, bilaterális szűrők.
Szegmentálás. Hasonlóságon alapuló szegmentálás, régió alapú módszerek. Élek detektálása. Első és második deriváltak: gradiens és Hesse mátrix. Sobel, Prewitt, Canny algoritmus. Hough transzformáció egyenesre és körre.
Mozgás alapú szegmentálás, előtér és háttér szétválasztás. Mozgáskövetés, optikai áramlás.
Sztereó látás, epipoláris geometria. Képillesztések, korrelációs technikák. Mozgásalapú sztereó.
Matematikai morfológia. Mérések bináris képeken, pozíció, orientáció, hossz, számosság. Szomszédosság. Csontvázasítás.
A mesterséges intelligencia alapjai. Számítógépes látás nehézségei, alapproblémák. Felügyelt tanulás, perceptron, gradiens módszer, backpropagation. Többrétegű hálók, batch normalization.
Konvolúciós neurális hálók felépítése, architektúrák: inception, resnet. Szemantikus szegmentálás, detekció megoldása. Szekvenciák feldolgozása, visszacsatolt elemek.
Intelligens látás nehézségei, ellenséges példák, reprezentáció tanulás. Tanulási formák kombinálása, képgenerálás, predikció, kíváncsiság.
Orvosi képalkotás eszközei, Röntgen, CT, PET, MRI. Feldolgozás módszerei és alkalmazásai, regisztráció. Mozgásanalízis
Távérzékelés alapfogalmai, testek mint sugárforrások. Felszínborítás azonosítása. Űrtávérzékelés alapjai és módszerei.
Képfeldolgozás alkalmazása a térinformatikában, adatnyerés, helymeghatározás, Példa: zöldnövényzet állapotvizsgálata képfeldolgozással.

Rendszermodellezés

(VIMIAD03, 6. szemeszter, 2/0/2/f/5 kredit, MIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célkitűzése, hogy bemutassa a komplex informatikai rendszerek modern modellezési, tervezési módszertanait és eszközkészletét. Napjaink kritikus, beágyazott informatikai rendszereinek nagy részét szoftverek segítségével valósítjuk meg, amelyek tervezésekor azonban figyelembe kell venni a rendszer fizikai komponenseit és környezetét. Az ilyen komplex rendszerek tervezése tehát interdiszciplináris feladat, amelyben az informatikai aspektus a szoftverkomponenseken túl a tervezés támogatásában is megjelenik. A tantárgy az ehhez szükséges kompetenciákat alapozza meg a platformalapú rendszertervezési módszertan, a SysML modellezési nyelv, egy modern tervezőeszköz és számos analízis technika (szimuláció, szolgáltatásbiztonság és teljesítmény analízise, verifikáció és validáció) bemutatásán keresztül. A tantárgy által átadott ismereteket elterjedten használják többek között az autó-, vasút- vagy űriparban.

2. A tantárgy tematikája

Kritikus, beágyazott rendszerek jellegzeteségei. Rendszertervezés alapok (V modell, platformalapú rendszertervezés), különbségek a szoftvertervezéshez képest, a SysML modellezési nyelv áttekintése

Követelménykezelés alapjai, SysML Requirement diagram. Funkcionális és extrafunkcionális követelmények modellezése és analízise. Nyomonkövethetőség fogalma

Struktúramodellezés a rendszertervezésben, top-down és bottom-up tervezés, strukturális modellek a SysML-ben (BDD, IBD). Architektúra- és logikaikomponens-tervezés. Építkezés funkcionális blokkokból.

Hibatűrés alapfogalmak: hiba, hibaok, hibajelenség, rendelkezésre állás vs. megbízhatóság, vonatkozó szabványok alapjai, a biztonságintegritási szint fogalma, redundancia fajtái, szerepe, tervezési minták kritikus rendszerekben

Szolgáltatásbiztonság kvalitatív és kvantitatív kiértékelése: kockázatanalízis, hibafa, hibamód és hatás analízis (FMEA), megbízhatósági analízis, egyszeres hibapont fogalma és kezelése

Folyamatalapú viselkedésmodellek: adatfolyammodellek és alkalmazási területeik, SysML aktivitás diagram

Reaktív rendszerek: állapotgépek és alkalmazási területeik, SysML State Machine diagram

Komponensek közti kommunikáció, forgatókönyvek és alkalmazásaik, SysML szekvenciadiagram, a viselkedésmodellek közötti összefüggések

Viselkedésmodellek szemantikája, szimuláció. Szemantikus variációs pontok. Szimuláció fajtái és korlátai.

Teljesítménymodellezés alapfogalmai (átbocsátás és átbocsátóképesség, szűk keresztmetszet és kezelése)

Platformalapú rendszertervezés: részletes tervezési lépések, platformmodellezés, allokáció, variánsok kezelése (product line engineering)

Trade-off analízis, rendszerverifikáció és –validáció. Tesztelés különböző szinteken (SIL, HIL, PIL), modellalapú teszttervezés.

A SysMLv2 újdonságai a SysMLv1-hez képest (alapkoncepciók, struktúra- és viselkedésmodellezés, követelmények, analízis és verifikáció esetek, előfordulások modellezése, szemantika).

Beágyazott információs rendszerek

(VIMIAD04, 6. szemeszter, 2/0/2/f/5 kredit, MIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja a fizikai, biológiai, kémiai környezetükkel aktív, valós-idejű információs kapcsolatban álló beágyazott rendszerek létrehozásához és működtetéséhez szükséges, az informatikai alapműveltségen túlmutató speciális tudás és készségek fejlesztése gyakorlati példákon keresztül. A tantárgy elsősorban azokra a vonatkozásokra mutat rá, amelyek – a környezetünk folytonos és párhuzamos jelenségei, valamint az azt befolyásolni igyekvő számítástechnika kifejezetten szekvenciális jellegéből adódóan –

fokozott odafigyelést és alaposabb felkészültséget igényelnek. Ennek érdekében kiemelten szerepel a valós-idejű működés, valamint kisebb mértékben a szolgáltatás-biztonság követelményeit figyelembe vevő tervezési elvek bemutatása.
A tantárgy az ismereteket egykártyás számítógépe platformon, beágyazott Linux környezetben demonstrálja, és ebben a környezetben rendszer és szoftver-fejlesztési ismereteket is nyújt. Ugyanakkor a tantárgy kitér a mikrovezérlőket alkalmazó egyszerűbb beágyazott rendszerek jellegzetességeire is, beleértve a szoftver aspektusokra is, mint pl. az MCU-on futtatható beágyazott operációs rendszerek (pl. FreeRTOS) és a Linux különbségeire, a HW platform és OS választás részleteire stb.

2. A tantárgy tematikája

A beágyazott rendszerek alkalmazásai, alkalmazási példák. A beágyazó fizikai környezet jellegzetes tulajdonságai, az azokból származó speciális követelmények. Valós-idejű (real-time) rendszer és biztonságkritikus rendszer fogalmak bevezetése, és az azokkal kapcsolatos HW és SW elvárások, következmények. Kiberfizikai rendszer koncepció. A beágyazott rendszer, mint erőforrás korlátozott környezet, erőforrásokkal történő hatékony gazdálkodás, beleértve az energiát (low-power).
A beágyazott információs rendszerek jellegzetes rendszerarchitektúrái, komponensek, elosztott beágyazott rendszerek. Fizikai kapcsolat a külvilággal (interdiszciplináris, multidomén, pl. mechanika, fizika, kémia, biológia stb.), szenzorok és beavatkozók, humán interfész (user interface, szerviz interfész, stb.). Kapcsolat a fizikai beágyazó környezettel rendszerszinten, ANSI/IEC 60529-2004 és MIL-STD-810. Fizikai beágyazó környezetből származó információ jellegzetes tulajdonságainak elemzése.
A beágyazott rendszerekben alkalmazott végrehajtó egységek. Mikrovezérlők, alkalmazás processzorok, azok összehasonlítása a mobil, asztali (desktop) és szerver processzorokkal. Homogén és heterogén többprocesszoros rendszerek és SW támogatásuk, rendszerchip-ek (System on a Chip, SoC). Memória alrendszer, fizikai memória és virtuális tárkezelés, cache szerepe beágyazott környezetben, Linux példákkal. Spekulatív végrehajtás és a memória alrendszer hatása a végrehajtási időre, worst-case végrehajtás fontosságának kiemelése.
Jellegzetes beágyazott perifériák és azok alkalmazásai. GPIO, A/D és D/A, I2C/SPI/I2S buszok, timerek. GPIO alkalmazásai, jelszint-illesztési megoldások nagyteljesítményű perifériák vezérlésére. Jel-integritás és elektromágneses-interferencia elkerülésének a fontossága.
A beágyazott rendszerek tipikus szoftver komponensei, periféria könyvtárak és Board Support Package (BSP), beágyazott operációs rendszer (típusaik, típusra jellegzetes felépítésük), köztesrétegek (middleware). Beágyazott Linux és FreeRTOS összehasonlítása, használati-esetek. Beágyazott virtualizáció különböző formái és megvalósítása Linux példákkal.
Periféria kezelés tipikus SW megoldásai, GPIO, A/D és D/A átalakító, I2C/SPI/I2S chip-ek közötti kommunikációs megoldások SW alrendszerei beágyazott Linux-ban. Jellegzetes beágyazott perifériák bemutatása és kezelése magas szinten (user-space). A user-space és kernel-space beágyazott periféria kezelése összehasonlítása, elemzése. A kernel programozás előnyei és hátrányai, kerülésének indokai.
Polling és interrupt alapú perifériakezelés, és azok összehasonlítása, jellegzetességeik ezek megjelenése a beágyazott Linux-ban. Valós-idejű periféria kezelés megoldásai, elemzése és vizsgálata. Esemény-vezérelt szoftver architektúrák, és azok megjelenése a Linux operációs rendszerben. Esemény-vezérelt és többszálú programozás mintái (select, poll rendszerhívások), szálak közötti szinkronizáció a gyakorlatban, közös erőforrások kezelése.
Ütemező, ütemező választás, ütemező befolyásolása, valós-idejű ütemezés. Folyamatok és szálak használata és alkalmazásának a következményei. Rendszerindítás és folyamatmenedzsment alapjai (systemd és alternatívái, hosszú távú ütemezés).
Hálózatba kapcsolt beágyazott rendszerek, szenzorhálózatok, biztonságkritikus és valós-idejű működés nehézségei elosztott rendszerekben. Elosztott rendszerek idő-vezérelt működése, az idő-vezérelt működés összehasonlítása az esemény-vezérelt megközelítéssel. Valós-idejű kommunikációs megoldások beágyazott rendszerekben.
Idő kezelése elosztott rendszerben, óra- és frekvencia szinkronizáció problémái, szükségessége és megoldásai. Globális óraszinkronizáció (GNSS). Network Time Protocol (NTP) működése és korlátai. Óraszinkronizáció a telephelyen (pl. lokális hálózatban), IRIG és IEEE 1588, valamint annak a profiljai.

Időérzékeny hálózatok (Time-Sensitive Networks, TSN), alapműködés, szolgáltatások. Valós-idejű köztesrétegek, alkalmazási réteg protokollok beágyazott információs rendszerekben. Publish-Subscribe megoldások és azok vizsgálata biztonságkritikus, valós-idejű beágyazott rendszerekben. MQTT és a valós-idejűség, OPC-UA és annak a TSN leképzése, Data Distribution Service (DDS).
Heterogén többprocesszoros rendszerek alkalmazástechnikája, aszimmetrikus többprocesszoros rendszerek ütemezése. Edge rendszerek, edge és cloud kapcsolata. Edge compute HW és SW lehetőségei, számábrázolás hatása a számítási teljesítményre és a fogyasztásra. MI Edge Compute esettanulmány.
Beágyazott rendszerek fejlesztése, hibakeresés beágyazott rendszerekben. Keresztplatformos fejlesztés, programletöltés és program nyomkövetése beágyazott rendszerekben. Oszcilloszkóp és logikai analizátor alkalmazása szoftver hibakeresés során, műszere programozott elérése esettanulmány.

Deklaratív programozás

(VISZAD01, 5. vagy 7. szemeszter, 2/2/0/f/5 kredit, SZIT)

1. A tantárgy célkitűzése
A deklaratív – más néven nonimperatív – programozási paradigma megismertetése, a két fő irányzat – a funkcionális és a logikai programozás – bemutatása, valamint gyakoroltatása kis-közepes feladatok megoldásával.
2. A tantárgy tematikája
Bevezetés és funkcionális programozás: Követelmények, szakirodalom, honlap. Motivációs példa logikai és funkcionális nyelven. A deklaratív programozás fő jellemzői: függvények, ill. eljárások, nem frissíthető változók, akkumulátorok, rekurzív algoritmusok és adatstruktúrák, jobbrekurzió, magasabb rendű függvények, ill. eljárások.
Funkcionális programozás: Programozási környezetek. Típusok, műveletek, változók, kifejezések. Szintaxis. Kifejezések mohó és lusta kiértékelése. Listák, listajelölő. Iteráció és rekurzió, lineáris és elágazó rekurzió, jobbrekurzió, akkumulátorok. Modulok. Beépített függvények. Összetett kifejezések. Listák és ennesek. Mintaillesztés. Típusspecifikáció. Modulokról bővebben. Magasabb rendű függvények, függvényértékek. Gyakori könyvtári függvények. Kivételkezelés. Összetett adatszerkezetek és kezelésük: listák, halmazok, gráfok. Kulcs-érték párok, bináris fák. Lineáris és elágazó rekurzió újra. Programhelyesség igazolása. Lusta kiértékelés, lusta lista.
Logikai programozás: Bevezetés példákon keresztül. A nyelv alapszintaxisa, adatstruktúrák. Listakezelés. A végrehajtási algoritmus. Redukciós lépés, egyesítés, keresési tér. A nyomkövetés dobozmodellje. Operátorok. További vezérlési szerkezetek: diszjunkció, feltételes szerkezet, negáció. Jobbrekurzió, akkumulátorok. A keresési tér szűkítése. Determinizmus és indexelés. Vezérlési eljárások. Meta-logikai eljárások. Megoldásgyűjtő eljárások. Magasabb rendű eljárások.
Deklaratív programozás: Korlát-alapú programozási módszerek. Szélességi és mélységi keresések. Megvalósítási módszerek. Összefoglalás és kitekintés.

Információs rendszerek üzemeltetése

(VITMAD01, 6. szemeszter, 2/0/2/f/5 kredit, TMIT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja az összetett, hálózatba kapcsolt információs rendszerek működtetési és rendszer-adminisztrációs feladatainak megismertetése. A tantárgy rendszerszemléletű áttekintést ad az információs rendszerek üzemeltetési feladatairól, beleértve a legáltalánosabb IT szolgáltatásokat. Bemutatjuk az IT üzemeltetést megalapozó általános szabványokat.
2. A tantárgy tematikája
Bevezetés: az információs rendszerek kialakulásának fő lépései, az üzemeltetés feladatai. Rendszer-adminisztrátori feladatok. Motivációs esettanulmány. A laborgyakorlattal kapcsolatos tudnivalók áttekintése.

Linux-alapú rendszerek adminisztációja. Alapvető rendszergazdai feladatok, account-kezelés, file-rendszer kezelés, tűzfal-konfiguráció, bash scripting. Apache web-szerver konfiguráció és üzemeltetés. Rendszer–felügyelet a monit segítségével.
Az üzemeltetési feladatok és a hálózati ismeretek összefüggései. IT hálózati elemek, hálózatba illesztés, (IP címek, címosztályok, DHCP, ARP, RARP, NAT(P), DNS), hálózati topológiák, VPN, demarkációs pontok, hálózati térképek.
Az informatikai infrastruktúra és üzemeltetési feladatai. Gépcsaládok, szerverek jellemzői és üzemeltetési feladatai. Homogén és heterogén rendszerek. Szerverek energia ellátása. Redundancia. Frissítések tervezése, ütemezése, tesztelése. Példák, karbantartási ablak, méretezés. Felhasználói elemek üzemeltetési feladatai vállalati környezetben.
Adatgazdálkodás, adattárolás, tárolók. Hierarchikus tároló kezelés. Diszk-tárolás megbízhatósága. Flash tömbök. Adattároló architektúrák (Internal/external DAS, adattárolók konszolidációja, SAN, Fibre Channel, NAS, NAS protokollok, IP SAN).
Volume copy, flash copy. Tárterület virtualizáció. Tároló menedzsment és feladatai. Adatmentés és helyreállítás. Mentőrendszerek. Adatmentési stratégiák: inkrementális, differenciális, progresszív. Kollokáció. LAN-free és zero-down-time mentés. Biztonságos tárolás.
Archiválás. Mentés tervezése, méretezési feladatok. A műveletek felügyelete és riportolása.
Adatközpontok. Klasszikus, multi-tier architektúra. Túlméretezés. Példák, kétszintű és háromszintű adatközponti kialakításra. Fat tree topológia. Spine and leaf architekúra. Feszítőfa irányítási algoritmus ás korlátai. Többszörös útvonalak figyelembevétele. Nagyteljesítményű clusterek. Demilitarizált zónák. Webszerverek. Adatközpontok belső, funkcionális kialakítása. Adatközponti szolgáltatások.
Virtualizáció és felhő IT. A felhő IT alapelvei, kategóriái, jellemzői. A migráció kérdései. Együttműködtethetőség. Szabványosítás (UCI, OCCI). Megoldási alternatívák előny-kockázat megfontolásai. Monitoring.
Az üzemeltetés felügyeleti rendszerei. End-to-end nézet. QoS, QoE. Hálózatfelügyeleti módszerek. Forgalom-monitorozás, forgalmi adatok feldolgozása, szolgáltatás-szintű elemzés, hibamenedzsment. Távközlési Menedzselő Hálózat (TMN), TMN FCAPS.
Szolgáltatások üzemeltetése: általános kívánalmak és elvárások. A legfontosabb üzemeltetési alaptevékenységek. IT szolgáltatások megtervezése, beüzemelése, fejlesztése, felügyelete, karbantartása, támogatása. Centralizáció és szabványok. A BYOD elv következményei a szolgáltatások üzemeltetésében. e-mail szolgáltatás üzemeltetési feladatai.
Távoli hozzáférés szolgáltatás. Vállalati internet hozzáférés, VNC, RAS, és web-alapú technológiák. Nyomtatás, hálózati nyomtatás protokollok, formátumok, elterjedt megoldások. Szinkronizációs problémák, Cloud office.
WiFi üzemeltetés: SOHO és enterprise WiFi üzemeltetés. Beltéri és kültéri infrastruktúra, lefedettség, rádiós paraméterek, felhasználók száma. Központosított vállalati WiFi infrastruktúra: hitelesítés és hozzáférés-szabályozás, BYOD, WPA2-Enterprise konfigurációs kérdései, L2 roaming technológiák, valamint konfigurációs lehetőségek áttekintése.
Szabványok IT eszközök üzemeltetéséhez (IPMI, DMI, WBEM). Az IT infrastruktúra elemeinek közös információs modellje. (CÍM, MOF). Szolgáltatási szintű üzemeltetés, SLA követelmények. ITIL.

Beszédinformációs rendszerek

(VITMAD02, 5. vagy 7. szemeszter, 2/0/2/f/5 kredit, TMIT)

1. A tantárgy célkitűzése

Az emberi információ-kezelés és kommunikáció alapja a természetes beszédlánc (beszélő ember – levegő – hallgató ember) működése. A beszédinformációs rendszerek a természetes beszédlánc egy vagy több elemének mesterséges informatikai megvalósítását (pl. beszédfelismerés, beszédszintézis stb.) integrálják az információ gyűjtésével, tárolásával, feldolgozásával és/vagy az ahhoz való hozzáféréssel kapcsolatos folyamatokba.

Napjainkban számos gyakorlati alkalmazásban megjelentek a nagyméretű, egyre jobban integrált és automatizált beszédinformációs rendszerek (pl. okostelefonok, TV-k, tabletek automatizált beszédfunkciói, hívásközpontok, tele-banking, mint Apple Siri asszisztens, Google Voice Search, diktáló rendszerek, beszéd- és szöveg analitika, gépi tolmácsolás).
A tantárgy célja a beszédlánc elemei mesterséges megvalósításának megismertetése és a beszéddel vezérelt és/vagy beszéddel válaszoló információs rendszerek azon eljárásainak taglalása, amelyek beszédspecifikusak. A tantárgy gyakorlati példák felhasználásával mutatja be a beszédinformációs rendszerek kialakításához szükséges elméleti és gyakorlati ismereteket, az automatizáláshoz alkalmazható beszédtechnológiai eszközrendszer főbb elemeit, azok alapvető működési elveit, specifikációs jellemzőit.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés

Miért fontos a beszédtechnológia? Milyen főbb elemekből épül fel egy beszédinformációs rendszer (pl. intelligens személyi asszisztens)?
A nyelv, a beszéd és a szöveg az emberi kommunikációban. A természetes beszédlánc elemei és működésük. Az emberi beszédkeltés, a beszédészlelés és a beszédmegértés alapfogalmai. A beszéd akusztikai szerkezetének legfontosabb jellemzői. A beszéd szintjei, redundanciája, a hordozott kiegészítő információk.

Elemi jelfeldolgozás, beszédkódolás és tömörítés

A beszédkódolás szerepe a digitális beszédtárolás, valamint az infokommunikációs hálózatok rendszereiben. A beszéd továbbításához, tárolásához és elemzéséhez szükséges elemi jelfeldolgozási lépések megismerése, figyelembe véve a beszéd speciális tulajdonságait. Beszéd/csend és más akusztikus jelek megkülönböztetése. A beszédkódolás alapvető módszerei, az aktuálisan elterjedt formátumok megismerése. A kódolás hatása más beszédtechnológiai eszközökre. A kódolt beszéd minősítése (érthetőség, természetesség).

Beszédválaszú rendszerek alapok

A gépi beszédkeltés alapfogalmai (kötött, kötetlen és vegyes szókészlet). A kötött szókészletű akusztikai adatbázis tervezési szempontjai és megvalósításnak lépései. Vegyes rendszerek kialakításának indokai, megoldási lehetőségei. Nagy hanghűségű prozódia módosítási algoritmusok. Kötetlen szókészletű (text-to-speech és concept-to-speech) rendszerek felépítése, alapvető osztályai.

A beszéd- és szövegadatbázisok jelentősége, Szövegfeldolgozási technikák

Adatbázisok leírása, tervezése, feldolgozási módszereik. Az akusztikus környezet szerepe. Felismerő létrehozásának fázisai megismerése. Adatbázisok Szótárkészlet Adatbázisok automatikus bővítése, adaptivitás. A prozódia szerepe. Többnyelvű rendszerek kialakítása. Fejlesztői környezetek és eszközök. Gépi tanításhoz optimalizált adatbázisok előállítása. Központozások kezelése, szöveg elő- és utófeldolgozás.

Fejlett beszédválaszú rendszerek

Egységes szövegábrázolási, szövegelemzési és átalakítási feladatok és kapcsolódó adatbázisok. Kötetlen szókészletű akusztikus adatbázisok tervezési szempontjai és elkészítésük módszerei. Beszédválasz szövegkorpuszának kialakítása. Az adatbázis elkészítése, módosítása, és ezek algoritmusai. A prozódia (hangmagasság, hangerő, ritmusváltozás) jelentősége és megvalósítása. Többhangú rendszerek és automatikus hangkonverzió. Többnyelvű rendszerek. Nyelvdetekció, ékezetesítés. Egységes hangjelölési rendszerek. Fejlesztői környezetek. A rendszerek automatizált megvalósításának algoritmusai, gépi tanulás alapú megoldások.

Beszéd alapú osztályozás

A beszéd osztályozás fogalma, felhasználási területei. Hangalapú beszélőazonosítás alapfogalmai, beszélő azonosítás és igazolás, UBM, likelihood-ratio framework. Voice activity detection. Az alkalmazott eljárások matematikai alapjainak bemutatása. Az alkalmazott gépi tanulás alapú eljárások. A beszélőazonosítás felhasználása a gyakorlatban.

Beszédfelismerés

A beszédfelismerés alapfogalmai és alapvető architektúrái.
Referencia-bázisú mintaillesztés. A beszédfelismerés MAP alapegyenlete. Rejtett Markov-modellek (HMM) alkalmazása a beszéd-szöveg átalakításban. Akusztikus, kiejtési és nyelvi modellezés,

tudásforrás-integráció a WFST (Weighted Finite State Transducer) keretrendszerben. Hibrid HMM-neurális és end-to-end neurális megközelítések beszédfelismerésre. CTC (Connectionist Temporal Classification) tanítás. Korszerű neurális architektúrák beszédfelismerésre. Önfelügyelt és felügyelet nélküli beszéd-szöveg átalakítási technikák. Modellek alkalmazásra szabása, finomhangolás. Szöveg írott formájának visszaállítása. Offline és online beszédfelismerés, a diktálás folyamata.

Beszédinformációs rendszerek tervezésének és megvalósításának lépései

Tipikus alkalmazási környezetek, meghatározó alkalmazói rendszerek (pl ügyfélszolgálat automatizálás, egészségügy, rehabilitáció). A vállalati akusztikai arculat fogalma és színvonalas biztosításának módszerei.

Beszédfunkciók alkalmazása információs rendszerekben

Beszéddel informáló dialógus rendszerek alapfogalmai. Rendszer vezérelt, felhasználó vezérelt és vegyes kezdeményezésű rendszerek. DTMF és beszédfelismerő alapú vezérlés beszédválaszú rendszerekben. Uni- és multimodális rendszerek. Modalitás konverzió és szerepe a globális személyes kommunikációs rendszerekben.

II.5 A mérnökinformatikus alapszak specializációi és tantárgyai

A hallgatók a mintatanterv 4. félévének végén specializációt és ágazatot választanak, a választás és a besorolás szabályait a BSc specializációválasztási szabályzat tartalmazza. A specializációk tantárgyai csak az adott specializációra besorolt hallgatók számára vehetők fel, saját ágazati főtantárgya és az ágazati laboratóriuma teljesítése minden ágazat hallgatójának kötelező. A mintatantervben szereplő specializáció 2 és 3 tantárgyak az adott specializáció bármelyik további tantárgyával teljesíthetők (kivéve az ágazati laboratóriumot, amelyet minden hallgató csak a saját ágazata szerint vehet fel).

A mérnökinformatikus alapszak specializációi a következők:

1. **Intelligens hálózatok specializáció:** Kiszolgálója: HIT, HVT, TMIT

Tárgykód	Tárgynév	típus	tanszék
Intelligens hálózatok / HIT ágazat			
VIHIAC11	Hálózat- és forgalommenedzsment	Ágazati főtantárgy	HIT
VIHIAC12	Hálózat- és forgalommenedzsment laboratórium	Ágazati laboratórium	HIT
Intelligens hálózatok / HVT ágazat			
VIHVAC11	Szoftverrádiós technológiák	Ágazati főtantárgy	HVT
VIHVAC12	Szoftverrádió és távérzékelés laboratórium	Ágazati laboratórium	HVT
Intelligens hálózatok / TMIT ágazat			
VITMAC12	Cloud Native hálózati funkciók fejlesztése	Ágazati főtantárgy	TMIT
VITMAC13	Cloud Native technológiák laboratórium	Ágazati laboratórium	TMIT
Intelligens hálózatok specializáción felvehető további tantárgyak			
VIHIAC10	Mobil kommunikációs hálózatok és alkalmazásaik	Specializáció tantárgy	HIT
VIHVAC13	Távérzékelés és helymeghatározás	Specializáció tantárgy	HVT
VITMAC14	Konténeralapú felhőplatformok	Specializáció tantárgy	TMIT
VIEEAC07	Intelligens érzékelők és gépi adatfeldolgozás	Specializáció tantárgy	EET

2. **Szoftverfejlesztés specializáció:** Kiszolgálója: AUT, IIT, MIT

Tárgykód	Tárgynév	típus	tanszék
Szoftverfejlesztés / AUT ágazat			
VIAUAC15	Adatvezérelt rendszerek	Ágazati főtantárgy	AUT
VIAUAC16	Adatvezérelt szoftverfejlesztés laboratórium	Ágazati laboratórium	AUT
Szoftverfejlesztés / IIT ágazat			
VIIIAC09	Objektumorientált szoftvertervezés	Ágazati főtantárgy	IIT
VIIIAC10	Objektumorientált laboratórium	Ágazati laboratórium	IIT
Szoftverfejlesztés / MIT ágazat			
VIMIAC20	Automatizált szoftverfejlesztés	Ágazati főtantárgy	MIT
VIMIAC21	Automatizált szoftverfejlesztés laboratórium	Ágazati laboratórium	MIT

Tárgykód	Tárgynév	típus	tanszék
Intelligens hálózatok specializáción felvehető további tantárgyak			
VIAUAC17	Kliensoldali rendszerek	Specializáció tantárgy	AUT
VIIIAC11	3D grafikus rendszerek	Specializáció tantárgy	IIT
VIMIAC22	Természetes nyelvi és szemantikus technológiák	Specializáció tantárgy	MIT
VIVEAC18	SCADA és a villamosenergia-rendszer	Specializáció tantárgy	VET

3. Információs rendszerek specializáció: Kiszolgálója: ETT, SZIT, TMIT

Tárgykód	Tárgynév	típus	tanszék
Információs rendszerek / ETT ágazat			
VIETAC13	Vállalatirányítási rendszerek	Ágazati főtantárgy	ETT
VIETAC14	Vállalatirányítási rendszerek programozása laboratórium	Ágazati laboratórium	ETT
Információs rendszerek / SZIT ágazat			
VISZAC01	Algoritmikus játékelmélet	Ágazati főtantárgy	SZIT
VISZAC02	Algoritmikus problémák megoldása laboratórium	Ágazati laboratórium	SZIT
Információs rendszerek / TMIT ágazat			
VITMAC15	Adatelemzés mélytanulási módszerekkel	Ágazati főtantárgy	TMIT
VITMAC16	Adatelemzés és mélytanulás laboratórium	Ágazati laboratórium	TMIT
Információs rendszerek specializáción felvehető további tantárgyak			
VIETAC15	Termeléstervezés és ipari IoT	Specializáció tantárgy	ETT
VISZAC03	Véges matematika	Specializáció tantárgy	SZIT
VITMAC17	Data science módszerek Python környezetben	Specializáció tantárgy	TMIT

II.6 A mérnökinformatikus alapszak specializációtantárgyainak leírása

II.6.1 Intelligens hálózatok specializáció (HIT, HVT, TMIT)

A specializáció angol neve: Intelligent Networks

A specializáció célkitűzése:
Az egyre gyorsabb, intelligensebb, mindenütt jelenlevő hálózatok teremtik meg a lehetőséget a mindennapi életünk egyre több területén központi szerepet játszó felhő rendszerek és komplex alkalmazások megvalósításához.
Az intelligens hálózatok legújabb generációja a technológiák széles körét integrálja, többek között a felhő alapú hálózati architektúrák, a hálózatszoftverizáció, a hálózati vezérlési síkjának és adatsíkjának programozása (szoftver alapú hálózatok, hálózati funkciók virtualizálása), és a gépi tanulás alapú hálózati intelligencia alkalmazásával. Ennek eredményeként lehetőség nyílik hálózati funkciók és architektúrák elosztott, rugalmas, programozható megvalósítására, új hálózati szolgáltatások fejlesztésére, széles körű adatgyűjtésre és gépi tanulásra alapozott intelligens hálózat- és szolgáltatásmenedzsment módszerek alkalmazására, kooperatív és elosztott üzemeltetési megoldások, dinamikus hálózatkonfigurálás, megbízhatóbb és hatékonyabb, autonóm intelligens szolgáltatások megvalósítására.
A specializáció célkitűzése a hallgatók korszerű hálózatos ismereteinek elmélyítése elsősorban az alábbi irányokban: rádiós hálózatok, szoftver alapú hálózati funkciók és a hálózati szolgáltatások üzemeltetéstámogatása. A cél elméletileg megalapozott, megfelelően felépített, rendszerezett és hasznosítható ismeretanyag és készség szintű tudás átadása a jövő hálózatainak átfogó megismeréséhez, fejlesztéséhez és működtetéséhez az ágazatok szűkebb szakterületeinek megfelelően:
HIT ágazat
A hálózatok és szolgáltatásaik mérésének és állapotuk modern adatalapú elemzésének irányelveinek, az azokkal kapcsolatos protokollok, szabványok, teljesítmény-metrikai mutatók és gépi tanulásra épülő módszerek bemutatása, hangsúlyt fektetve az adatok valós időben történő folyamatos feldolgozására (Stream Processing) és transzformálására, az előállított adatok visszacsatolására és gyakorlati alkalmazására is, ezzel átfogó képet nyújtva a hálózatokról és a rajtuk futó szolgáltatások működéséről.
HVT ágazat
A kommunikációs rendszerekben alkalmazott szoftverrádiós, valamint a polgári és védelmi távérzékelési rendszerek alapjainak (aktív és passzív radarok, fizikai érintkezés nélküli távérzékelés) ismertetése gyakorlati problémákon keresztül, működő rendszerek megismerésével mélyítve el az elméleti tudást.
TMIT ágazat
A modern hálózati funkciók fejlesztéséhez használható „Cloud Native” paradigma bemutatása, a felhő környezetben alkalmazható üzemeltetési módszerek és az ezeket lehetővé tevő hálózati technológiák ismertetése, ami magában foglalja a modern konténer alapú felhő rendszereket, a számítási- és hálózati virtualizációs megoldásokat, az üzemeltetési kihívásokat és a szolgáltatások hatékonyságát javító, minőségi garanciákat biztosító megoldásokat, különös hangsúlyt fektetve a mesterséges intelligencia szerepére ebben a folyamatban.

A specializáció ágazatai:

Ágazatok:	Tanszék:	Ágazatfelelős:
Intelligens hálózatok / HIT	HIT	Dr. Pekár Adrián
Intelligens hálózatok / HVT	HVT	Dr. Horváth Bálint Péter
Intelligens hálózatok / TMIT	TMIT	Dr. Sonkoly Balázs

II.6.1.1 Intelligens hálózatok / HIT ágazat

Hálózat- és forgalommenedzsment
(VIHIAC11, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, HIT)
Ágazati főtantárgy

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja, hogy elmélyítse a korábbi félévben megkezdett Kommunikációs hálózatok terén szerzet ismereteket egy átfogó kép nyújtása által a hallgatóknak a korszerű hálózatok és szolgáltatásaik meréséről és menedzsmentjéről, különös hangsúlyt fektetve a gyakorlatiasságra a műszaki megvalósításon, illetve az előállított információk visszacsatolásán és alkalmazásán keresztül. Bemutatásra kerülnek a hálózatok és szolgáltatásaik mérésének és monitorozásának alapelvei, az azokkal kapcsolatos protokollok és szabványok, a teljesítmény metrikai mutatók, illetve a tradicionális és virtualizált infrastruktúrák menedzsmentje. Továbbá olyan korszerű technológiák is bemutatásra kerülnek, mint a vezérlési és adatsík programozhatósága és azok szerepe a hálózatok és szolgáltatásaik optimalizálásában.
A Hálózat- és forgalommenedzsment tantárgy egy olyan alaptudás kiépítését eredményezi, amely a további kapcsolódó hálózati és az informatikai tantárgyak elsajátítását segíti, beleértve a rendszer- és hálózat-teljesítmény optimalizálást, az internetbiztonságot és felhő-alapú technológiákat.
2. A tantárgy tematikája
A hálózatok és forgalmuk mérésének és a kapcsolódó feladatokban használt alapvető fogalmak és kifejezések áttekintése. Hálózatmérési infrastruktúrák ismertetése, TCP/IP stack ismeretek frissítése.
Az internetes mérés pragmatikájának áttekintése. Hol és hogyan lehet méréseket végezni, hogyan mérjük az időt és miért fontos azt mérni, milyen meglévő adatforrások léteznek és hogyan történik a mérés a különböző szinteken? IP csomagok rögzítésének és elemzésének alapelvei, gyakran használt alkalmazások és eszközök áttekintése.
A hálózaton átmenő forgalom felügyeletére használt egységes szabványok ismertetése (SNMP, sFlow, Netflow és IPFIX protokollok). A gyakorlatban használt technikák és módszerek áttekintése.
Mély csomagvizsgálat (Deep Packet Inspection) működésének alapelvei, valamint a hálózati forgalom vizsgálatában és kezelésében betöltött szerepének ismertetése. DPI alkalmazásának módjai az alapigazság (ground-truth) fejlesztésében.
Népszerű és a mindennapokban használt alkalmazások (web, P2P, DNS, játékok) mérési módszereinek ismertetése és alkalmazhatósága. Az ezzel kapcsolatos gyakorlati problémák áttekintése.
A csatlakozási, teljesítménybeli, biztonsági és egyéb hálózati problémák feltárás és kijavítás módszereinek ismertetése. Gyakran felmerülő kapcsolódó problémák ismertetése.
Számítógépes hálózatokra és infrastruktúrákra irányult kibertámadások anatómiája. Kapcsolódó fogalmak és kifejezések áttekintése. Tipikus egyszerűbb támadások észlelésére és kivédésére irányuló módszerek bemutatása (a 6. szemeszterben futó IT biztonság szakmai alapozóval felmerülő egybeesések egyeztetés alatt).
Bevezetés a programozható adatsíkok területébe, az SDN, NFV es a P4 paradigmák szerepének ismertetése a hálózat és szolgáltatásmenedzsmentben.
Nehézsúlyú (heavy-hitter) (a 3. szemeszterben futó Valószínűségszámítás és statisztika tantárgyra épít) adatfolyam-detektálási módszerek áttekintése, kapcsolódó fogalmak ismertetése, gyakorlati alkalmazásban felmerülő problémák és a technika állasának bemutatása.
Felügyelt gépi tanulás alkalmazásának ismertetése a hálózat-osztályozásban és menedzsmentben. Kapcsolódó technikák és módszertanok áttekintése (a párhuzamosan futó Mesterséges Intelligencia tantárgy keretein belül elsajátított ismeretekre építve).
Felügyelt nélküli gépi tanulás alkalmazásának módszereinek ismertetése a támadások detektálására (a párhuzamosan futó Mesterséges Intelligencia tantárgy keretein belül elsajátított ismeretekre építve).
Mesterséges intelligencia szerepének ismertetése a prediktív karbantartásban. Bevezetés a hálózati telemetriába, alapkifejezések és fogalmak ismertetése. Gyakorlati alkalmazások áttekintése.
Aktuális témák a hálózati infrastruktúra üzemeltetésében és menedzsmentjében.
Aktuális témák a hálózati forgalom méréseben, visszacsatolásában és menedzsmentjében.

Hálózat- és forgalommenedzsment laboratórium
(VIHIAC12, 6. szemeszter, 0/0/2/f/3 kredit, HIT)
Ágazati laboratórium

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja a Hálózat és szolgáltatásmenedzsment tantárgyban elsajátított ismeretek elmélyítése, további gyakorlása laboratóriumi mérések és önálló feladatok segítségével.
2. A tantárgy tematikája
A tantárgyban elvégzendő mérések tematikája az alábbi témakörökből kerül ki:
- Eligazítás (a félév laborméréseivel kapcsolatos információk, szabályok ismertetése.
- Python alapjai (bevezetés, adattípusok, operátorok, folyamirányítás, feltételes kifejezések, ciklusok, függvények/szkriptek, vizualizálás).
- Adatgyűjtés alapjai (csomagmérés, adatfolyam mérés, wireshark/tshark, linux hálózati eszközkészlet, nfstream).
- Alkalmazás-osztályozás felügyelt gépi tanulással hálózati adatfolyamokon.
- Anomália detekció felügyelet nélküli gépi tanulással hálózati adatfolyamokon.
- Hálózat-működésből és szolgáltatás-futásból fakadó adatok vizualizálása (Elasticsearch, Grafana, Kibana).
- Adatfolyam-vezérelt feldolgozás alapjai (hálózati telemetria, Apache Kafka, Stream Processing).

II.6.1.2 Intelligens hálózatok / HVT ágazat

Szoftverrádiós technológiák
(VIHVAC11, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, HVT)
Ágazati főtantárgy

1. A tantárgy célkitűzése
Az egyre bővülő számú és gyors ütemben fejlődő mobil és vezeték nélküli rádiórendszerek infrastruktúrájának és terminál eszközeinek gazdaságos megvalósítása felveti a könnyen átkonfigurálható, több szabványt is támogató eszközök létrehozásának problémáját. A változtatható rádió berendezések megvalósítása az úgynevezett szoftverrádió (software defined radio) koncepció alapján történik. Ezekben a hardver egyes paraméterei (mintavételi sebesség, vivőfrekvencia stb.) szoftveresen konfigurálhatóak, a specifikus működést pedig szoftveresen, elsősorban digitális jelfeldolgozás révén valósítják meg.
A tantárgy célkitűzése olyan, a gyakorlatban is használható ismereteket nyújtani, amelyek alkalmassá teszik hallgatókat az ilyen elven működő rendszerek és berendezés alapvető jellemzőinek és korlátaiknak felismerésére, rendszerek konfigurálására.
2. A tantárgy tematikája
Alapfogalmak: folytonos idejű és digitális jel, mintavételezés, spektrum.
Egyvivős analóg és digitális modulációk (amplitúdó, fázis, frekvencia).
Szoftverrádiók általános felépítése.
Időzítés visszaállítás, szinkronizáció.
Vivővisszaállítás.
Keretszinkronizáció.
Adatátviteli csatorna hatása, hibajavítás.
Szoftverrádiós keretrendszerek (GNURadio, Matlab stb.).
Példa: Egyvivős QAM adatátvitel megvalósítása SDR-rel.
Példa: GPS rendszer emulációja SDR-rel.
Többvivős adatátviteli rendszerek (OFDM).
Példa: Wifi vétel megvalósítása SDR-rel.
Példa: 4G/5G bázisállomás/UE emuláció.

Szoftverrádió és távérzékelés laboratórium
(VIHVAC12, 6. szemeszter, 0/0/2/f/3 kredit, HVT)
Ágazati laboratórium

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja a specializációs tantárgyakban tanított elméleti ismeretek alátámasztása és kiegészítése gyakorlati ismeretekkel, számítási és mérési feladatok megoldása révén.
2. A tantárgy tematikája
A hallgatók által elvégzendő laborok a következők:
- SDR alapok labor: GNURadio/MATLAB/..., jelgenerálás, vétel rögzítés, spektrum, vízesésdiagram stb.
- Egyvivős kommunikáció analízis, illesztett szűrés, szinkronizáció, szem ábra, konstellációs ábra.
- 4G/5G hálózat emuláció (srsLTE), EVM, CSI, paraméterek, spektrum, kapcsolatfelépítés.
- Iránybecslő eljárások radaros alkalmazásokban.
- Aktív radar jelfeldolgozás, illesztett szűrés, Doppler.
- Passzív radar jelfeldolgozás. Távolság-sebesség mátrix kialakítás.

II.6.1.3 Intelligens hálózatok / TMIT ágazat

Cloud Native hálózati funkciók fejlesztése
(VITMAC12, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, TMIT)
Ágazati főtantárgy

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja a modern hálózati funkciók fejlesztéséhez használható “Cloud Native” paradigma bemutatása, a felhő környezetben alkalmazható alapvető üzemeltetési módszerek ismertetése és az ezeket lehetővé tevő hálózati technológiák áttekintése. Ezek az hálózati alkalmazások a felhő rendszerek által kínált különféle szolgáltatásokat képesek kihasználni és már eleve a felhő környezetre optimalizálva készülnek, újfajta fejlesztési módszerek és tervezési minták alapján. A legnagyobb publikus felhő szolgáltatók platformjai (Amazon AWS, Google Cloud Platform, Microsoft Azure) mellett nyílt forráskódú megoldások (pl. Kubernetes) is elérhetők, melyek különféle programozói interfészeket (“felhő API”) biztosítanak a fejlesztőknek. Ezzel számos teher lekerül a programozó válláról és gyorsan lehet akár több millió felhasználót vagy eszközt kiszolgáló hálózati alkalmazást is készíteni. A tantárgy célja egyrészt bemutatni ezeket az eszközkészleteket és fejlesztési módszereket konkrét példákon keresztül. Másrészt, ahhoz, hogy jó szoftvert tudjunk készíteni erre az új környezetre, alap szinten meg kell érteni ezeknek a rendszereknek a működését és az új számítási modelleket (pl. Serverless, Container as a Service, Function as a Service), valamint a komponensek folyamatos összeköttetését biztosító hálózati megoldásokat és azokból adódó kényszereket. A hallgatók gyakorlati példák segítségével készségszintű tudást kapnak, a megismert eszközöket a világ vezető felhő platformjain (pl. Amazon AWS) és a nyílt forráskódú Kubernetes platformon próbálják ki.
2. A tantárgy tematikája
Bevezetés, történeti áttekintés. Microservice alapú szoftvertervezés, előnyök, hátrányok és következmények. Microservice alapú alkalmazások: gyakorlati példák demók.
Cloud Native és “serverless computing”, különböző megvalósítási opciók: konténer alapú (CaaS) vs. függvény alapú (FaaS) modellek. A Cloud Native paradigma szerepe az 5G és jövőbeli 6G mobilhálózatokban.
Publikus CaaS/FaaS platformok (AWS, GCP, Azure) és privát, open source megoldások (Kubernetes, Knative). Hibrid elrendezések. Előnyök, hátrányok.
Biztonsági kérdések, hozzáférés szabályozása (felhasználók és szoftverkomponensek között). Gyakorlati példák - AWS: EC2 (Elastic Compute Cloud), Security Groups, VPC (Virtual Private Cloud), Identity and Access Management. Gyakorlati példák - Kubernetes: Pods, Services, API Server.

Peremfelhő (edge cloud) kiterjesztések CaaS/FaaS platformokhoz késleltetésérzékeny alkalmazások támogatására, az 5G/6G mobilhálózatok találkozása a felhő rendszerekkel. Mit jelent mindez az alkalmazások szempontjából.
Alapvető hálózati technológiák és hálózati funkciók CaaS/FaaS platformokhoz: címfordítás, csomagszűrés, DHCP, DNS, Software-Defined Networking (SDN), Network Function Virtualization (NFV).
A különböző platformszolgáltatások és felhő API-k használata az alkalmazásokban, elérhető SDK-k. Konkrét megoldások bemutatása különböző programozási nyelvű példákon keresztül.
Storage és Database szolgáltatások. Gyakorlati példák - AWS: EBS (Elastic Block Store), S3, DynamoDB, ElastiCache (Redis, Memcached).
Eseményvezérelt programozás felhő környezetben, FaaS modell és gyakorlati megvalósításai, előnyök, hátrányok. Alkalmazási példák bemutatása különböző felhasználási területekről.
Gyakorlati példák - AWS: Lambda, API Gateway, SQS, SNS, Step Functions. Gyakorlati példák - Kubernetes: Knative, Kubeless.
Mesterséges intelligencia a Cloud Native szoftverben, gépi tanulás felhő API-n keresztül (pl. Amazon SageMaker).
A felhő platform hatása az alkalmazásra, performancia kérdések. Monitorozás, debugging, troubleshooting technikák.
Gyakorlati példák - AWS: X-Ray, CloudWatch. Gyakorlati példák - Kubernetes: Prometheus, Grafana.
A komponensek összekapcsolásáért felelős fizikai és virtuális hálózatok hatása az alkalmazásra, performancia kérdések. Hálózati monitorozás és troubleshooting technikák.
Árazási modellek, költségoptimalizálási lehetőségek. Tervezési minták, “best practices”, esettanulmányok konkrét alkalmazási példákkal.

Cloud Native technológiák laboratórium
(VITMAC13, 6. szemeszter, 0/0/2/f/3 kredit, TMIT)
Ágazati laboratórium

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja a Cloud Native hálózati funkciók fejlesztése tantárgyban tanított ismeretek elmélyítése, további gyakorlása laboratóriumi mérések és önálló feladatok segítségével.
A tantárgyat sikeresen teljesítő hallgató:
- megérti a Cloud Native koncepció alapjait és az új számítási modelleket (Serverless, Container as a Service, Function as a Service);
- megérti és átlátja egy publikus és egy nyílt forráskódú platform működésének alapjait, a platform és hálózat működésének hatását a szoftverre;
- képes önállóan megtervezni és implementálni microservice alapú Cloud Native alkalmazásokat;
- megismeri és használni tudja azokat az eszközöket, felhő API-kat, melyek segítségével Cloud Native alkalmazások fejleszthetők és üzemeltethetők;
- képes önállóan Cloud Native alkalmazások hibakeresésére, monitorozására és performancia vizsgálatára.

2. A tantárgy tematikája
A tantárgyban elvégzendő mérések tematikája az alábbi témakörökből kerül ki:
- Az alkalmazási példákhoz használt programozási nyelvek bemutatása. Például: Python, Go.
- Docker konténertechnológia bemutatása gyakorlati példákon keresztül. Performancia mérése, hálózati jellemzők hatása a szoftverre.
- Szoftverek üzemeltetése nyílt forráskódú privát felhő platformon. Például: Kubernetes. Pods, Services, API Server. Egyszerű alkalmazások implementálása.
- Szoftverek fejlesztése és üzemeltetése publikus felhő platformon. Felhő API-k és SDK-k megismerése. Például AWS. Korábbi alkalmazás beüzemelése.

- FaaS programozási modell alkalmazása publikus felhő környezetben. Például AWS: Lambda, API Gateway, SQS, SNS, Step Functions. Egyszerű alkalmazások implementálása.
- Monitorozás, hibakeresés, troubleshooting publikus és privát felhő környezetben. Például: X-Ray, CloudWatch, Prometheus, Grafana.

Házi feladat:
Egy összetett Cloud Native alkalmazás fejlesztése (tervezés, implementáció, tesztelés).

II.6.1.4 A specializáció további tantárgyai

Mobil kommunikációs hálózatok és alkalmazásaik
(VIHIAC10, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, HIT)
Specializáció tantárgy

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja, hogy a hallgatók számára gyakorlati megközelítésben bemutassa a napjainkban legelterjedtebb korszerű 5G mobil- és vezetéknélküli hálózatok és rendszerek működését és alkalmazási lehetőségeit a digitalizációs folyamatban. A tantárgy célja továbbá a mobil és rádiós technológiák gyakorlati alkalmazási lehetőségeinek ismertetése az Internet of Things (IoT), “Vehicle-to-everything" (V2X) okos város, ipar 4.0 és az agrárdigitalizáció területeken. Az ötödik generációs mobilhálózat és vezetéknélküli hálózatok, szenzorhálózatok méretezéséhez, üzemeltetéséhez szükséges alapvető ismereteket átadása, valamint alapvető rádiós és vezetéknélküli kommunikációs megoldások és ezek lehetőségeinek, használati módjainak bemutatása konkrét példákon keresztül történik.
A tantárgyat sikeresen teljesítő hallgató képes lesz:
- mobil és vezetéknélküli hálózatok üzemeltetéséhez szükséges gyakorlati tudásanyag elsajátítására és alkalmazására,
- a mobil és rádiós technológiák gyakorlatközpontú alkalmazására, megfelelő kommunikációs technológia kiválasztására,
- összehasonlítani különböző vezetéknélküli hozzáférési technológiákat, műszaki és költséghatékonysági szempontból,
- értelmezni és alkalmazni a tantárgyban előkerülő fogalmakat és ismereteket; a későbbi tanulmányok során felismerni azokat a helyzeteket és problémákat, ahol a tantárgyban tanult ismeretek szerephez jutnak és sikerrel alkalmazni a tanultakat,
- átlátni a vezetéknélküli és mobil hálózatok működését az fizikai rétegtől az alkalmazási rétegig.

2. A tantárgy tematikája
Mobil rendszerek áttekintése, fejlődése 2G/3G tömör bemutatása.
2G/3G hálózati architektúra, főbb jellemzők; bázisállomás evolúció (röviden bemutatni a főbb változásokat, elosztott bázisállomás, felhő RAN).
Mobilhálózati alapfogalmak: hullámterjedés, cellás elv, modulációk.
4G LTE rendszerek felépítése, működése, hálózati szolgáltatások és elvek, rádiós interfész bemutatása.
5G rendszerek felépítése, működése, hálózati szolgáltatások és elvek, rádiós interfész bemutatása.
Fejlett 5G hálózati megoldások, numerológia; massive MIMO, nyalábformálás.
5G rendszerek műholdas kiterjesztése, űrinternet, kitekintés a 6G rendszerekre.
WIFI 4,5, 6, 6E hálózatok.
Kisfogyasztású szenzorhálózati kommunikációs technológiák ismertetése: Bluetooth, Zigbee, Lora, NB IoT.
A mobil és rádiós technológiák gyakorlati alkalmazási területeinek bemutatása: Internet of Things (IoT) - tipikus IoT alkalmazási területek, célok - massive IoT / mission critical IoT különbségek, edge/cloud/fog computing megközelítés, ezek támogatása a mobil hálózati architektúrában - néhány konkrét példa ismertetése ipari együttműködések, pályázatok és projektek alapján.
Járműkommunikáció, Vehicle-to-everything (V2X) - kommunikációs protokollok: 802.11p, 802.11bd, C-V2X (LTE és 5G NR Sidelink) - különféle szcenáriók bemutatása - day 1, day 2, … use cases.

Okos város és Ipar 4.0 - alkalmazási lehetőségek: okosparkolás, okosalmérők, levegőminőség monitorozása, okos hulladékgazdálkodás, okos-közvilágítás, okos közlekedés stb. - nagy területet lefedő, kisfogyasztású szenzorhálózati kommunikációs megoldások összehasonlítása az 5G alapú megközelítéssel - okos gyár kommunikációs szcenárió, gyártáslogisztika támogatása, beltéri pozícionálás, követés, azonosítás - konkrét példák ismertetése ipari együttműködések, pályázatok és projektek alapján. Agrárdigitalizáció - monitoringrendszerek a mezőgazdasági termelésben - növénytermesztés: mit mérhetünk, mivel mérhetjük, kommunikációs igények - állattenyésztés: az állatok fejlődésének és egészségének monitorozására szolgáló megoldások és kommunikációs elvárásaik a mobilhálózatokkal szemben - hálózatok kiterjesztése MESH technológiával, különböző technológiák integrációja, gyártófüggő és nyílt megoldások együttműködése - néhány konkrét példa ismertetése ipari együttműködések, pályázatok és projektek alapján.

Távérzékelés és helymeghatározás
(VIHVAC13, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, HVT)
Specializáció tantárgy

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célkitűzése megismertetni a hallgatókkal a távérzékelés és helymeghatározás gyakorlatban alkalmazott rendszereinek felépítését és működését, jellemző paramétereit, fókuszálva a mérési és becslési eljárások fizikai és matematikai alapjaira, az algoritmizálható részekre, a beágyazott és alkalmazói programok felépítésére és működésére, kezdve a műholdas helymeghatározástól, az aktív és passzív felderítő radarokon át, egészen a rádiófrekvenciás irány/pozíció/elmozdulás becslési eljárásokig.
2. A tantárgy tematikája
GPS rendszer felépítése, működése, GPS alapú helymeghatározás gyakorlati korlátai, jellemzői, GPS zavarhatósága.
Hosszúság, szélesség, magasság koordináták és a digitális térképek és térképi adatbázisok kapcsolata, megjelenési és megjelenítési formák, nyílt és zárt formák.
Távérzékelés: radar elv, radar rendszerek megjelenési formái, alkalmazási példák.
Aktív radarok: primer és szekunder radar, pontszerű célok detektálása. Képalkotó radar – 2D felderítés – SLAR, SAR. Meteorológiai radar – hidrometeorok felderítése, időjárás becsléshez használt szondák. Hangfrekvenciás radar, szonár, víz alatti felderítés. Lézernyalábbal működő felderítés, gyakorlati paramétrerek, megjelenítési formák, alkalmazási példák, henger koordináta leképezés
Passzív radarok: WAMLAT renszer, rádiójelet kibocsátó objektumok detektálása, térképi megjelenítése. Műsorszóró adók, mint megvilágító források, DVB-T és FM alapú passzív radar, nem koorepáló céltárgyak detektálása.
Iránybecslés: rádiófrekvenciás források irányának becslése, iránybecslő rendszerek – háromszögelés, detektálható források pl. UAV.
Beltéri helymeghatározás: célja, megjelenési formái, alkalmazási példák, aktív és passzív rendszerek, RFID, mikrohullámú alkalmazások. RF jelek RSSI detektálása, fázis és beérkezési időkülönbség mérés, gyakorlati korlátok. Kültéri helymeghatározás: mobil rendszerekben alkalmazott cellán belüli iránybecslés, 3-4-5G rendszerek.

Konténeralapú felhőplatformok
(VITMAC14, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, TMIT)
Specializáció tantárgy

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja a modern, konténer alapú felhő rendszerek felépítésének bemutatása. A hallgató képes lesz áttekinteni egy felhő rendszer struktúráját, megérti a hálózati és virtualizációs megoldásait, a segítségével a fizikai eszközöket (hardverelemeket) egy, felhasználói igényeket rugalmasan támogató infrastruktúrát képes konfigurálni.

A tantárgy első részében a felhők megvalósításának építőelemeit, a Linux alapú platformokat, különösen azok hálózati részleteit tekintjük át. Bemutatjuk a virtualizációs megoldásokat, valamint a konténereket orkesztráló Kubernetes rendszert. Végül gyakorlati példák segítségével ismertetjük, hogy milyen módon képes a rendszer az erőforrásokat a változó igények szolgálatába állítani.
A tantárgyat sikeresen teljesítő hallgató:

- megérti és átlátja különböző méretű és típusú IT hálózatok és a hozzájuk közvetlenül kapcsolódó szolgáltatások működését és az egyes komponensek szerepét;
- megismeri és megérti a különböző hálózati eszközök belső felépítését, működését és az ebből adódó lehetőségeket és kényszereket;
- képes önállóan megtervezni és kialakítani kis- és közepes méretű IT hálózatokat, képes beüzemelni az összes alapvető hálózati szolgáltatást;
- megismeri és használni tudja azokat a „szoftver szerszámokat”, melyek segítségével lokalizálhatók az IT hálózatokban fellépő hibák, képes gyorsan elhárítani a hibás konfigurációkból adódó problémákat;
- megismeri és megérti az olyan új hálózati technológiákat, mint az SDN és NFV;
- ismertetni a virtualizációs technikákat, a hálózati virtualizációs megoldásokat, jellemző alkalmazási területeket és a különböző szolgáltatási modelleket;
- elmagyarázni a hálózati funkció virtualizálás (NFV) koncepciót, motivációit és annak előnyeit, hátrányait;
- tipikus (számítási, tárolási és analitikai) alkalmazások virtualizációja után az alkalmazás futtatásához szükséges virtualizációs környezet rendszerelemeinek meghatározására, a környezet konfigurálására.

2. A tantárgy tematikája

Linux alapú platformok. Hálózatkezelés, egy csomag útja a rendszerben.
Hálózati eszközök belső felépítése, működése, operációs rendszere (pl. OpenWRT)
Alapvető segédeszközök, „szoftver szerszámok” (tcpdump, wireshark, iproute2, ifconfig, route, iptables, ...). Python script nyelv és gyakorlati alkalmazása.
Hálózati funkciók a gyakorlatban: lokális hálózatok manuális konfigurálása; NAT működése és konfigurálása (iptables); firewall működése és konfigurálása (iptables); DHCP (isc-dhcp-server); DNS (bind9); (zero-konfiguráció és protokolljai).
Erőforrás-virtualizáció alapjainak bemutatása, az erőforrás virtualizáció szintjei, alapvető koncepciók. Virtuális gépek és konténerek. KVM, QEMU, Docker.
Hálózati eszközökben elérhető hardver és szoftver erőforrások virtualizációja és felhasználása.
Adatközpontokban elérhető erőforrások virtualizációja és megosztása, processzor virtualizáció, háttértár és memória virtualizáció, virtuális gépek, adatközpontok felépítése és működése, legfontosabb funkciók, API-k.
Konténerek orkesztrációja, OpenStack és Kubernetes.
Hálózatkezelés Dockerben, Kubernetesben, CNI.
Komplex szolgáltatás kezelés Kubernetesben: Service Mesh (istio, envoy).
Alkalmazások rugalmas erőforrásigényének kiszolgálása virtualizációs környezetben, skálázódás.
Mesterséges intelligencia (MI) szerepe a rendszer működésében. Skálázási döntések, erőforrás felhasználás előrejelzése. MI alapú vezérlés, optimalizálás. Intelligens felhők.
Felhő alapú szolgáltatások és analitika szolgáltatás minőségének (QoS) monitorozása és skálázódási kérdései (load balancing, high availability).
Virtualizáció szerepe a modern (5. és 6. generációs) mobil hálózati architektúrákban, hálózati funkciók virtualizálása (Network Funcion Virtualization – NFV).

Intelligens érzékelők és gépi adatfeldolgozás
(VIEEAC07, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, EET)
Specializáció tantárgy

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja a feldolgozó képességekkel kiegészült okos érzékelők, beavatkozó eszközök és a gépi intelligencia együttműködésének bemutatása; a szenzor végpontok adatfeldolgozó elemeinek és gépi tanulási algoritmusainak ismertetése, telemetrikus alkalmazások, pl. távgyógyászat. A hallgatók megismerhetik a feldolgozó képességekkel kiegészült intelligens szenzorokat, különös tekintettel az adatok gépi tanulással történő feldolgozásának egyes módszereire.
2. A tantárgy tematikája
Érzékelőkből és beavatkozókból álló okos rendszer ismertetése, amely mért adatokból döntéseket hoz és beavatkozást végez, pl. egyes szenzorok aktivizálása és a mérések gyakoriságának meghatározása. Érzékelők intelligenciájának jellemzői, hitelesítés, önkalibrálás, előfeldolgozás, zavarmentesítés, adaptivitás, rekonfigurálhatóság, mérési stratégia önálló meghatározása.
Hőmérséklet, elmozdulás, gyorsulás, érintés érzékelése. Integrált érzékelők, CMOS képérzékelő. Integrált érzékelő gyártástechnológiája, mikro-elektromechanikai rendszerek (Micro-Electro-Mechanical System, MEMS). Hálózattól független energiaellátás kérdései (akkumulátor, napelem stb.).
Mikromechanikai integrált érzékelők típusai, nyomás- és tapintó-érzékelők, kémiai és orvosbiológiai érzékelők (ISFET, ChemFET), hidak és konzolok segítségével kialakított érzékelők, mikro-fűtőlapokkal megvalósított eszközök.
Hálózatba kapcsolt intelligens szenzorok (azonosításhoz Radio-Frequency Identification címkék stb.), jellemzői (korlátos tápellátás, hálózatkialakítási képesség, gépi tanulási módszerek használata), célja (adatgyűjtés, adatelemzés, döntéshozás és adatmegosztás).
A felhő alapú számítás előnyei (nagy adatmennyiség korlátlan kapacitású távoli szerverre küldése) és hátrányai (időérzékeny adatoknál az átviteli idő nagy lehet a felhő és a hálózat szélén lévő intelligens szenzorok között). A felhő kiterjesztése a hálózat szélére: fog (Cisco) / edge (IBM) / cloudlet számítás, jellemzői (elosztott számítás, mobilitás, csomópontok nagy száma, heterogén vezetéknélküli hálózat).
Szenzor-architektúrák fejlődése, generációk: az egyszerű érzékelőtől a beágyazott processzort tartalmazó intelligens szenzorig; intelligens érzékelők alkalmazásokban. Eszközök kiegészítése feldolgozó képességekkel, időérzékeny adatok helyi feldolgozása és beavatkozók vezérlése.
Érzékelőkből származó adatok elemzése, kiugró értékek eltávolítása, források szelekciója, nagy adatmennyiségek kezelése, mintafelismerés, mért adatok osztályozása, klaszterezés, faktoranalízis, többdimenziós skálázás.
Klaszterezés különböző típusainak részletes ismertetése (hierarchikus vagy nem hierarchikus; kizáró, átfedő vagy fuzzy; teljes vagy részleges stb.). Klaszterek típusai (jól elkülönülő, középpont-alapú, szomszédság-alapú, sűrűség-alapú). Elterjedten használt klaszterezési eljárások (legközelebbi szomszéd, legtávolabbi szomszéd, UPGMA, WPGMA, Ward, K-közép, DBSCAN stb.).
Speciális adatbányászati módszerek az időbeli fejlődést mutató objektumok vizsgálatára: fenogram és kladogram számítása, és ezek alkalmazása érzékelőkből származó adatok elemzésére.
Testen hordozható érzékelőhálózatok (Body Worn Network, BWN), vezetéknélküli szenzorhálózatok és kommunikációs interfészek. Telemetriás rendszerek a távgyógyászatban, a mobiltelefon-hálózatra épülő rendszerek alkalmazása. Járművek hálózata, Internet of Vehicles (IoV), VANET (Vehicular ad hoc network).
Elosztott adatbányászat: térbeli adatbányászathoz szükséges adatok gyűjtésének megkönnyítése, pl. légszennyezés nyomon követésében. Az ilyen típusú hálózatok fő jellemzői (pl. környezetet figyelő közeli érzékelőcsomópontok jellemzően hasonló mért értékei). Az érzékelőmegfigyelések közötti térbeli korrelációból adódó ilyen jellegű adatredundanciából származó igény a hálózaton belüli adataggregálásra.
Intelligens kardiológiai érzékelők, pulzus-, vérnyomás-, ECG-távmérés, anemométerek (szélsebességmérő), vér-oximéterek, szívroham felismerés, agyi érkatasztrófa előrejelzés. Esettanulmány: orvoselektronikai adatok elemzése, azok szoftverként való megvalósításának hardver feltételei.

Élő szövetbe implantált érzékelők felépítése, kommunikációs elektronikája és energiaellátási problematikája. Intelligens kardiológiai érzékelők, pulzus-, vérnyomás-, ECG-távmérés, anemométerek, vér-oximéterek, szívroham felismerés, agyi érkatasztrófa előrejelzés. Távgyógyászati szenzorhálózatok adatvédelme, személyiségi jogok biztonsága.
Éves anyag áttekintése, kitekintés.

II.6.2 Szoftverfejlesztés specializáció (AUT, IIT, MIT)

A specializáció angol neve: Software Engineering

A specializáció célkitűzése:
A specializáció célja megismertetni a hallgatókat azokkal a kurrens szoftvertechnikákkal és eszközökkel, amelyek informatikai rendszerek megvalósításához, teszteléséhez, karbantartásához és dokumentálásához szükségesek. A specializáció kiemelt hangsúlyt fektet a legfrissebb szoftverirányzatok teljes spektrumának lefedésére, különös tekintettel a kliens oldalra és informatikai háttér rendszerek fejlesztésére, a vonatkozó megvalósítási technikákra, olyan igényes grafikai információmegjelenítési és felhasználói interfész kialakítási módszerekre és fejlesztési technológiákra, amelyek követik a felhasználói igényeket, a szoftverfejlesztést támogató automatizált eszközökre, valamint a korszerű rendszerfejlesztési koncepcióknak való megfelelés követelményeire. A specializáció alábbiakban körvonalazott tematikája a kapcsolódó laborok és önálló laboratóriumi foglalkozások keretében magában foglalja a gyakorlati ismeretek széles körének elsajátítását, valamint olyan elméleti megalapozást biztosít, amely megfelelően felépített, rendszerezett és hasznosítható ismeretanyagot képez a jövő rendszereinek átfogó megismeréséhez, fejlesztéséhez és működtetéséhez.
Ágazatok:
AUT: Az ágazaton a hallgatók a főtantárgy (Adatvezérelt rendszerek) keretein belül megismerkednek a modern háttérrendszerek fejlesztésével kapcsolatos kihívásokkal és megoldásokkal. A tanszék második tantárgya (Kliensoldali rendszerek) a kliensoldali fejlesztés sajátosságait mutatja be, így téve teljessé a szoftverfejlesztési folyamat ismertetését.
IIT: Az ágazaton a hallgatók megtanulják a könnyen karbantartható, bővíthető és továbbfejleszthető szoftverek tervezési és fejlesztési elveit (Objektumorientált szoftvertervezés) A második tanszéki tantárgy keretében megismerik a virtuálisvalóság- és játékmotorok szoftver-architektúráját, a sokszereplős hálózati rendszerek szinkronizációs mechanizmusait, valamint a fizikai szimulációhoz és az utófeldolgozáshoz kapcsolódó GPGPU eljárásokat (3D grafikus rendszerek).
MIT: Az ágazat bemutatja azokat a módszereket és technológiákat, amikkel a szoftverfejlesztés egyes tevékenységei automatizálhatók (Automatizált szoftverfejlesztés ágazati főtárgy). A tanszék második tantárgya a természetes nyelvű szövegek gépi feldolgozásának elméleti és gyakorlati eszközeit ismerteti (Természetes nyelvi és szemantikus technológiák tantárgy).

A specializáció ágazatai:

Ágazatok:	Tanszék:	Ágazatfelelős:
Szoftverfejlesztés / AUT	AUT	Dr. Kővári Bence
Szoftverfejlesztés / IIT	IIT	Dr. Goldschmidt Balázs
Szoftverfejlesztés / MIT	MIT	Dr. Semeráth Oszkár

II.6.2.1 Szoftverfejlesztés / AUT ágazat

Adatvezérelt rendszerek
(VIAUAC15, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, AUT)
Ágazati főtantárgy

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja megismertetni a hallgatókkal az adatvezérelt- és un. „backend” rendszerek fejlesztése során leggyakrabban használt kiszolgáló oldali megoldásokat. A tantárgy keretében a hallgatók jártasságot szereznek adatbázisokra épülő rendszerek megvalósításában, elsajátítják az adatrétegben és az üzleti logikai rétegben alkalmazott tipikus módszereket és eljárásokat. A tantárgy ismerteti a különböző adatbázis-kezelő rendszerek használatát komplex szoftverrendszerek fejlesztése során, továbbá bemutatja

azon eljárásokat és megoldásokat, melyek segítségével modern, adatot kezelő alkalmazásokat (főként azok kiszolgáló oldalát) fejleszthetünk.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés, adatvezérelt rendszerek architektúrái (többrétegű architektúra, rétegek szerepe, rétegfüggetlen szolgáltatások).
Tranzakciókezelés adatbázis-kezelő rendszerekben, Microsoft SQL Server platform és sajátosságai.
Haladó SQL nyelvi elemek és adatbázis szerver oldali programozása (Microsoft SQL Server platform, T-SQL nyelv, tárolt eljárások és triggerek).
NoSQL adatbázisok, dokumentum-alapú adatbázisok működése. MongoDB platform, egyszerű lekérdezések MongoDB-ben.
Lekérdezések végrehajtása és hatékonysága Microsoft SQL Server platformon. Végrehajtási tervek és lekérdezés-optimalizálás.
Adat szótárak, félig strukturált adatok (XML, JSON) tárolása és kezelése
Adatelérési réteg, objektum-relációs leképzés, adatelérési rétegben használt tervezési minták (repository).
Objektum relációs keretrendszerek .NET környezetben, ADO.NET, Entity Framework és Linq to Entity Framework.
Objektum relációs keretrendszerek Java környezetben: JPA, QueryDSL.
Üzleti logikai réteg megvalósítása Java környezetben: JavaEE, Spring, SpringData.
Kommunikációs megoldások háttérrendszer és kliensalkalmazás között: SOAP és REST.
Üzleti logikai réteg megvalósítása .NET környezetben. ASP.NET Core platform alapjai, middleware szolgáltatások, WebAPI készítése.
Modern webalkalmazás készítése: minta alkalmazás elkészítése a félév során tanult módszerek áttekintése, demonstrációs céllal.

Adatvezérelt szoftverfejlesztés laboratórium

(VIAUAC16, 6. szemeszter, 0/0/2/f/3 kredit, AUT)
Ágazati laboratórium

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja az Adatvezérelt rendszerek tantárgy anyagának gyakorlása és elmélyítése önálló feladatmegoldással.

2. A tantárgy tematikája

A számítógépes laboratóriumi mérések tematikája:

- Microsoft SQL Server programozás (platformfüggő SQL lekérdezések, triggerek, kurzorok alkalmazása, tárolt eljárások készítése).
- MongoDB adatbázis használata (adatelérési módszerek a gyakorlatban, kliensoldali elérés C# nyelven, atomi adatmódosító utasítások, aggregációs pipeline-ok).
- Lekérdezés optimalizálás, indexek használata (indexek használata, táblabejárási módok összehasonlítása, teljesítmény elemzése).
- Entity Framework programozása (adatmodellezés a gyakorlatban, lekérdezések, függvények megadása az Entity Framework segítségével).
- Riport készítés (adatbázis-alapú riport készítés, adatforrások megadása, táblázatos riportok készítése, formázások, csoportosítás, összegzés, diagramok).
- Többrétegű alkalmazások fejlesztése REST alapon (REST kiszolgáló készítése C# nyelven).

II.6.2.2 Szoftverfejlesztés / IIT ágazat

Objektumorientált szoftvertervezés
(VIIIAC09, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, IIT)
Ágazati főtantárgy

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja, hogy a hallgatók elmélyítsék és kibővítsék az objektumorientált tervezéssel kapcsolatos ismereteiket.
2. A tantárgy tematikája
Az objektumorientált fogalmak áttekintése. Egységbezárás (encapsulation), többalakúság (polymorphism), öröklés (inheritance), asszociáció, függőség, aggregáció. Fontosabb objektumorientált tervezési elvek: SOLID, Tell Don't Ask, Design by Contract, Law of Demeter, stb. Ezek szerepe a tervezésben.
Objektumorientált tervezési heurisztikák az osztályok közötti függőségek minimalizálására. Heurisztikák az osztályok tervezésére vonatkozóan. Az egyes heurisztikák előnyei és hátrányai.
További objektumorientált tervezési heurisztikák: felelősségek szétosztása, asszociációk és kompozíciók tervezése. Az egyes heurisztikák előnyei és hátrányai.
További objektumorientált tervezési heurisztikák: öröklődés és heterogén kollekciók tervezése. Az egyes heurisztikák előnyei és hátrányai.
Refaktorálás alapelvei, szükségessége, problémái, tervezéssel és hatékonysággal való kapcsolata. Tipikus tervezési hibák (code smells), ezek felismerése és javítása. Tipikus refaktorálási minták és alkalmazásuk. Kapcsolat az objektumorientált tervezési elvekkel és heurisztikákkal.
Nehezen karbantartható kód jellemzői és következményei. Tiszta kód (clean code) jellemzői és előnyei. Clean code elvek: beszédes nevek használata, nevek választása, osztályok és függvények mérete, függvények sorrendje egy osztályon belül.
További clean-code elvek: öndokumentáló forráskód, kommentek helyes és hibás használata, objektumok és adatstruktúrák, hibakezelés és kivételkezelés, null érték használata.
API tervezési elvek, az API tervezés folyamata. API dokumentálása, inicializálás, paraméterlisták hossza, testreszabás, kényelmi függvények, kivételek, tesztelés.
Az elosztott objektumorientáltság problémái: memóriakezelési problémák, hálózati problémák, konkurencia problémák, késleltetés miatti problémák.
Az egyes elosztott kommunikációs problémák lehetséges megoldási módjai. Példák elosztott kommunikációra: SOAP, REST.
Konkurens és párhuzamos minták: szinkronizáció (kritikus szakasz, double-checked locking, várakozás, szálak közötti jelzés, publikus interfész).
További konkurens és párhuzamos minták: kontextus kezelési minták (globális kontextus, szálon belül lokális kontextus), kérés-válasz illetve eseménykezelési minták (ACT, cancellation token, future/task/deferred).
További konkurens és párhuzamos minták: reactor, proactor, active object, half-sync/half-async, leader-followers, scheduler.
Immutable (nem módosítható) objektumorientáltság előnyei és hátrányai. Immutable adatszerkezetek. Immutable osztályok készítése, builder minta.

Objektumorientált laboratórium
(VIIIAC10, 6. szemeszter, 0/0/2/f/3 kredit, IIT)
Ágazati laboratórium

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja, hogy a hallgatók programozási feladatok segítségével elmélyítsék és kibővítsék az objektumorientált tervezéssel kapcsolatos ismereteiket.

2. A tantárgy tematikája
Objektumorientált tervezési elvek: SOLID, Tell Don't Ask, Design by Contract, Law of Demeter, stb. A tanult elvek megsértésének felismerése a kódban, a kód javítása.
Objektumorientált tervezési heurisztikák: osztályok tervezése, felelősségek szétosztása, asszociációk és kompozíciók. A tanult heurisztikák megsértésének felismerése a kódban, a kód javítása.
Objektumorientált tervezési heurisztikák: öröklődés és heterogén kollekciók. A tanult heurisztikák megsértésének felismerése a kódban, a kód javítása.
Refaktorálás: code-smell-ek felismerése, javítás a tanult refaktorálási minták alkalmazásával.
Clean code: nehezen karbantartható kód felismerése és a kód tisztítása a tanult elvek segítségével.
Konkurens és párhuzamos minták: szinkronizáció, kontextus kezelési minták, kérés-válasz illetve eseménykezelési minták, konkurencia minták. A tanult minták alkalmazása programozási példákon keresztül.
Immutable objektumorientáltság: immutable adatszerkezet implementálása és használata.

II.6.2.3 Szoftverfejlesztés / MIT ágazat

Automatizált szoftverfejlesztés
(VIMIAC20, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, MIT)
Ágazati főtantárgy

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy a szoftver nyelvek tervezési folyamatát (software language engineering), a fejlesztőkörnyezetek és szoftverfejlesztés automatizálható funkcióit mutatja be, beleértve a környezetfüggetlen nyelvtanok tervezését, nyelvtani elemzés (parsing) folyamatát, automatizált folytonos integráció (continuous integration) megvalósítását, valamint a különböző tesztelési és teljesítménymérési technikák végrehajtását és statisztikai elemzését. A tantárgy célja, hogy a hallgatók megismerjék és kipróbálják a témában elérhető korszerű technológiákat, és tapasztalatot szerezzenek a nyelvtervezés és fejlesztés automatizálása terén.
2. A tantárgy tematikája
Bevezetés: Automatizálás a szoftverfejlesztésben. Milyen termékek szerepelnek a szoftverfejlesztés különböző fázisaiban, milyen lépések vannak az egyes fázisokban, hogyan támogathatóak vagy automatizálhatóak ezek?
Folytonos integráció és automatizálási lehetőségek. Automatikus fordítási, transzformációs lépések és tesztelés futtatása.
Nyelvtervezés (language engineering), szakterületspecifikus nyelvek. Modellezés, metamodellezés, gráf alapú modellek a gyakorlatban.
Környezetfüggetlen nyelvtanok. Nyelvtanok fogalma, nyelvtervezés, nyelvtani elemzés.
Szerkesztő funkciók (Editorok), modern fejlesztőeszközök. Milyen funkciókat nyújt egy modern fejlesztőeszköz? Hogyan lehet kiegészíteni, személyre szabni ezeket?
Kódgenerálás és modelltranszformációk. Kódgenerátorok és fordítóprogramok kapcsolata. Kódgenerálási technológiák. Gráf- és modelltranszformációk.
Szimulációs és hibakeresés (debugging). Modellek interpretálása, modell szemantikák. Megfigyelhetőség és kontrollálhatóság.
Programkód reprezentálása modellekkel. Vezérlési folyam (control flow) és adatfolyam (data flow) fogalmai.
Modellek és programkód ellenőrzése statikus analízis technikákkal. Mintaalapú statikus ellenőrzési technikák alkalmazása és kiegészítése.
Tesztelési technikák, fedettségi metrikák. Teszttervezési és generálási módszerek, automatizált tesztelés.
Karbantartható és hatékony egységtesztelés (unit testing). Tesztelési minták és mit érdemes elkerülni (test smell). Izoláció megvalósítása teszt dublőrök segítségével (stub, mock).

Teljesítménymérés és metrikák (szoftver komponensek). Teljesítménytesztek tervezése és futtatása, mérési adatok értékelése.
Tesztelési és mérési eredmények statisztikai elemzés. Mérési adatok vizualizálása, adatelemzése. Minőségi mutatók elemzése.
Ipari esettanulmány, meghívott előadó.

Automatizált szoftverfejlesztés laboratórium
(VIMIAC21, 6. szemeszter, 0/0/2/f/3 kredit, MIT)
Ágazati laboratórium

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja az Automatizált szoftverfejlesztés tantárgy anyagának gyakorlása és elmélyítése laboratóriumi mérések elvégzésével.
2. A tantárgy tematikája
A tantárgy a következő méréseket foglalja magában:
- Szakterületspecifikus nyelv tervezése és megvalósítása.
- Szerkesztő készítése szakterületspecifikus nyelvhez.
- Statikus analízis eszköz kiegészítése új mintaalapú szabályokkal.
- Egységtesztek tervezése és készítése, fedettség mérése.
- Szoftver komponens teljesítményének vizsgálata és mérése.
- Tesztelési és teljesítménymérési adatok statisztikai és vizuális elemzése.

II.6.2.4 A specializáció további tantárgyai

Kliensoldali rendszerek
(VIAUAC17, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, AUT)
Specializáció tantárgy

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja, hogy a hallgatók betekintést nyerjenek a kliensoldali alkalmazások fejlesztésének alapelveibe és meghatározó technológiáiba. A tantárgy keretében bemutatásra kerülnek a legfontosabb felhasználói platformok (desktop, tablet, mobil), valamint az alkalmazás-felületek fejlesztésének rájuk vonatkozó ergonómiai alapelvek. A hallgatók megismerkednek a korszerű vastagkliens fejlesztéshez szükséges eszköztárral, melyek mellett hasonló súllyal megjelennek a vékonykliens technológiák is. Tárgyalásra kerülnek az adatkötési megoldások, valamint az űrlap generálási technikák. A tantárgy különböző tervezési kérdéseket érint: az MVC/MVVM tervezési minták kapcsán a hallgatók megtapasztalhatják, miként lehetséges a felület és a mögöttes logika (és ezáltal a fejlesztő és a designer munkájának) szétválasztása. A tantárgy szerves részét képezik a gyakorlati foglalkozások, melyek lehetőséget biztosítanak a hallgatók számára, hogy az előadáson tanultakat maguk is kipróbálhassák.
A tantárgy követelményeit eredményesen teljesítő hallgató képes lesz:
- bemutatni az alapvető kliensoldali technológiákat, rámutatni azok kapcsolatrendszerére és jellegzetességeire, egymáshoz viszonyított előnyeire és hátrányaira;
- egyszerűbb kliensalkalmazások fejlesztésére vastagkliens technológiával;
- egyszerűbb webes alkalmazások fejlesztésére Angular technológiával;
- egyszerűbb webes alkalmazások fejlesztésére React technológiával;
- alapvető ergonómiai elvek felismerésére.

2. A tantárgy tematikája
A kliensoldali alkalmazások helye és jellegzetességei a többrétegű architektúrákban, kliensoldali tervezési minták, hibakezelés, naplózás, elnevezési konvenciók.

Korszerű alkalmaGDI, GDI+ problémái, XAML, szálkezelés, Dependency/Attached properties, Visual, DPI független rajzolás, aszinkron programozás.
Korszerű Windows alkalmazások fejlesztése (architektúra, programozási modell, funkciók áttekintése).
A multiplatform alkalmazásfejlesztés kihívásai. .NET Multi-platform App UI (MAUI) alapok.
Vezérlők, Adatkötés, sablonok, erőforrások, stílusok, triggerek, eseménykezelés, MVVM, dokumentumkezelés.
Az ergonómia szerepe a kliensoldali alkalmazásfejlesztésben.
TypeScript nyelvi elemei, fejléc fájlok, osztályok, interfészek, anonim függvények.
TypeScript fordítás, statikus típusosság, szintaxis.
Webes keretrendszerek – Angular, React.

3D grafikus rendszerek

(VIIIAC11, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, IIT)
Specializáció tantárgy

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja, hogy megismertesse a hallgatókat a háromdimenziós grafika megjelenítéséhez szükséges szoftver- és hardvereszközökkel, azok használatával és programozásával. A tantárgy keretében a hallgatók megismerik az online, böngészőben is futtatható 3D programok létrehozására alkalmas WebGL (vagyis OpenGL ES) API-t, illetve a Windows platformon működő D3D grafikus könyvtárat, és ezek szoftverbe illesztésének jellemző módjait. A tantárgy bemutatja a 3D grafikus rendszerek, virtuálisvalóság- és játékmotorok alapvető szoftver-architektúráját, a fizikai szimulációhoz használható PhysX könyvtárat, illetve a sokszereplős hálózati rendszerek szinkronizációs mechanizmusait.

2. A tantárgy tematikája

A böngésző programozása Kotlin nyelven, eseménykezelés, a grafikus csővezeték programozása a WebGL API-n keresztül.
Vektor- és mátrixműveletek célszerű implementációja különböző platformokon. Optimalizáció JavaScriptben. Típusos tömbök használata. Operátor-túlterhelés Kotlinban. Párhuzamos műveletek. Swizzle operator megvalósítása különböző programnyelveken, tulajdonság-elérő metódusokkal, illetve metaprogramozással.
Játékobjektum-modellek (objektum-központú, tulajdonság-központú, monolitikus, komponens-alapú). Kihívások és jó gyakorlatok.
2D kamera és fizikai szimuláció. Transzformációs hierarchiák, kényszerek. Ütközésdetektálás-és válasz. Térbeli hash alapú közelségi keresés dinamikus terekben.
3D modellek létrehozása Blenderben. Poliédermodellek, árnyalási normálok szerkesztése, UV paraméterezés. Python scriptek Blenderben, alapvető szintérmanpuláció és geometria-feldolgozási technikák. Modellformátumok, JSON deszerializáció, modellfileból betöltött geometriák, többanyagos hálók. Háromdimenziós forgatások és vezérlések, kvaterniók, duális kvaterniók. Megjelenítés perspektívában.
3D transzformációs effektek (háttér doboztextúra alapján, pályaanimáció, vetített árnyékok, végtelen geometriák, csatolt objektumok).
Radiometriai és fotometriai mértékek. Árnyalási effektek. Környezet-leképezés. Normál-leképezés. Anyagmodellek: diffúz, ideális, spekuláris, Phong, Phong-Blinn, Max-Blinn, wrap shading. Fizikai plauzibilitás és műtermékek kapcsolata. Fényforrásmodellek.
Karakter-animáció. Csomópontok, ízületek és csontok fogalma, viszonyaik. Csonttranszformációk felépítése. Animációs formátumok, klippek, keretek, ízület-transzformációk, rögzítési póz és rögzítési transzformációk. A csonttranszformációk számítása, interpoláció. Lágy bőrözés és implementációja a GPU-n. Nagyszámú karakter animációjának párhuzamos számítása.
Hálózati játékmechanika és szinkronizáció. Extrapoláció és interpoláció.
Zajfüggvények, procedurális implicit geometriák és megjelenítésük.
GPGPU számítások a grafikus API-n keresztül (Compute Shader).
3D fizikai szimuláció, ütközésdetektálás és -válasz.

Természetes nyelvi és szemantikus technológiák
(VIMIAC22, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, MIT)
Specializáció tantárgy

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy bevezetést nyújt a természetes nyelvű szövegek gépi feldolgozásának és a szemantikus technológiák területébe, a különböző megközelítéseket gazdagon illusztrálja gyakorlati ismeretekkel. Ismerteti a különböző természetesnyelv-feldolgozási eszközök működését és alkalmazását az információkeresés, a szövegannotálás, a tudáskinyerés, a természetes nyelvű ember-gép interfészek és további területeken. Kitér különféle tudásreprezentációs technikák, szakértői és következtető rendszerek alkalmazására, valamint kiemelt hangsúlyt helyez modern gépi tanulási megoldások bemutatására. A tantárgyi gyakorlatokon lehetőséget biztosítunk széles körben alkalmazott eszközök gyakorlati kipróbálására, ipari projektekből származó tapasztalatok megismerésére is.

2. A tantárgy tematikája
Bevezetés. A természetesnyelv-feldolgozás áttekintése, alapfogalmak, áttekintő irodalmak, célkitűzések, problémák a természetes nyelvű szövegek feldolgozásával, alkalmazási területek, alapvető eszközök kísérletezésre. Számítógépes nyelvészet (CL), természetesnyelv-feldolgozás (NLP), szintaktika, szemantika.
Információkeresés. Szövegkeresési technikák, szövegindexelés és információ-visszakeresés, lekérdezési- és dokumentum-modellek, találati lista rangsorolás, hatékonyság mérése. Szövegkorpusz, konkordancia, információ-visszakeresés (IR), indexelés, vektor-tér modell, tévesztési mátrix, pontosság, felidézés, F1-score.
Statisztikai nyelvi modellek és alkalmazásuk. Szegmentálás és tokenizálás, szózsák és n-gram modellek, TF-IDF modell, rejtett szemantikájú indexelés, szótárépítés, szövegklaszterezés, szövegkivonatolás, hangulatelemzés, stilometria.
Szövegannotálás. Szövegek nyelvi és szemantikai annotációja, szófaji címkézés, entitásfelismerés, annotálók tanítása adathalmazokból, mélytanulási módszerek (szóbeágyazások, RNN, LSTM) alkalmazása.
A nyelvtan (grammatika) és felhasználása. Nyelvi szabályszerűségek leírása nyelvtanokkal, szintaktikai elemzés és jellemző algoritmusai, az elemző működése, kifejezésstruktúra, levezetési szabály, elemzési fa, nyelvtanok tanulása (Penn Treebank), kontrollált természetes nyelvek.
Információkinyerés természetes nyelvű szövegekből. Szókincs és nyelvtan kiterjesztése szemantikai információkkal, szemantikus annotálás, szemantikai értelmezés tanulása mintákból, egyértelműsítés, kontrollált nyelvek alkalmazása tudásbevitelre, témamodellezés (topic modelling), kompozíciós szemantikai elemzés, ontológia, lexikai és szemantikai többértelműség.
Tudásmenedzsment, tárgyterületek modellezése. Tudásmodellezés, explicit és implicit tudás, tudásreprezentációs megközelítések, szakértői rendszerek, következtetés, magyarázatgenerálás.
Szemantikus technológiák. Szemantikus web koncepció, szemantikus web technológiák, egységes erőforrás azonosító (URI), erőforrás leíró keretrendszer (RDF), nyílt világ feltételezés alapú információleírás.
Linked Data információelérés. Linked Data koncepció, nyílt adatforrások a világban, nyílt szótárak, szemantikus hálózatok.
Ontológiák, logikai reprezentációk. Szótárak, tezauruszok, ontológiák építése és alkalmazása, pszicholingvisztikai modellek.
Logikai következtetés. Ontológiák reprezentálása leíró logikákban, leíró logikai következtetés, Tableau algoritmus, szabály alapú reprezentáció, előre és hátrafelé láncoló következtetés.
Párbeszédkezelés, érvelés. Párbeszédek leírása, modellezése szabály alapú megközelítéssel, érvelési rendszerek, magasabb rendű logikai modellek, modális logikák alkalmazása érvelések leírására
Esettanulmányok. Tudástárak építése és alkalmazása, szemantikus annotálás információkinyerési céllal, természetes nyelvű robotinterfészek megvalósítása, böngésző alkalmazásokba beépülő nyelvi technológiák.

SCADA és a villamosenergia-rendszer
(VIVEAC18, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, VET)
Specializáció tantárgy

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy a felügyeleti és kapcsolódó rendszerek szoftverfejlesztését mutatja be a villamosenergia-rendszerek, mint valósidejű követelményeket támasztó kritikus infrastruktúrák és valós idejű követelmények melletti szoftverfejlesztés gyakorlati példákoin keresztüli bemutatását tűzi ki célul. A tantárgy elsőként bevezeti a hallgatókat a villamosenergia-rendszer üzemirányításának alapjaiba, mind a fizikai törvényszerűségek (hálózat kiterjedtsége, teljesítményegyensúly, frekvencia, reakcióidő, folyamatok), mind az ICT infrastruktúrát illetően. Ez utóbbi keretében szóba kerül az üzemirányítási rendszerek hardveres és szoftveres felépítése, valamint ennek iparági specifikumokai (redundancia, alkalmazott protokollok, fizikai kiterjedés, többszintű üzemirányítás, algoritmusok). Ezekre építve a tantárgy további részében a hallgatók elmélyültebb tudást szereznek az ilyen környezetben működő szoftverek felépítését, tervezését, készítését illetően. A két fő fókuszterület a SCADA rendszerek, illetve a valós idejű szoftverek, szimulátorok.

2. A tantárgy tematikája
A villamosenergia-rendszer fizikai felépítése (elosztó- és átviteli hálózat, fizikai kiterjedés, hatásos teljesítmény, teljesítményegyensúly, frekvencia, reakcióidő).
A villamosenergia-rendszer ICT infrastruktúrájának felépítése (szenzorok, alállomási környezet, alállomás-üzemirányító központ összeköttetés, kommunikációs csatornák, redundancia, protokollok).
A villamosenergia-rendszer üzemirányításában alkalmazott SCADA rendszerek (kapcsolódás a fizikai és ICT infrastruktúrához, egyéb rendszerekhez való kapcsolódás- GIS, adatbázisok, algoritmusok, redundanciák lehetősége, kiberfizikai rendszer).
SCADA rendszerek komponenseinek fejlesztése (szoftbus-elv, valós idejű adatbázis kezelés, szervezés, technológiai adatgyűjtő rendszerek, konkrét ipari esetek – például állapotbecslés, adatinterfész).
Valós idejű fejlesztési módszerek (eseményvezéreltség, párhuzamosság, processz kommunikáció – shared memory, szemaforok, pipeline, que, szinkronizáció, hard és soft real time, szimulációs rendszerek).
Alapvető IT biztonsági kérdések, jogosultság és hozzáférés kezelés. Kitekintés: SIL szintek, programfejlesztési módszertani és dokumentációs követelmények, redundancia, szavazóelv.
Nagymegbízhatóság biztosítása (tartalékolás - hot-standby, spare, cluster…; adatbázis kópiák; tranzakcionális job kezelés; redundáns kommunikáció biztosítása).
SCADA és egyéb kritikus infrastruktúrák esetén fejlesztési és release készítési módszertanok; az éles, teszt, fejlesztői rendszerek és használatuk.

II.6.3 Információs rendszerek specializáció (ETT, SZIT, TMIT)

A specializáció angol neve: Information Systems

A specializáció célkitűzése:
Az információs rendszerek feladata az információ gyűjtése, feldolgozása, tárolása, rendelkezésre bocsátása és elemzése.
Digitalizálódó világunkban ma már lépten nyomon információs rendszerekkel lépünk interakcióba sokszor anélkül is, hogy ezt akár észrevennénk. Ezeknek a rendszereknek - kiemelten az üzleti tevékenységeket támogató rendszereknek - a hatékonyságát és sikerét a háttérben futó folyamatok biztosítják. A folyamatok megtervezése, felépítése, adatalapú elemzése, monitorozása, gépi tanuló modellekkel való előrejelzése, továbbfejlesztése fontos feladatokkal látja el az információs rendszerekkel foglalkozó informatikusokat.
A specializáción a hallgatók megismerkedhetnek a vállalatirányítási rendszerekkel, az információs folyamatok működésével, a tervezésükhöz használható matematikai módszerekkel (játékelmélettel, kombinatorikával), valamint a kezelésükhöz kapcsolódó adatelemzéssel, gépi tanulással és mélytanulással. A specializációt végzett hallgatók mesterképzésben tovább fejleszthetik tudásukat a gazdaságinformatikus szak specializációin, valamint az adat és mesterséges intelligencia tematikájú mérnökinformatikus főspecializációkon, azonban már a specializáció elvégzésével is az iparban keresett és jól megbecsült tudást szereznek.
ETT ágazat: A tanszék ágazata az információs rendszerek egyik nagy területével, a vállalatirányítási rendszerekkel foglalkozik. A modern vállalatirányítási szoftverek ma már minden vállalkozásnál megtalálhatóak. Ezen rendszerek fejlesztése, bevezetése és üzemeltetése olyan szakemberek munkáját igényli, akik komplex informatikai tudással rendelkeznek, ugyanakkor ismerik a tipikus vállalati folyamatok működését. Az elméleti tudás megszerzése mellett kiemelt figyelmet fordítunk a gyakorlati készségek elsajátítására is, az ágazaton a legkorszerűbb vállalatirányítási rendszerkörnyezetekhez biztosítunk hozzáférést. A vállalatirányítási rendszerek szakértői – pl. SAP tanácsadó, ERP/CRM rendszer fejlesztő, vállalati adattudós – ma a legkeresettebb informatikusok közé tartoznak.
SZIT ágazat: A tanszék ágazatán az információs rendszerek tervezéséhez használható matematikai módszerekkel ismertetik meg a hallgatókat. Az informatikai és a gazdasági folyamatok modellezéséhez hasznos a játékelmélet, aminek kombinatorikus megközelítése kerül bemutatásra. A gráfelmélet, kombinatorika és algoritmuselmélet alapjai a kötelező tantárgyak között szerepelnek, a hallgatók ezen az ágazaton e területekben mélyedhetnek el jobban.
TMIT ágazat: A tanszék ágazata az adatokkal, információkkal, tartalmakkal kapcsolatos feladatokkal foglalkozik. Az adatok, információk mindennapi életünk nélkülözhetetlen részévé váltak, mennyiségük nő (Big Data), így a kezelésüknél és elemzésüknél különböző megoldandó problémák merülnek fel. Az ágazaton a tartalmak intelligens feldolgozásához szükséges gépi tanulást – beleértve a legújabb mélytanulási metódusokat is – valamint az adatelemzéshez szükséges prediktív analitikai módszereket oktatjuk, valós adathalmazokon Python környezetben bemutatva az adattudomány módszereinek hatékonyságát. A megszerzett tudás egyrészt az iparban azonnal hasznosítható, másrészt van lehetőség elméleti elmélyülésre és tudományos fejlődésre is.

A specializáció ágazatai:

Ágazatok:	Tanszék:	Ágazatfelelős:
Információs rendszerek / ETT	ETT	Dr. Martinek Péter
Információs rendszerek / SZIT	SZIT	Dr. Katona Gyula
Információs rendszerek / TMIT	TMIT	Dr. Szűcs Gábor

II.6.3.1 Információs rendszerek / ETT ágazat

Vállalatirányítási rendszerek
(VIETAC13, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, ETT)
Ágazati főtantárgy

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célkitűzése, hogy bemutassa a vállalatok működésének informatikai oldalát, a működésben érintett vállalati entitásokat, adatmodelleket és a vállalati működés értékteremtő folyamatait. Bemutatja továbbá a vállalatirányítási informatikai rendszerek típusait, feladatait és megismerteti a szakterületen belül elérhető szoftveres megoldásokat és eljárásokat.
A tantárgy bevezet a vállalatirányítási rendszerek világába. A hallgatók képesek lesznek azon fogalmakat és rendszereket alkalmazni, amelyek a vállalatok működése kapcsán érintettek és képesek lesznek ezeket összefüggéseiben értelmezni és kezelni. Képesek lesznek továbbá a gazdasági működés információs objektumait és folyamatait adott vállalati rendszerben alkalmazni. Képesek lesznek továbbá a vállalati folyamatok között eligazodni, a folyamatokat támogató megfelelő rendszereket kiválasztani, a bevezetésében részt venni, a bevezetett rendszert üzemeltetni, kiegészítő fejlesztéseket elvégezni, más rendszerekkel való kapcsolatot kiépíteni.
2. A tantárgy tematikája
A vállalati információs rendszerek bemutatása, szerepe a modern vállalat működésében. A vállalati információs rendszerek fejlődése, szigetrendszerek és integrációjuk szükségessége.
A standard vállalatirányítási rendszerek fogalma, kritériumai, általános tulajdonságai, funkcionális moduljai.
A standard vállalatirányítási rendszerek architektúrái, programozási alapelvei és üzleti objektumai.
A bizonylatok és a bizonylati elv bemutatása, a bizonylatokon értelmezett metódusok, valamint ezen metódusok összefogása mozgásnemekbe és tranzakciókba.
Az integrált vállalatirányítási rendszerek adatmodelljének bemutatása és az ebben szereplő üzleti objektumok ismertetése: vállalati törzsadatok, telephelyek, raktárak, cikkek törzsadatai (általános, készletezési, tervezési, raktári, számviteli), termékcsalád, anyagjegyzék, készletek.
A készletek típusainak bemutatása, és az ezekre épülő készletgazdálkodási rendszerek céljai, modelljei, típusai, költségtényezői, készletértékelési módszerei. Az ABC készletgazdálkodási rendszer bemutatása.
A vállalatirányítási rendszerek információs folyamatai: rendelésfeldolgozás, szükségletszámítás és ütemezés, beszerzés.
A vállalatirányítási rendszerek információs folyamatai: gyártás, kibocsátás és számlázás.
Az gyártásierőforrás-tervezés célja, feladata, be- és kimeneti adatai, algoritmusa.
Az előleg- és részletfizetés, bizonylatok életciklusa, valamint az érintett információs objektumok, szerepek, bizonylatok és egyéb kapcsolódó fogalmak.
Példák vállalatirányítási rendszerekre, ezek funkcionális felépítése, moduljai. A rendszerek informatikai architektúrája, adatszerkezetei, tipikus telepítései. A rendszer, mandant (kliens), vállalat és domén fogalmainak ismertetése, valamint a rendszertérkép bemutatása.
A testre szabás és fejlesztés eszközeinek tárgyalása, az aktiválás és változástranszport végrehajtásának bemutatása.
Az adatbázis-elérési, -frissítési és zárkezelési módok, valamint a feldolgozó eljárások típusainak bemutatása.
Az export-importcsatolók, alkalmi és állandó interfészek, valamint a szabványos üzenetcserék bemutatása.

Vállalatirányítási rendszerek programozása laboratórium
(VIETAC14, 6. szemeszter, 0/0/2/f/3 kredit, ETT)
Ágazati laboratórium

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célkitűzése, hogy bemutassa egy vállalatirányítási rendszer fejlesztésének lehetőségeit. A tantárgy gyakorlati ismereteket nyújt a vállalati információs rendszerek felépítéséről, működéséről, a tipikus kiegészítő programozási feladatokról és a feladatok megoldási módszereiről konkrét működő rendszerben. A hallgatók a laboratóriumi gyakorlat során megismerkedhetnek az egyik legelterjedtebb vállalatirányítási rendszer kezelőfelületével, fejlesztési koncepcióival és objektumaival, valamint a fejlesztési eszközökkel és környezettel. A laboratórium egyúttal bevezetést ad az ABAP nyelven történő fejlesztésbe.

A kurzus elvégzése után a hallgató képes lesz az SAP vállalatirányítási rendszerek kezelői és programozói felületein eligazodni, továbbá képes lesz alapvető funkciókat fejleszteni ezekhez a rendszerekhez. A hallgató jártasságot szerez az ABAP fejlesztés területén és képes lesz kiegészítő modulok, funkciók tervezésére és implementálására.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés az SAP R/3-as rendszer használatába, az SAP R/3-as rendszer alapvető felépítése, kliens/szerver konfigurációk, az üzenet- és átjárószerver, az R/3-as rendszer adatbázis-interfésze, az SAP-példányok és –alkalmazásszerverek monitorozása, az Easy Access menü, móduszok és tranzakciókódok. A felhasználói kérelem feldolgozása, a munkaprocesszek működése, az SAP Implementation Guide (IMG), az R/3-as rendszer biztonságának alapjai és a kommunikáció külső rendszerrel. Az ABAP Workbench, R/3 Repository, a Repository Browser, fejlesztés, tesztelés és az eredmények használatba vétele. Package létrehozása.

Az ABAP Dictionary és objektumai (domén, adatelem, struktúra, táblatípus), az ABAP Dictionary-ben létrehozható táblák (transzparens tábla, table pool és cluster table), nézet, indexek (elsődleges és másodlagos), Objektumok névadási konvenciói, a Change Object Directory Entry használata.

Bevezetés az ABAP programozásba: alapvető nyelvi elemek az ABAP-ban, előre definiált adattípusok, rekordtípus, konstansok és literálok, értékadás, típuskonvertálási szabályok, műveletvégzés, logikai kifejezések, vezérlési szerkezetek. Bevezetés az Open-SQL használatába: SELECT utasítás, SELECT SINGLE utasítás, a SELECT utasítás ciklusa.

Belső táblák definiálása, feltöltése és egyszerű műveletei. A belső tábla feldolgozása ciklussal, a READ TABLE utasítás, a belső tábla tartalmának rendezése és törlése.

Az ABAP programok szerkezete. Szubrutinok, eseményblokkok, lista képernyők, dialógus modulok, programtípusok. Szubrutinok definiálása, meghívása és adatainak láthatósága. Többszintű listák létrehozása, a listák formázása, valamint nyelvfüggő szövegelemek megadása.

A lefutás logika, szelekciós képernyők és üzenetek. A szelekciós képernyő definiálása, az eseménysorrend szelekciós képernyők esetén. A PARAMETERS és SELECT-OPTIONS kulcsszavak használata. A szelekciós szövegek, azok többnyelvűsége, Üzenetek – Message-ek típusai és használata.

Funkciócsoport és funkciós modulok. A funkciócsoport létrehozása, funkciós modul definiálása, a funkciós modul meghívása.

A kivételek és üzenetek terjedése, nyomkövetési technikák. A kivételek és üzenetek hatása a veremterületre, a nyomkövető indítása és léptetése. Breakpointok, Calls nézet, változók, watchpoint, Short dump.

Bevezetés az ABAP objektum-orientált programozásba. Objektum-orientált programozási eszközök az ABAP Objects-ben, osztályok, attribútumok és metódusok. Az osztályok példányosítása, az attribútumok és metódusok elérése, funkcionális metódusok, konstrukturok, az önhivatkozás.

ABAP Web Dynpro alkalmazás fejlesztése. A Web Dynpro elemei (View, Window, Controllers, Context, Navigation), Controllerek (Component, View, Windows, Custom). A kontextus bemutatása, a Kontextus Node elérése, a Kontextus attribútumának elérése, az attribútum értékének olvasása és módosítása.

Az adatmanipuláció Web Dynpro alkalmazással, táblák és Node-k kapcsolata, új rekord felvétele a táblába, meglévő rekord módosítása, létező rekord törlése a táblából. A jogosultsági rendszer: jogosultság profil, szerepkörök. A jogosultági profil létrehozásának lépései és a jogosultsági profil vizsgálata.
A zárolási koncepció, a SAP zárolás módjai, a SAP zárobjektum. A zárobjektum létrehozása, elhelyezése és törlése forráskódból. A sorszámozás, pufferelés. A sorszámobjektum létrehozása és használata.
Általános képernyők definiálása, a képernyő GUI-címe és GUI-státusza, képernyő attribútumok, képernyőváltozók. A képernyő funkciókód, a képernyő rajzolata és elemei, a képernyő lefutási logika, a képernyő meghívása és elhagyása. Dialógus modulok.

II.6.3.2 Információs rendszerek / SZIT ágazat

Algoritmikus játékelmélet
(VISZAC01, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, SZIT)
Ágazati főtantárgy

1. A tantárgy célkitűzése
A kurzus célja, hogy a hallgatók megismerkedjenek néhány olyan játékelméleti fogalommal és ezekhez kapcsolódó algoritmussal, amit nem csupán a mérnöki munka során lehet közvetlenül felhasználni, de mindezen ismeretekből olyan szemléletmód is fakad, ami bizonyos mérnöki problémák átfogóbb megközelítését teszi lehetővé.
2. A tantárgy tematikája
Kombinatorikus játékok definíciója, éles játék, betli játék, játék magja. Nyerő stratégia létezése, stratégialopás. Játékok összege, nim játék, Grundy-számok, Sprague-Grundy-tétel. Pozíciós játékok, Erdős-Selfridge-tétel.
Stratégiai játékok, normál forma, kifizetés mátrix, stratégia, játékosok racionalitása. Nevezetes stratégia játékok: fogolydilemma, nemek harca, gyáva nyúl, azonos érmék. Domináns stratégiák, iterált eliminálás, tiszta- és kevert Nash-egyensúly. Neumann tétele kétszemélyes 0-összegű játékokra.
Közlekedési játékok, Braess-paradoxon. Az anarchia ára az atomos és a nem atomos modellben.
Mechanizmustervezési problémák.
Folytonos osztozkodási játékok, arányos és irígységmentes eljárások: Fink módszere, a Dubins-Spanier-féle mozgó késes és az Even-Paz eljárás, Simmons és Su tétele, Selfridge és Conway algortimusa. Irígységmentes lakbérelosztás.
Elosztási probléma, elosztási szabályok tulajdonságai, nevezetes elosztási eljárások: arányos, egyenletes nyereség, egyenletes veszteség, talmudi szabály.
Szavazási mechanizmusok, többségi szavazás taktikai manipulálhatósága, Borda-pontozás, Condorcet-győztes, Arrow tétele és a Gibbard-Satterthwaite-tétel.
Árverési mechanizmusok: legmagasabb áras és Vickrey-árverés, igazmondásra ösztönző (taktikázásbiztos) tulajdonság, VCG-mechanizmus, fordított, angol, és hátizsák árverés.
Újraosztási feladatok, a felső körcsere (TTC) eljárás, a kapott megoldás tulajdonságai, Pareto-optimális megoldás keresése.
Kifizetéses kooperatív játékok, mag, kernel, Shapley-érték, nukleólusz, a Shapley-Shubik és a Banzhaf-féle hatalmi indexek.

Algoritmikus problémák megoldása laboratórium
(VISZAC02, 6. szemeszter, 0/0/2/f/3 kredit, SZIT)
Ágazati laboratórium

1. A tantárgy célkitűzése
A hallgatók a Bevezetés a számítástudományba, Algoritmuselmélet és a specializáció főtantárgy (Algoritmikus játékelmélet) tantárgyakban számos algoritmussal megismerkedtek már. De ezekben a tantárgyakban csak nagyon kevés szó esett az implementálás részleteiről, illetve az algoritmusok

alkalmazásairól. Ezen a laboron egyrészt az implementálás magasabb szintű részleteivel foglalkozunk. Másrészt olyan gyakorlatibb feladatokkal foglalkozunk, ahol a feladat leírásából elsőre nem látszik könnyen, hogy milyen algoritmust is kell használni. Ilyenkor az is előfordul, hogy nem egyszerűen egy ismert algoritmust kell felhasználni, hanem valahogyan módosítani kell azt, esetleg több algoritmust is kell kombinálni. A legtöbb programozási versenyen (pl. ACM) ilyen típusú feladatokat kell megoldani. A játékelmélet részben pedig az ott megismert többszereplős játékok szimulációjával mélyítjük el a tudást.

2. A tantárgy tematikája

Korábban megismert algoritmusok, adatstruktúrák felhasználása, játékelmélet algoritmusok szimulálása.

- Alkalmazni a tantárgyban szereplő algoritmusokat,
- önállóan megoldani az anyaghoz kapcsolódó gyakorlati feladatokat,
- problémaelemzés, megoldási alternatívák felállítása, összevetése, választás, indoklás.

Ismerkedés szimulációs szoftvarekkel (Abed, Evoplex, Gambit), Nash-egyensúly számítása, Shapley-érték számítás, Shapley-Shubik hatalmi index, Banzhaf index számítása.

Igazságos osztozkodást (fair division) megvalósító protokollok, igazságos költség megosztási (cost sharing) protokollok

Allokációs és párosító mechanizmusokkal kapcsolatos algoritmusok: felső korcsere (top trading cycles, TTC), leánykérő algoritmus stabil párosításra

Összetett algoritmus elméleti, adatstruktúra vagy gráfelméleti ismereteket igénylő egyéni feladat valamely versenyfeladatokat kínáló oldalról (ACM, Codeforces, CodeChef, AtCoder, Topcoder, Codejam).

II.6.3.3 Információs rendszerek / TMIT ágazat

Adatelemzés mélytanulási módszerekkel

(VITMAC15, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, TMIT)

Ágazati főtantárgy

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célkitűzése az adatelemzéshez szükséges gépi tanulás és azon belül a mélytanulás módszereinek oktatása, amelyek segítségével az intelligens rendszerek képesek akár az emberi képességet is meghaladó módon megtanulni az adatokban rejlő összefüggéseket, mintázatokat, jellegzetességeket. A tantárgy során ismertetett módszereket strukturált gazdasági adatok előrejelzésén és strukturálatlan multimédia tartalmak elemzésén keresztül tekintjük át, így a hallgatók részletesen megismerkedhetnek az ezekhez szükséges gépi tanuló módszerek széles spektrumával, az információs rendszerek adattípusainak megfelelő specialitásokkal, munkafolyamattal, részfeladatokkal. Az adattípusok közül napjaink média-intenzív világában általánossá váltak a heterogén, zajos és hiányos multimédia tartalmak, melyek gépi tanításához mély neurális hálók szükségesek, így a tantárgy egy részletes, átívelő képet nyújt az intelligens adatelemzéstől a mélytanulásig.

2. A tantárgy tematikája

Adatelemzési problémák típusai. Adatelőkészítési és gépi tanuló módszerek az adatelemzés folyamatában.

Bináris és többosztályos osztályozás. Döntési felületek meghatározása. Szupport vektor gépek, one-vs-all algoritmus, keresztvalidáció.

Magyarázható gépi tanuló módszerek. Lusta tanuló módszerek. K-legközelebbi szomszéd módszer.

Lineáris modellek. Linear discriminant analysis (LDA).

Klaszterezés, k-means (Forgy módszer), k-means++ algoritmus. Belső és külső kiértékelési indikátorok, klaszteranalízis. Hierarchikus klaszterezés. Sűrűség alapú klaszterezés (pl. DBSCAN).

Dimenziócsökkentés szerepe az adatok elemzésében. Legfontosabb dimenziócsökkentő módszerek.

Mélytanulás, mély neurális hálózatok (DNN). Aktivációs és veszteség függvények. Neurális hálózat tanítása, hiba visszaterjesztés. Túltanulás elleni regularizáció (early stopping, dropout, batch normalizálás). Optimalizációs eljárások, hiperparaméter optimalizálás.

DNN típusok: Konvolúciós neurális hálózatok (CNN), Rekurrens neurális hálózatok (RNN), Gated Recurrent Unit (GRU), Long Short-Term Memory (LSTM) és Bidirectional RNN (BRNN).
Adatelemzés strukturált és strukturálatlan vállalati adatokon. Szöveges adatállományok. Vállalati adatok osztályozása és szegmentálása.
Idősor jellegű adatok specialitásai. Idősor analízis. Gazdasági adatok elemzése, előrejelzési módszerek.
Idősor analízis mélytanulási módszerekkel. Sequence-to-sequence módszerek.
Multimédia elemzés, mélytanulás az audio jellegű adatok osztályozásához.
Videóelemzés. Objektumkövetés videókban. Tracking-by-detection megközelítés. Egyszerű IOU alapú követés, pozícióbecslési eljárások, Kálmán szűrő. Multiple Object Tracking (MOT). Simple Online and Realtime Tracking (SORT) és DeepSORT algoritmus.
Osztályozás kevés adat alapján. Zero-shot, one-shot, few-shot tanulás, sziámi hálózatok. Megtévesztési módszerek. Face spoofing, deep fake.

Adatelemzés és mélytanulás laboratórium
(VITMAC16, 6. szemeszter, 0/0/2/f/3 kredit, TMIT)
Ágazati laboratórium

1. A tantárgy célkitűzése
A laboralkalmak az adatelemzés és mélytanulás technológiái köré szerveződnek, a hallgatók mérnöki problémamegoldó képességét, technológiai ismereteinek bővítését segítik elő. A megismert technológiákat valós adatokon, médiaállományokon kell tesztelni, ami által azok hatékonysága, a megoldás erősségei és gyengeségei egyaránt megismerhetők. A tantárgyat elvégző hallgató az adatelemzési problémák megoldásait képes lesz hatékony Python kódként implementálni, valamint a kapott eredményeket értelmezni, azok segítségével a már korábban elvégzett lépéseket továbbfejleszteni, korrigálni.
2. A tantárgy tematikája
Adatelőkészítés szerepe a felügyelt gépi tanulásban.
Adatelemzéshez változók készítése és generálása - strukturált vállalati/gazdasági adatokon.
Változó kiválasztás kérdései az adatelemzés folyamatában.
Mélytanulás LSTM mély neurális hálóval.
Valós idejű arcdetektálás és követés videókban (ViolaJones + DeepSORT).
Strukturálatlan adatok osztályozása mély neurális hálókkal (CNN/RNN/LSTM, sequence-to-sequence módszerek).
One-shot, few-shot osztályozás.

II.6.3.4 A specializáció további tantárgyai

Termeléstervezés és ipari IoT
(VIETAC15, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, ETT)
Specializáció tantárgy

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célkitűzése, hogy bemutassa egy termelő vállalat információ technológiai működését, a tipikus termelési folyamatokat, ezek informatikai oldalát, a számítógépes termelésirányítási rendszerek típusait, legfontosabb tulajdonságaikat, a számítógépes irányítás bevezetésének és üzemeltetésének feladatait, továbbá az ipari IoT rendszerek alkalmazási lehetőségeit ebben a környezetben.
A tantárgy bevezet a termelésirányítási rendszerek világába. A hallgatók képesek lesznek azon fogalmakat és rendszereket alkalmazni, amelyek a termelő vállalatok működése kapcsán érintettek és képesek lesznek ezeket összefüggéseiben értelmezni és kezelni. A tantárgyat elsajátító hallgatók megszerzik azt a képességet, hogy eligazodjanak egy vállalat termelési rendszerében, azonosítani tudják az anyagellátás,

az anyagáramlás és -megmunkálás folyamatait, ezek információs és irányítási igényeit. Képesek lesznek továbbá az ipari IoT rendszereket a termelési rendszerekben megvalósítani és e kapcsán további olyan kiberfizikai eszközök alkalmazására, amelyek a termelés hatékonyságát javítják.

2. A tantárgy tematikája

A termelő vállalat bemutatása, valamint műszaki, gazdasági, információ technológiai elkülönítése az általános vállalat fogalmától. A termelő vállalat vállalati adatmodelljének bemutatása. Az elemi művelet fogalmának bevezetése, a szabványos művelet és a műveletterv felépülésének ismertetése.

A rendelkezésre álló munkaidő kiszámítása és az ehhez szükséges adatok. Az átfutási idő kiszámítása a teljes anyagjegyzék-struktúrára. A műveletek kapcsolásának fogalma és típusai.

Gépek, berendezések fogalma és adatai, a költség- és időnormák. Költségfelosztási típusok, a gépek elrendezési alapelvei, a gyártástechnológiák ismertetése. A dolgozók, munkaköreik és bércsoportjaik bemutatása, a munkavégzés különböző absztrakciós szintű elemeinek leírása.

Előkalkuláció célja, norma szerinti jellege, bemeneti és kimeneti adatai. A költségnemek fő kategóriáinak bemutatása. A tervezett önköltség meghatározása anyag-, bér- és gépköltség szerinti bontásban. Az utókalkuláció fogalma.

A termeléstervezés és irányítás feladatának ismertetése, transzformációs folyamat szerinti csoportosítása. A hosszú és a középtávú termeléstervezés elemei, a stratégia kialakítása és végrehajtása. Erőforrás-optimalizálási lehetőségek, a támogató számítógépes rendszer.

A rövidtávú termeléstervezés jellemzői, feladatai, támogató rendszerei, bemeneti és kimeneti adatai, valamint algoritmusai. A szükségletszámítás és ütemezés bemutatása, az MRP algoritmusainak ismertetése.

A szalagrendszerű gyártás jellemzői, törzsadatai, hasonlóságok és eltérések más rendszerű gyártásoktól. Szalagrendszerű gyártás termelésprogramozása, az eredmények jelentése.

Finomprogramozás jellemzői és feladatai. A különböző stratégiájú ütemezési algoritmusok ismertetése és termelésoptimalizálási célfüggvény szerinti optimalitásuk tárgyalása. Optimális ütemezési algoritmusok a célfüggvény, a gépek és a feladatok száma szerint.

A termeléstervezés és irányítás információs folyamata, gyártásátfutás: feladatok jóváhagyása, rendelések kiadása, anyagkönyvelés, visszajelentés. A termelés műszaki, ügyviteli és anyagi előkészítése.

Gyártás, ellenőrzés, selejtkezelés. Az üzemfenntartás feladata, folyamata.

Az ipari IoT rendszerek fogalmának bemutatása, főbb jellegzetességeinek ismertetése. Az IoT rendszerek ipari alkalmazhatóságának feltételei, főbb követelményei gyártói és szoftveres oldalról.

Ipari IoT és kiberfizikai rendszerek. A szolgáltatásorientált architektúrák és kapcsolatuk az ipari rendszerekkel. Az Ipari IoT kialakulása

Az ipari IoT rendszerek típusai, architektúrái, protokolljai és szabványai. Felhőalapú ipari rendszerek és kapcsolatuk az ipari IoT infrastruktúrával.

Biztonsági szempontok, protokollok és algoritmusok az ipari IoT rendszerekben.

Véges matematika

(VISZAC03, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, SZIT)

Specializáció tantárgy

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja az informatikában legfontosabb kombinatorikai és gráfelméleti ismeretek, módszerek, további tanulmányozása, megértése, az ismeretek bővítése, mélyítése.

A tantárgyat sikeresen teljesítő hallgató képes lesz:

- érteni és alkalmazni a tantárgyban előkerülő fogalmakat és ismereteket;
- önállóan megoldani az anyaghoz kapcsolódó gyakorlati feladatokat;
- a későbbi tanulmányok során felismerni azokat a helyzeteket, ahol a tantárgyban tanult ismeretek szerephez jutnak és sikerrel alkalmazni a tanultakat.

2. A tantárgy tematikája
Perfekt gráfok, intervallumgráfok, egyéb példák, Gyenge perfekt gráf tétel, erős perfekt gráf tétel.
Részbenrendezett halmazok, Dilworth tétel, duális Dilworth tétel.
Síkgráfok, súlyátrendező módszer, Ackerman-Tardos tétel, geometriai és absztrakt dualitás, Whitney tételei.
Listaszínezési szám, viszonya a kromatikus számhoz, Kőnig tétel, Galvin tétel, síkgráfok listaszínezési száma, Thomassen és Voigt tételei.
Ramsey tétel gráfokra, felső becslés R(k, l)–re (Erdős–Szekeres tétel), Erdős–féle alsó becslés, valószínűségi módszer.
Ramsey tétel hipergráfokra (biz nélkül) Schur, Van der Waerden tételek.
Turán tétel, Erdős–Stone (biz. nélkül), Erdős–Simonovits (Ex(n, H) kapcsolata χ(H)–val)).
C4–mentes gráfok maximális élszáma, Erdős–Kővári–Sós–Turán tétel.
Hipergráfok, Erdős–Ko–Rado tétel, Fisher egyenlőtlenség, Ray-Chaudhuri–Wilson tétel.
Sperner tétel, LYM egyenlőtlenség.
Duális hipergráf, De Bruijn–Erdős tétel, véges projektív síkok.
Generátor függvények, Fibonacci számok, homogén lineáris rekurziók általános megoldása.
Catalan számok, példák, generátorfüggvény, zárt alak.

Data science módszerek Python környezetben
(VITMAC17, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, TMIT)
Specializáció tantárgy

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy keretein belül data science világának jellegzetes alapelemeit sajátíthatják el a hallgatók úgy, hogy valós adathalmazok segítségével tudják megtapasztalni az átadott tudáselemek hasznosságát. A cél, hogy a hallgató képes legyen a legfontosabb gépi tanulási feladatokra visszavezetni egyes üzleti problémákat, majd azokat valós adathalmazok felett is hatékonyan megoldani.
2. A tantárgy tematikája
Data science terület kulcspontjai, létrejöttének okai, tendenciái.
Python alapvető struktúrák.
CRISP-DM metodika.
Adatelőkészítési lépések, dummy változók, tanító halmaz kiválasztás alapszintű módszerei, adatelőkészítés hatása.
Sklearn csomag regressziós és egyéb elemzési problémákra.
Hitelbírálat, mint bináris osztályozási probléma.
Paraméter hangolás, üzleti és elemzési célfüggvény szétválasztása.
Előfeldolgozási lépések hatása.
Anomália detekció feladata és megoldásának sarokkövei. Isolation forest módszerének alkalmazása.
Tranzakciós adatok kezelése, adatok aggregálása időbeli feladatok megoldásához.
Fejlett technikák használata.
Modellek interpretálhatósága.
Üzemeltethető adatelemzési környezetek.
Adatszivárgás megakadályozása, a tárgyalt technikákon túli lehetőségek, a data science távlatai, etikai kérdései, társadalmi stratégiák.

II.7 Projekttantárgyak

A specializációk keretein belül a hallgatók ún. projekttantárgyakat vesznek fel, melyek a 6. szemesztertől kezdődően az Önálló laboratórium, Szakmai gyakorlat (kritérium tantárgy) és a Szakdolgozat-készítés. Ezen tantárgyakban a hallgatók néhány fős csoportokban, vagy önállóan oldanak meg nagyobb méretű műszaki feladatokat (projekteket), egy-egy téma akár több tantárgy keretein is átívelhet (minden egyes tantárgy számára konkrét, önállóan értékelhető részfeladatot megfogalmazva). A projekttantárgyakat a hallgatók kizárólag valamelyik specializációra való besorolásukat követően vehetik fel, a Specializáció ágazati főtantárgy teljesítését követően (ld. előtanulmányi rend).

Önálló laboratórium
(6. szemeszter,0/0/3/f/5 kredit)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja a specializáció elméleti tantárgyaiban tanult ismeretek elmélyítése és gyakorlati tapasztalatok megszerzése egy szűkebb, a hallgató egyéni érdeklődésének megfelelő tématerületen. Alapvető célkitűzés, hogy erről a szűkebb szakterületről a hallgató az átlagos hallgatói ismereteket meghaladó felkészültséget szerezzen, és a tantárgy keretében végzett munkáját – megfelelő előrehaladás esetén – a szakdolgozat keretében is hasznosítani, illetve folytatni tudja.
2. A tantárgy tematikája
Az önálló laboratórium félévét megelőző vizsgaidőszakban a hallgatók a specializáció- és ágazatválasztásuknak megfelelően jelentkeznek a meghirdetett konkrét témákra, vagy témacsoportokra, lehetőleg a leendő konzulenssel egyeztetve a feladatot.
A tantárgy részletes tematikáját, lebonyolításának módját a témavezető az első oktatási héten megtartandó első gyakorlat alkalmával határozza meg. Ennek a témától függő fázisai a következők lehetnek: irodalmazás, rendszertervezés, tervek készítése, kísérletek végzése és kiértékelése, deszkamodell szintű berendezések készítése, ellenőrző mérések végzése, végleges megoldás megtervezése és elkészítése, tesztelés, dokumentálás.
A szorgalmi időszak utolsó hetében mindenkinek be kell számolnia a félév során végzett munkájáról. A beszámoló formája egy 10-15 perces előadás. Az előadásokhoz számítógépes kivetítőhöz előkészített anyagok (prezentációk) használatát várjuk el a hallgatóktól. Az előadásokat úgy szervezzük meg, hogy a hasonló témájú feladatokon dolgozó hallgatók (általában 8-12 fő) lehetőleg egy csoportba kerüljenek. Az adott csoporton belül a hallgatók és a konzulensek az összes előadást meghallgatják.
A szorgalmi időszak utolsó napjáig el kell készíteni, és be kell adni a féléves munkáról szóló írásos beszámolót, illetve a magyar és angol nyelvű (1/2 - 1 oldalas) tartalmi összefoglalót.

Tantárgykód	Tantárgynév	Tanszék
BMEVIAUAL04	Önálló laboratórium	AUT
BMEVIEEAL04	Önálló laboratórium	EET
BMEVIETAL04	Önálló laboratórium	ETT
BMEVIHIAL04	Önálló laboratórium	HIT
BMEVIHVAL04	Önálló laboratórium	HVT
BMEVIIIAL04	Önálló laboratórium	IIT
BMEVIMIAL04	Önálló laboratórium	MIT
BMEVISZAL04	Önálló laboratórium	SZIT
BMEVITMAL04	Önálló laboratórium	TMIT
BMEVIVEAL04	Önálló laboratórium	VET

Szakmai gyakorlat

(6.-7. szemeszter,0/0/0/a/0 kredit)

1. A tantárgy célkitűzése

A szakmai gyakorlat általános célja, hogy a hallgatók alapvető ismereteket szerezzenek a specializációjuknak megfelelő gyakorlati mérnöki feladatokból, megismerkedjenek egy vállalat szervezeti és szakmai felépítésével, valós körülmények között készüljenek későbbi mérnöki munkájukra. A nyolc hetes szakmai gyakorlat során a hallgatók a tanszéki és vállalati konzulens által meghatározott feladatot oldanak meg. Feladatuk kapcsolódhat szakdolgozatukhoz, TDK dolgozatukhoz, önálló labor feladatukhoz, de azoktól jól elkülöníthetőnek kell lennie.

2. A tantárgy tematikája

Nyolc hét (negyven munkanap) kiméretű szakmai gyakorlóhelyen teljesítendő szakmai gyakorlati munka. A gyakorlat során a gazdálkodó szervezet, illetve a vállalati konzulens által meghatározott, részletesen specifikált feladatot kell megoldani. A lehetséges helyszínekről és időpontokról, valamint a konkrét teendőkről a szakmai gyakorlat lebonyolításra vonatkozó szabályzat rendelkezik.

A hallgatók a szakmai gyakorlat alatt a vállalati konzulens felügyelete és irányítása mellett dolgoznak. A munkakezdésre, befejezésre a vállalati munkarend előírásai a mértékadók. A hallgatók a szakmai gyakorlat alatt napra lebontott munkanaplót vezetnek. A munkanapló hitelességét a szakmai gyakorlat végén a vállalati konzulens aláírásával igazolja.

A szakmai gyakorlat végén a hallgatók írásos beszámolót készítenek. A beszámoló a BME bármely oktatási nyelvén megírható (magyar, angol, francia, német és orosz nyelven), függetlenül attól, hogy a szakmai gyakorlat mely országban valósult meg, amennyiben a tanszéki/kari felelős ehhez előzetesen hozzájárul. A beszámolót a vállalati konzulens aláírásával igazolja, a munkáról rövid értékelést készít. A munkanaplót, a beszámolót és az értékelést arra a tanszékre kell benyújtani, amely a témát kiírta. A beadási határidőt a tanszéki szakmai gyakorlati felelős határozza meg, figyelembe véve az egyetemi munkarendet (pl. nyári leállás).

Tantárgykód	Tantárgynév	Tanszék
BMEVIAUAS00	Szakmai gyakorlat	AUT
BMEVIEEAS00	Szakmai gyakorlat	EET
BMEVIETAS00	Szakmai gyakorlat	ETT
BMEVIHIAS00	Szakmai gyakorlat	HIT
BMEVIHVAS00	Szakmai gyakorlat	HVT
BMEVIIIAS00	Szakmai gyakorlat	IIT
BMEVIMIAS00	Szakmai gyakorlat	MIT
BMEVISZAS00	Szakmai gyakorlat	SZIT
BMEVITMAS00	Szakmai gyakorlat	TMIT
BMEVIVEAS00	Szakmai gyakorlat	VET

Szakdolgozat-készítés

(7. szemeszter,0/8/0/f/15 kredit)

1. A tantárgy célkitűzése

A hallgatónak az oklevél megszerzéséhez BSc szinten szakdolgozatot kell készítenie. A szakdolgozattal azt kell igazolni, hogy jelölt önálló mérnöki munkára alkalmas, ismeri és alkalmazni tudja a mérnöki munkamódszereket, képes a feladatkiírást értelmezni, továbbá a választott megoldást értékelni és elemezni.

2. A tantárgy tematikája

A szakdolgozat témája a kar valamely (lehetőleg a hallgató által felvett specializációnak, és ha van, ágazatának megfelelő) tanszékén a tanszékvezető jóváhagyásával meghirdetett témák közül választható.
Más kar vagy egyetem, illetve külső vállalat (gazdasági szervezet) által adott téma csak akkor fogadható el, ha a kar valamely szakmailag illetékes tanszékének vezetője azt támogatja, és ahhoz tanszéki konzulenst biztosít. A külső konzulens – tanszékvezetői jóváhagyással – egyetemi végzettségű illetve mester (MSc) fokozattal rendelkező szakember lehet. A szakdolgozat témáját úgy kell kiválasztani, illetve a dolgozatot úgy kell elkészíteni, hogy a vállalat (gazdasági szervezet) érdekeit sértő információk dokumentálása nélkül is elbírálható legyen a szakdolgozat készítőjének tevékenysége.
A szakdolgozat készíthető a külső konzulens irányításával külső vállalat (gazdasági szervezet) telephelyén is. Amennyiben a hallgatónak szakmai gyakorlatot is kell teljesítenie az oklevél megszerzéséhez, és szakmai gyakorlatát a szakdolgozat témáját kiíró vállalatnál (gazdasági szervezetnél) teljesíti, a szakdolgozat elkészítésére, illetve a szakmai gyakorlat teljesítésére vonatkozó tevékenységnek elkülöníthetőnek kell lennie.
A szakdolgozat külföldön is készíthető. Ilyen esetben a témát és a teendőket a külső szakdolgozathoz hasonló módon előre egyeztetni kell a kar valamely szakmailag illetékes tanszékével. A szakdolgozatnak meg kell felelnie az itthoni előírásoknak. A jelölt munkájáról és a szakdolgozatról a külföldi konzulenstől rövid írásos véleményt kell kérni, melyet a záróvizsga bizottsághoz kell eljuttatni. A külföldön készült szakdolgozatot ugyanúgy meg kell védeni a záróvizsgán, mint az itthon készült dolgozatokat.
Szakdolgozatot magyar nyelven kívül a BME valamely idegen oktatási nyelvén (angol, francia, német és orosz nyelven) is lehet készíteni, amennyiben a tanszéki konzulens ehhez hozzájárul.
Két vagy több hallgató részére közös témájú szakdolgozatot is lehet kiadni, de csak különválasztva, névre szólóan, ha a tevékenység és a munka eredménye egyértelműen elkülöníthető. A feladatkiírásban egyértelműen meg kell nevezni az önállóan, illetve a közös témán dolgozó többi hallgató által kidolgozandó részfeladatokat.
A szakdolgozatban a hallgatónak nyilatkoznia kell arról, hogy az saját munkájának eredménye. Közös témájú szakdolgozat esetében egyértelműen meg kell jelölni a nem önállóan megoldott részfeladatokat.

Tantárgykód	Tantárgynév	Tanszék
BMEVIAUAT02	Szakdolgozat-készítés	AUT
BMEVIEEAT02	Szakdolgozat-készítés	EET
BMEVIETAT02	Szakdolgozat-készítés	ETT
BMEVIHIAT02	Szakdolgozat-készítés	HIT
BMEVIHVAT02	Szakdolgozat-készítés	HVT
BMEVIIIAT02	Szakdolgozat-készítés	IIT
BMEVIMIAT02	Szakdolgozat-készítés	MIT
BMEVISZAT02	Szakdolgozat-készítés	SZIT
BMEVITMAT02	Szakdolgozat-készítés	TMIT
BMEVIVEAT02	Szakdolgozat-készítés	VET

II.8 Szabadon választható tantárgyak

A szabadon választható tantárgycsoportban a hallgatók ismereteik bővítésére általuk szabadon választott tantárgyakat vesznek fel - minimum 10 kreditpont kiméretben - a Kar, más karok, vagy más egyetemek tantárgyainak kínálatából.

A szabadon választható tantárgyakat a képzések szakbizottságai három kategóriába sorolják: **Ajánlott** egy tantárgy, ha azt a szakbizottság a hallgató szakmai ismereteit bővítő tantárgynak ítéli. **Befogadott** egy tantárgy, ha az a hallgató általános érdeklődésére tarthat számot, de szakmailag kevésbé kapcsolódik a képzéshez. **Tiltott** egy tantárgy, ha az a képzésben szereplő tantárgyakkal a TVSz-ben megengedett mértéknél nagyobb átfedést tartalmaz, így teljesítése kredittel nem elismerhető.

A kari honlapon található, szakonként elkülönülő táblázatok és a Neptun Egységes Tanulmányi Rendszerben található mintatanterv szabadon választható tantárgyi blokkja az ajánlott tantárgyakat tartalmazza. A befogadott tantárgyakat a Neptunban az intézményi tantárgyak között találja, a tiltott tantárgyak (egy részének) felvételét a Neptun megakadályozza.

Felhívjuk figyelmét, hogy az összes intézményi tantárgy listájában szereplő tantárgyak több-kevesebb átfedést is tartalmazhatnak más tantárgyakkal. Ha a mintatantervben szereplő kötelező, illetve a tantervi követelmények teljesítéséhez már figyelembe vett egyéb tantárgyak ismeretei együttesen egy tantárgy tananyagának nagyobb hányadát tartalmazzák, úgy a tantárgy felvehető ugyan, de a tantervhez kapcsolódó követelmények teljesítéséhez nem vehető figyelembe [NFTv 49.§ (5)]. Ezt a Neptun nem tudja ellenőrizni, ezért a megfelelő tantárgyfelvétel minden hallgató saját felelőssége: ha a tantárgyi adatlap alapján ez nem egyértelmű, kérjük, hogy felvétel előtt ki-ki konzultáljon közvetlenül a tantárgy előadójával vagy felelősével, szükség esetén a Kari Kreditátviteli Bizottsággal.

III. VILLAMOSMÉRNÖKI ALAPSZAK

A képzés célja olyan villamosmérnökök képzése, akik természettudományi, műszaki és informatikai, valamint gazdasági, humán és nyelvi ismereteik, továbbá az ezekhez kapcsolódó készségeik révén villamosmérnöki feladatok ellátására képesek. Ennek megfelelően az alapfokozat és a villamosmérnök szakképzettség birtokában közreműködhetnek villamos és elektronikus eszközök, berendezések, összetett rendszerek és létesítmények tervezésében, ezek gyártása és üzemeltetése során bemérési, minősítési, ellenőrzési feladatokat oldhatnak meg, részt vehetnek üzembe helyezésükben, illetve villamosmérnöki ismereteket igénylő üzemeltetői, szolgáltatói, szervizmérnöki, termékmenedzseri, továbbá ezekhez kapcsolódó irányítói feladatokat láthatnak el. A képzésben résztvevők a szakon belül egy szűkebb szakmai területen (specializációban) alkotó mérnöki munkára készülnek fel.

Lehetőség van az első négy szemeszter német nyelven, majd az ötödik szemeszter német nyelvterületen (Karlsruhe) való elvégzésére legalább középfokú német nyelvvizsga birtokában, sőt a mesterképzést is végzők diplomatervüket Németországban készíthetik el.

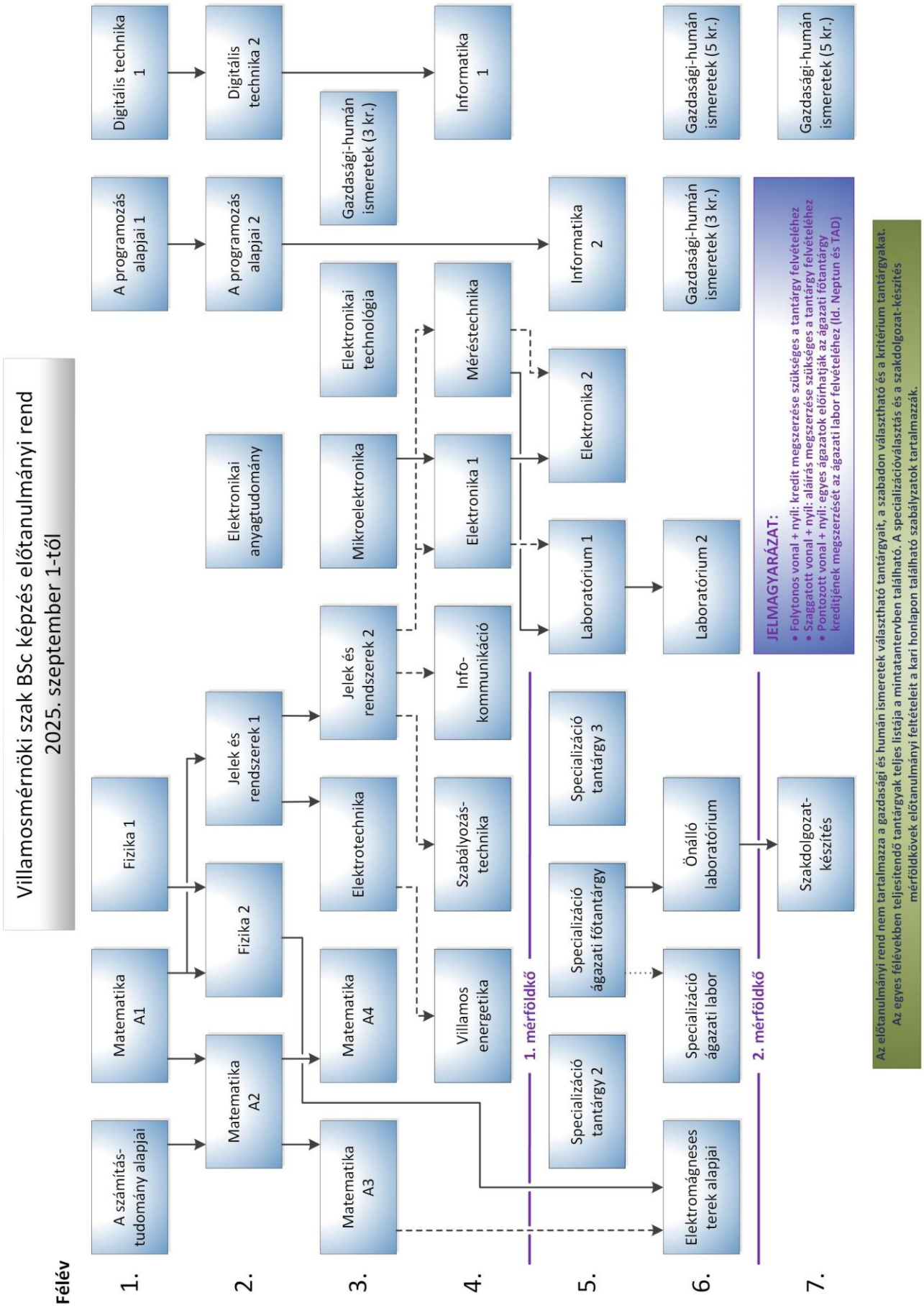
Az alapképzés során megszerzendő ismeretek (210 kredit):

Természettudományos alapismeretek	*40-50 kredit*
Gazdasági és humán ismeretek	*14-30 kredit*
Villamosmérnöki szakmai ismeretek	*70-105 kredit*
Speciális szakmai ismeretek	*min. 40 kredit*
Szabadon választható tantárgyak ismeretkörei	*min. 10 kredit*
Kritériumtárgyak	*0 kredit*

Előtanulmányi rend:

A következő oldalon látható diagram a képzés kötelező tantárgyainak egymásra épülését mutatja. A diagramon nem szerepelnek a mintatanterv gazdasági-humán választható tantárgyai, a szabadon választható és a kritériumtantárgyak. A specializációk tantárgyai egymásra épülésük miatt további előtanulmányi feltételeket is előírhatnak a Neptun Egységes Tanulmányi Rendszerben.

Előtanulmányi feltételeket tartalmaz még tanulmányi mérföldkövek formájában a BSc specializációválasztási szabályzata, valamint a BSc szakdolgozat, záróvizsga és oklevél szabályzat.


Villamosmérnöki szak BSc képzés előtanulmányi rend
2025. szeptember 1-től
Félév
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
A számítás-tudomány alapjai
Matematika A1
Fizika 1
A programozás alapjai 1
Digitális technika 1
Matematika A2
Fizika 2
Jelek és rendszerek 1
A programozás alapjai 2
Digitális technika 2
Matematika A3
Matematika A4
Elektrotechnika
Jelek és rendszerek 2
Elektronikai anyagtudomány
Mikroelektronika
Gazdasági-humán ismeretek (3 kr.)
Villamos energetika
Szabályozás-technika
Info-kommunikáció
Elektronika 1
Elektronikai technológia
Méréstechnika
Informatika 1
1. mérföldkő
Specializáció tantárgy 2
Specializáció ágazati főtantárgy
Specializáció tantárgy 3
Laboratórium 1
Elektronika 2
Informatika 2
Elektromágneses terek alapjai
Specializáció ágazati labor
Önálló laboratórium
Laboratórium 2
Gazdasági-humán ismeretek (3 kr.)
Gazdasági-humán ismeretek (5 kr.)
2. mérföldkő
Szakdolgozat-készítés
Gazdasági-humán ismeretek (5 kr.)
JELMAGYARÁZAT:
• Folytonos vonal + nyíl: kredit megszerzése szükséges a tantárgy felvételéhez
• Szaggatott vonal + nyíl: aláírás megszerzése szükséges a tantárgy felvételéhez
• Pontozott vonal + nyíl: egyes ágazatok előírhatják az ágazati főtantárgy kreditjének megszerzését az ágazati labor felvételéhez (ld. Neptun és TAD)
Az előtanulmányi rend nem tartalmazza a gazdasági és humán ismeretek választható tantárgyait, a szabadon választható és a kritérium tantárgyakat.
Az egyes félévekben teljesítendő tantárgyak teljes listája a mintatantervben található. A specializációválasztás és a szakdolgozat-készítés
mérföldkövek előtanulmányi feltételeit a kari honlapon található szabályzatok tartalmazzák.

Mobilitási ablak:

A mintatanterv részét képezi az ún. mobilitási ablak (a nemzetközi hallgatói mobilitásra felhasználható időszak). A mobilitási ablak biztosításának célja (BME TVSz 75/A §), hogy a hallgató tanulmányi idejének meghosszabbodása nélkül vehessen részt nemzetközi mobilitásban. Ezen célok biztosítása érdekében olyan félévet vagy féléveket kell a szak mintatantervében meghatározni, amely vagy amelyek keretében jelentős részben kötelezően választható vagy szabadon választható tárgyak kerülnek meghirdetésre, és ily módon a tantárgyak kiváltása vagy távolról történő teljesítése megoldható.

Fentieket figyelembe véve a mobilitási ablakok kialakítása az alapszakokon az alábbi alapelvek szerint történt:

1. A mobilitás féléve az alapképzésben a Szakdolgozat-készítés teljesítésére kijelölt 7. félév.
2. A megjelölt félévben a mintatantervben csak olyan tantárgyak szerepelnek a Szakdolgozat-készítés mellett, amelyek vagy:
   a. szabadon választható tantárgyak vagy
   b. olyan kötelező vagy kötelezően választható tantárgyak, amelyek minden tanulmányi cselekménye zárt rendszerű távoktatási képzésmenedzsment rendszerben megvalósuló távolléti oktatási formában (online) teljesíthető.

A Szakdolgozat-készítés tantárgy teljesíthető külföldön is.

A hallgató a 7. félévben a Szakdolgozat-készítés mellett kötelezően vagy szabadon választható tantárgyakat kell teljesítsen. Ezeknek a tantárgyaknak a befogadhatósága az európai kreditátviteli és – gyűjtési rendszer alapján könnyen teljesíthető, bizonyos tantárgyak online is elvégezhetők. A Szakdolgozat-készítés nagyobb kreditértékű tantárgy, készítésének félévében a tanterv kevesebb tantárgyhoz kapcsolódó kreditszerzési kötelezettséget tartalmaz, így a hallgatónak elsősorban nem a hagyományos kurzuslátogatás a feladata. A szakdolgozatát külföldön teljesítő hallgató esetében a témavezetés történhet közösen a küldő intézménnyel közösen (co-tutelle képzés), vagy online módon a hallgató anyaintézményében. A dolgozat elkészítésében, a kutatásban szerepet játszanak az ipari partnercégek (a legtöbb informatikai vállalat multinacionális, külföldi anyavállalattal és több országban található leányvállalatokkal, fiókcégekkel). A külföldi tanulási környezet, illetve a cégek, ipari vagy egyéb partnerek külföldi telephelyei vagy anyacégei, mind szakmai gyakorlati helyszínek is, és mindezeknek a képzés minőségére gyakorolt pozitív hatása a képzéseket még vonzóbbá teszi.

III.1 Természettudományos alapismeretek

Matematika A1 – Analízis villamosmérnököknek
(TEMIBSVMAT1-00, 1. szemeszter, 6/2/0/v/8 kredit, Analízis és Operációkutatás Tanszék)

A tantárgy 2024 szeptemberétől a Nemzeti Alaptanterv változásai miatt – kísérleti jelleggel – 2+2 óra előadással, 2 óra nagy tantermi gyakorlattal és 2 óra normál tantermi gyakorlattal kerül lebonyolításra.

1. A tantárgy célkitűzése
A villamosmérnökök számára szükséges alapvető analitikus térgeometriai és egyváltozós analízisbeli ismeretek elsajátítása.
2. A tantárgy tematikája
Matematikai logika és halmazelméleti alapok
Logikai állítások és műveletek, műveletek tulajdonságai, de Morgan azonosság. Bizonyítási módszerek (lánckövetkeztetés, kontrapozíció, indirekt, teljes indukció). Elemi halmazelméleti fogalmak és műveletek. Relációk, ekvivalenciarelációk és függvények. Halmazok számossága.
Valós és komplex számok
Valós számok értelmezése. Racionális számok és irracionális számok tulajdonságai. R topológiája. Nyílt halmazok, zárt halmazok. Belső pont, határpont, torlódási pont. A komplex számok és azok tulajdonságai. Algebrai, trigonometrikus és Euler-alak. Komplex számok hatványozása, komplex gyökvonás.
Vektoralgebra
Műveletek sík- és térvektorokkal. Vektorok skaláris, vektoriális és vegyes szorzata. Az egyenes és sík egyenletei.
Analitikus térgeometria
Egyenesek és síkok kölcsönös helyzete. Egyenesek és síkok távolsága és az általuk bezárt szög.
Valós számsorozatok
Valós numerikus sorozatok és határértékük. Konvergens és divergens sorozatok tulajdonságai. Végtelenhez tartó sorozatok. A határérték egyértelműsége. A határérték tulajdonságai. Határérték és egyenlőtlenségek. Határérték és műveletek.
Monoton és korlátos sorozatok tulajdonságai. Részsorozatok. Torlódási pontok jellemzése sorozatokkal. Bolzano-Weierstrass-tétel. liminf, limsup. Cauchy-kritérium. Nevezetes határértékek.
Valós függvények jellemzése
Valós változós, valós értékű függvények globális tulajdonságai (paritás, periodikusság, monotonitás, konvexitás). Jensen-egyenlőtlenség. Függvény határértéke és a határérték elemi tulajdonságai. Átviteli elv. Bal- és jobboldali határérték. Szakadási helyek osztályozása.
Folytonos függvények jellemzése, elemi függvények
Függvények folytonossága. Folytonos függvények tulajdonságai. Korlátos zárt intervallumon folytonos függvények. Bolzano-tétel. Weierstrass-tétel. Egyenletes folytonosság. Heine-tétel. Elemi függvények. Polinomfüggvények és racionális törtfüggvények. Exponenciális és hatványfüggvények. Logaritmusfüggvények. Trigonometrikus függvények és inverzeik. Hiperbolikus függvények és inverzeik.
A differenciálszámítás alapjai
A differenciálhatóság fogalma. Differenciálási szabályok és az elemi függvények deriváltjai. Magasabb rendű deriváltak. Lokális tulajdonságok és a derivált kapcsolata.
A differenciálszámítás alkalmazásai
Középértéktételek (Rolle, Lagrange, Cauchy, l'Hospital-szabály). Differenciálható függvények vizsgálata. Taylor-polinom. Alkalmazások.
A határozatlan integrál
A határozatlan integrál fogalma és elemi határozatlan integrálok. A határozatlan integrál tulajdonságai és integrálási módszerek. Parciális és helyettesítéses integrál. Parciális törtekre bontás. Racionális törtfüggvények integrálása.

A Riemann-integrál
A Riemann-integrál definíciója és tulajdonságai. A Riemann-integrálhatóság kritériumai, oszcillációs összeg, Lebesgue-tétel. Newton-Leibniz-tétel. Integrálfüggvény.
Az integrálszámítás alkalmazásai
A határozott integrál matematikai és fizikai alkalmazásai. (terület, forgástest térfogata, felszíne, integrálkritérium sorokra, súlypont, tehetetlenségi nyomaték stb.) Példák.

Matematika A2 - villamosmérnököknek
(TE90AX59, 2. szemeszter,4/2/0/v/6 kredit, Algebra és Geometria Tanszék)

1. A tantárgy célkitűzése
A villamosmérnökök számára szükséges alapvető lineáris algebrai, sorfejtésekre vonatkozó és többváltozós analízisbeli ismeretek elsajátítása.
2. A tantárgy tematikája
LINEÁRIS ALGEBRA
Lineáris terek
Lineáris tér axiómái és geometriai jelentésük. Lineáris függetlenség, altér, kifeszített altér, generátorrendszer, bázis, dimenzió (ismétlés). Báziscsere, az áttérés mátrixa. Metrikus és normált tér. Euklideszi terek. Ortogonális és ortonormált bázis. Cauchy-Bunyakovszkij egyenlőtlenség, Pithagorasz-tétel.
Lineáris operátorok
Lineáris operátor definíciója. Operátor mátrixa. Geometriai transzformációk (forgatás, tükrözés, vetítés) és mátrixuk, egyéb lineáris transzformációk (pl. deriválás) és mátrixuk. Magtér, képtér. Dimenziótétel. Inverz. Báziscsere transzformáció. Lineáris transzformáció és lineáris egyenletrendszer kapcsolata.
Spektráltétel
Karakterisztikus polinom. Sajátérték, sajátvektor. Speciális mátrixok (önadjungált, unitér stb.) sajátértékei és sajátvektorai. Hasonlóság. Diagonalizálhatóság. Főtengelytétel. Kvadratikus alakok osztályozása.
Mátrixfüggvények
Mátrixok függvényeinek értelmezése. Mátrixok exponenciális függvénye és meghatározásának módszerei.
Improprius integrál és alkalmazásai
Az impromprius integrál. A határozott integrál matematikai és fizikai alkalmazásai. (terület, forgástest térfogata, felszíne, integrálkritérium sorokra, súlypont, tehetetlenségi nyomték stb.) Példák.
VÉGTELEN SOROK
Numerikus sorok
Konvergencia, divergencia, maradéktag, abszolút- és feltételes konvergencia. Konvergenciakritériumok. Speciális sorok. Zárójelezés, zárójelfelbontás. Sorok szorzata. Sorok átrendezése, Riemann-tétel. Hibabecslés Leibniz-sorok esetén.
Függvénysorozatok, függvénysorok
Pontonkénti és egyenletes konvergencia. (Egyenletes) konvergenciatartomány és meghatározása. Az egyenletesen konvergens sorozatok és sorok alapvető tulajdonságainak invarianciája a limesre ill. a sorösszegzésre. Kritériumok egyenletes és nem egyenletes konvergenciára.
Hatványsorok
Konvergenciaintervallum. Taylor-sorok. Sorfejtés fogalma. Hatványsor és Taylor-sorkapcsolata. Taylor polinom, Lagrange maradéktag. Taylor-sor egyértelműsége. Elemi függvények Taylor-sora. Taylor-sorfejtés technikája. Binomiális sorok.
Fourier-sorok
Fourier-sor fogalma. Elégséges feltétel arra, hogy Fourier-sora előállítsa a függvényt. Páros és páratlan függvény Fourier-sora. Sorfejtés technikája. Nevezetes numerikus sorok összegének kiszámítása. Parseval-formula. Komplex Fourier-sorok.

TÖBBVÁLTOZÓS FÜGGVÉNYEK

Alapfogalmak

Távolság, környezet, nyílt halmaz, zárt halmaz, korlátos halmaz, összefüggő halmaz. Konvergencia. Koordinátánkénti konvergencia. Bolzano-Weierstrass tétel több dimenzióban. Többváltozós függvény fogalma és szemléltetése. Többváltozós függvények határértéke és folytonossága.

Differenciálszámítás

Többváltozós függvények deriválása. Gradiens és parciális deriváltak kapcsolata. Geometriai szemléltetés. Magasabb rendű deriváltak, középértéktétel, Young-Schwarz tétel. Differenciál, függvény lineáris közelítése. Függvény közelítése adott rendben. Iránymenti derivált fogalma, kiszámítása, a parciális deriváltakkal és a gradienssel való kapcsolata, geometriai jelentése.

Többváltozós szélsőérték

Lokális és abszolút szélsőérték. Létezésükre vonatkozó szükséges, illetve elégséges feltételek. Nyeregpont. Feltételes szélsőérték, Lagrange-féle multiplikátoros módszer.

Többváltozós függvények integrálása

Területi és térfogati integrál. Integrálhatóság elégséges feltételei. Kettős és hármas integrál kiszámítása: kétszeres és háromszoros integrál. Integrálási sorrend megváltoztatása (Fubini-tétel). Integráltranszformáció. Fontosabb transzformációk: polár-, henger- és gömbi koordináták. Jacobi-determináns. Alkalmazások: alakzatok területének, testek térfogatának kiszámítása. Tömeg kiszámítása nem egyenletes anyagsűrűség esetén. Tömegközéppont.

Matematika A3 - villamosmérnököknek

(TE90AX09, 3. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, Algebra és Geometria Tanszék)

1. A tantárgy célkitűzése

A VIK Villamosmérnök szakának kötelező alaptárgya.

2. A tantárgy tematikája

Differenciálegyenletek osztályozása. Szétválasztható változójú differenciálegyenletek.

Lineáris diff. egyenletek általános megoldásának szerkezete. Az elsőrendű inhomogén lineáris egyenlet. Állandók variálásának módszere.

Állandó együtthatós másodrendű lineáris differenciálegyenlet. Másodrendű, inhomogén egyenlet megoldása próbafüggvénnyel.

A Laplace-transzformáció. Definíció, műveleti szabályok. Derivált Laplace-transzformáltja. Elemi függvények transzformáltjai.

Lineáris differenciálegyenletek és egyenletrendszerek megoldása Laplace-transzformációval.

Szétválasztható változójúra visszavezethető (homogén fokszámú és lineáris argumentumú) diff. egyenletek. Az egzakt diff. egyenlet és annak megoldása. Multiplikátorral egzakttá tehető diff. egyenlet.

Állandó együtthatós homogén lineáris rendszerek megoldása különböző valós sajátértékek esetén. Inhomogén egyenletrendszerek partikuláris megoldásának keresése állandók variálásával.

Görbék és felületek, és ezek irányítása és mértéke.

Skaláris- és vektormezők, görbementi integrálok.

Vektormezők differenciálása, divergencia és rotáció. Forrás- és örvénysűrűség.

Potenciálelmélet. Konzervatív vektormezők, potenciál. Görbementi integrál függetlensége az úttól.

Felületmenti integrálok.

Integrálátalakító tételek. Gauss és Stokes tételei.

Matematika A4 - Valószínűségszámítás
(TE90AX58, 3. szemeszter, 2/2/0/f/4 kredit, Sztochasztika Tanszék)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja, hogy a véletlen jelenségek matematikai leírásába, törvényszerűségeibe vezesse be a hallgatót és ehhez egy gyakorlatias és modern megközelítést biztosítson. A valószínűségszámítás az előző matematika tantárgyaktól eltérő gondolkodásmódot igényel: nehézsége az absztrakció mellett a szokatlanságban, az intuíciónak gyakran ellentmondó következtetéseikben rejlik. Éppen ezért fontos szerepe van a rugalmas és problémamegoldó gondolkodás fejlesztésében továbbá felkészít a szaktárgyakban és az alkalmazásokban előforduló igen nagyszámú, véletlennel kapcsolatos jelenségek modellezésére és a kapcsolódó számításokra. Ilyen alkalmazások például: mérések kiértékelése, adatok elemzése (statisztikai következtetések levonása) sok felhasználós hálózatok, információ átvitele, zajos rendszerek, megbízhatósági analízis, közgazdasági folyamatok, statisztika.

2. A tantárgy tematikája
Eseménytér, valószínűségek tulajdonságai, eseményalgebra. Kombinatorika (Galton deszka, Pascal háromszög, permutáció, kombináció, variáció). A valószínűségszámítás Kolmogorov-féle modellje, a valószínűség elemi tulajdonságai: (véges és megszámlálhatóan végtelen) additivitás, monotonitás, komplementer esemény valószínűsége, események összegének (uniójának) valószínűsége.
Feltételes valószínűség. Kettő vs. több esemény függetlensége. Szorzatszabály. Bayes-tétel, Teljes valószínűség tétele.
A valószínűségi változó fogalma. Diszkrét eloszlások (súlyfüggvény) tulajdonságai, nevezetes diszkrét eloszlások (egyenletes, Bernoulli, binomiális, hipergeometriai, geometriai, negatív binomiális, Poisson). Binomiális és hipergeometriai (visszatevéses és visszatevés nélküli mintavétel) összehasonlítása. Binomiális és Poisson összevetése, illetve binomiális közelítése Poissonnal.
Diszkrét várható érték, szórás, módusz, medián. Nevezetes diszkrét eloszlások várható értéke, szórása. Kovariancia, korreláció. Függetlenség és korreláció kapcsolata.
Folytonos eloszlások. Sűrűségfüggvény, eloszlásfüggvény: valószínűségek kapcsolata a sűrűség- és az eloszlásfüggvénnyel. Eloszlásfüggvény analitikus tulajdonságai. Nevezetes folytonos eloszlások (egyenletes, exponenciális, normális). Egyenletes eloszlás mint arányosság, exponenciális eloszlás örökifjúsága. Alkatrészek élettartamának modellezése exponenciális és normális eloszlással.
Poisson folyamat. A Poisson és az exponenciális eloszlás kapcsolata (egy adott intervallumon bekövetkező események számának eloszlása vs. az események között eltelt idő). Exponenciálisok összege: gamma eloszlás egész paraméterre (Erlang).
Várható érték, momentumok, szórás, módusz, medián folytonos esetben. Mintaátlag, tapasztalati szórás. Nagy számok törvényei. De Moivre-Laplace tétele. Poisson közelítése normálissal. Független, azonos eloszlású valószínűségi változók összege, átlaga: centrális határeloszlás.
Normális eloszláscsalád: létjogosultsága, további alkalmazások. Szigma-szabályok. Standardizálás, valószínűségi változók további transzformációi.
Független valószínűségi változók összege: konvolúció (Bernoullik, binomiálisok, Poissonok, exponenciálisok, egyenletesek összege). Geometriai valószínűségek (két összefüggő egyenletes valószínűségi változó grafikus megjelenítése), diszkrét feltételes eloszlás, vegyes (diszkrét+folytonos eloszlások).
Kétváltozós eloszlások diszkrét és folytonos esetben. Együttes sűrűség, eloszlás, peremsűrűség, peremeloszlás, feltételes sűrűség, eloszlás. A peremsűrűségek eredeztetése együttes sűrűségből, a feltételes sűrűség kapcsolata az együttes és a peremsűrűséggel. Függetlenség és szorzatszabály. Folytonos valószínűségi változók korrelációja. A peremeloszlások eredeztetése a peremsűrűségekből.
2D egyenletes eloszlás, 2D normális eloszlás (különböző tartományokon, független és összefüggő esetben). Feltételes várható érték (definíció és szemléletes jelentés) mint valószínűségi változó. Teljes várható érték tétel.
Lineáris regresszió. Regressziós görbe a legkisebb várható négyzetes hibával: feltételes várható érték. Lineáris regresszió, regressziós egyenes egyenlete. Statisztika: pontbecslések (X valószínűségi változó optimális θ paraméterére vonatkozó becslések). Maximum likelihood becslés. Küszöbindex (minta

elemszám) keresése adott pontosság és hiba-valószínűség esetén. Intervallumbecslések várható értékre (ismert és ismeretlen szórás esetén). Konfidenciaszint és konfidenciaintervallum definíciója, szemléletes jelentése.

Fizika 1

(TE11AX21, 1. szemeszter, 3/1/0/v/4 kredit, Fizika Tanszék)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja a középiskolában is már valamilyen szinten megismert fizikai jelenségek mögött megbújó törvényszerűségek rendszerezése, felépítése, egységes gondolati keretbe illesztése, végső soron a természettudományos szemlélet kialakítása és a modellalkotási készség fejlesztése.

A fizika alaptörvényeiről elsajátított egyetemi szintű ismeretek nyitják meg az utat ahhoz, hogy később a képzésben részt vevő hallgató a modern kora béli tudományos és műszaki eredményekhez, eszközökhöz értő módon tudjon viszonyulni és alkotni.

A félévi tananyag a mechanika és hőtan ismereteibe tekint be. Célunk az alapfogalmak ismertetése, a természettudományos tájékozottság kialakítása, és a problémamegoldó készség fejlesztése. Az előadás során elsősorban az elméleti alapokat ismertetjük, illetve külön hangsúlyt fektetünk arra, hogy a fizikából tanult elvek összekapcsolódjanak mindennapi életben tapasztalt jelenségekkel, illetve modern műszaki alkalmazásokkal. Az előadáson elhangzott elméleti ismeretek feladatmegoldásokon keresztüli megvilágítása és elmélyítése elsősorban a tanköri gyakorlatok keretében történik. A tárggyal párhuzamosan futó Bevezető fizika kurzus keretében lehetőséget biztosítunk további gyakorlásra, felzárkózásra.

A fizika tanulmányok megkezdése feltételezi az alapvető matematikai ismeretek gyakorlati tudását. Azért, hogy az ilyen háttértudás hiánya ne nehezítse a megértést, a tantárgy a matematikai ismeretek áttekintésével kezdődik.

2. A tantárgy tematikája

Matematikai alapok

Vektorszámítás, trigonometria, egyenletek, koordinátarendszerek, függvények. Skaláris és vektoriális szorzat. Példák vektorok, vektorműveletek szemléltetésére utalva a leendő kinematikai, dinamikai összefüggésekre. Függvények változási sebessége: meredekség, érintő. Egyszerű függvények érintőjének kiszámolása. A függvénygörbe alatti terület kiszámolása. Egyszerű példák, amelyek rámutatnak a leendő kinematikai összefüggésekre.

Mechanika

A távolság és idő fogalma, mértékegysége, mérése. Mozgások leírása, sebesség és gyorsulás fogalma. Koordinátarendszerek. Kinematikai feladatok alaptípusai: egyenes vonalú mozgások, hajítások.

Körmozgások, rezgőmozgások.

Newton törvényei, az erő, illetve a tehetetlen tömeg fogalma, mérése, mértékegysége.

Kölcsönhatások és erőtörvények: gravitációs és nehézségi erő, rugalmas erő, kényszererők, súrlódás és közegellenállás.

Mozgásegyenletek felírása és megoldása, kezdeti feltételek szerepe. A súly és súlyos tömeg fogalma. Gyorsuló vonatkoztatási rendszerek, tehetetlenségi erők. Tömegpontrendszer. Tömegközéppont.

A munka és a teljesítmény fogalma. Munkatétel. Konzervatív erőtér. Mozgási és helyzeti energia, a mechanikai energiamegmaradás tétele.

Impulzus és perdület fogalma, impulzus- és perdületmegmaradás tétele.

Merev testek mozgása, tömegközéppontja, impulzusa és perdülete, a tehetetlenségi nyomaték fogalma.

Dinamika a hétköznapokban a bolygók és műholdak mozgásától a mikromechanikai rendszerekig.

Rezgések. Harmonikus oszcillátor. Mozgásegyenlet és megoldása. Kinematikai mennyiségek meghatározása.

Csillapított és gerjesztett rezgés. Mechanikai hullámok.

Hullámegyenlet és általános megoldása. Hullámok terjedési sebessége. Hullámtulajdonságok. Hullámok visszaverődése. Hullámok szuperpozíciója. Állóhullámok. Doppler-effektus.

Hőtan
Termodinamikai állapotváltozók. Extenzív és intenzív mennyiségek. A termodinamika 0. főtétele. A hőmérséklet fogalma, mérése, kinetikus értelmezése. Hővezetés, hőáramlás hősugárzás.
Belső energia, munkavégzés, hőközlés. Termodinamikai folyamatok. Fázisátalakulások.
Ideális gázok állapotegyenlete. Kinetikus gázelmélet. Szabadsági fok. Fajhő, hőkapacitás, mólhő.
A termodinamika I. főtétele. Termodinamikai folyamatok. Állapotváltozások ábrázolása. Termodinamikai körfolyamatok. Hőerőgépek, hőszivattyúk, hűtőgépek.
A termodinamika II- és III. főtételei. A termodinamikai entrópia és az irreverzibilitás megfogalmazása.
Hétköznapi hőtan: hőháztartás lakásokban és számítógépekben.

Fizika 2

(TE11AX22, 2. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, Fizika Tanszék)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja a középiskolában is már valamilyen szinten megismert fizikai jelenségek mögött megbújó törvényszerűségek rendszerezése, felépítése, egységes gondolati keretbe illesztése, végső soron a természettudományos szemlélet kialakítása és a modellalkotási készség fejlesztése. A fizika alaptörvényeiről elsajátított egyetemi szintű ismeretek nyitják meg az utat ahhoz, hogy később a képzésben részt vevő hallgató a modern kor béli tudományos és műszaki eredményekhez, eszközökhöz értő módon tudjon viszonyulni, és alkotni.
A félévi tananyag az elektrodinamika, a geometriai és hullámoptika ismereteibe tekint be, továbbá a részecskék hullámtulajdonságain keresztül előkészíti a kvantumelméleti tanulmányokat. Célunk az alapfogalmak ismertetése, a természettudományos tájékozottság kialakítása, és a problémamegoldó készség fejlesztése. Az előadás során elsősorban az elméleti alapokat ismertetjük, illetve külön hangsúlyt fektetünk arra, hogy a fizikából tanult elvek összekapcsolódjanak mindennapi életben tapasztalt jelenségekkel, illetve modern műszaki alkalmazásokkal. Az előadáson elhangzott elméleti ismeretek feladatmegoldásokon keresztüli megvilágítása és elmélyítése elsősorban a tanköri gyakorlatok keretében történik.

2. A tantárgy tematikája
Elektromos és mágneses jelenségek
Elektrosztatikus erők. Vezetők és szigetelők. Elektromos töltés fogalma, Coulomb-törvény. Az elektromos erőtér. Elektromos térerősség. Az elektromos dipólus. Az elektromos dipólusra ható forgatónyomaték, az elektromos dipólus energiája. Folytonos töltéseloszlások által létrehozott elektromos erőterek.
Az elektromos fluxus. A Gauss törvény. A Gauss törvény és az elektromos vezetők. Az elektromos potenciál. A potenciál hely szerinti változása (gradiense). Ekvipotenciális felületek.
A kapacitás fogalma. Kondenzátorok kapcsolása. Dielektrikumok. A kondenzátor energiája. Az elektromos erőtér energiasűrűsége. Dielektrikumok.
Az elektromotoros erő. Az elektromos áram és az elektromos áram sűrűség. Az elektromos vezetőképesség és ellenállás. Az Ohm törvény és a differenciális Ohm-törvény. A Joule törvénye. Egyenáramú áramkörök, Kirchhoff-törvények. Az áramerősség és a feszültség mérése.
A mágneses erőtér. A rúdmágnes és a Föld mágneses tere. Töltött részecskék mozgása mágneses erőtérben. A Lorentz-erő. A mágneses térben levő áramvezetőre ható erő. Áramjárta keretre ható erők, a mágneses dipólus fogalma. A mágneses dipólusra ható forgatónyomaték, a mágneses dipólus energiája.
Az Oersted-kísérlet. Mozgó töltések és áramok által keltett tér. Biot-Savart-törvény. Ampere-törvény. Hosszú egyenes áramjárta vezető, tekercs és toriod mágneses tere.
Az anyagok mágneses tulajdonságai. A cseppfolyós oxigén paramágnessége. A cseppfolyós nitrogén diamágnessége. Ferromágneses domének. A mágneses térerősség és a mágneses indukcióvektor. Mágneses hiszterézis. Mágneses adattárolás.

A mágneses fluxus. Időben változó mágneses fluxus: a Faraday-féle indukciótörvény. A Lenz-törvény. Az örvényáramok. Az önindukció. A kölcsönös indukció. Transzformátorok. Az önindukciós tekercs energiája. A mágneses tér energiasűrűsége.
Időben változó elektromos fluxus. Az eltolási áram. A Maxwell-egyenletek rendszere. Az elektromágneses hullámok, hullámegyenlet, polarizáció. Keltés, terjedés, visszaverődés, spektrum.
Elektromágneses hullámok keltése. Az elektromágneses tér energiaáram-sűrűsége (Poynting-vektor) és energiasűrűsége. Az elektromágneses hullámok intenzitása. Elektromágneses hullámok energiája és impulzusa. Fénynyomás.
Optika
A geometriai optika alapjai: törés, visszaverődés. Elektromágneses hullámok terjedése: Huygens-Fresnel elv. Diffrakció. Elhajlás résen. Elhajlás rácson. Röntgen-diffrakció.
Bevezetés a modern fizikába
Bevezetés a modern fizikába – a kvantumos jelenségek kísérleti előzményei. Hőmérsékleti sugárzás. A feketetest-sugárzás spektruma. A feketetest sugárzás különböző értelmezései. Planck-elmélet. Fényelektromos hatás. Compton-effektus. Az elektromágneses sugárzás „kettős természete”. Részecskék hullámtermészete. Atommodellek. Korrespondencia-elv. A de Broglie-hullámok. A Davisson-Germer kísérlet.
A Schrödinger-féle hullámegyenlet. A hullámfüggvény fizikai jelentése. Alagúteffektus. Határozatlansági elv. Komplementaritási elv. A hidrogénatom kvantumállapotai. A Pauli-féle kizárási elv és az elemek periódusos rendszere. Az elektron spin.

A számítástudomány alapjai

(VISZAA07, 1. szemeszter, 3/2/0/v/5 kredit, SZIT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célkitűzése a műszaki informatika tanulmányokhoz szükséges és a mérnöki alapműveltséghez tartozó egyes alapvető matematikai ismeretek elsajátítása, azok szemléletmódjának kialakítása. Ezen belül a tantárgy a lineáris algebra és a gráfelmélet egyes területeire nyújt bevezetést.
2. A tantárgy tematikája
Gráfelmélet
Gráfelméleti alapfogalmak. Gráfok fokszámösszege, komponensek, utak, séták, élsorozatok, izomorfia. Fák és erdők, azok egyszerűbb tulajdonságai.
Feszítőfa, alapkörrendszer (fundamentális körrendszer), fundamentális vágásrendszer. Minimális költségű feszítőfa, Kruskal algoritmusa.
Gráfbejárás fogalma, élek osztályozása, BFS. Legrövidebb utak és a BFS tulajdonságai, legrövidebb utak fája. Élmenti javítás, Dijkstra algoritmusa.
Ford és Floyd algoritmusai. Mélységi keresés, irányított körök keresése, aciklikus gráfok jellemzése. PERT feladat, megoldásnak algoritmusa.
Euler-séta és körséta, létezésének szükséges és elégséges feltétele (összefüggő gráf esetén). Hamilton-kör és út fogalma. Szükséges, illetve elégséges feltételek Hamilton-kör létezésére: Dirac és Ore tételei ill. komponensszám pontelhagyások esetén.
Gráf síkba, illetve gömbre rajzolhatósága. Az Euler-féle poliédertétel és következményei egyszerű, síkbarajzolható gráfokra. Kuratowski gráfok, soros bővítés, Kuratowski tétele. Síkbarajzolt gráf duálisa. Elvágó él, soros élek, vágás. A duális gráf tulajdonságai (élszám, csúcsszám, összefüggőség, kör-vágás dualitás, annak speciális esetei). Síkgráfok kromatikus száma, négyszíntétel.
Lineária algebra
Lineáris egyenletrendszerek megoldása Gauss-eliminációval. Elemi sorekvivalens lépés, lépcsős alak és redukált lépcsős alak fogalma. Kapcsolat az egyenletek és ismeretlenek száma, illetve a megoldás egyértelműsége között.

Rn és Rn alterének fogalma. Lineáris kombináció, generált altér (és ennek altér volta), generátorrendszer. Lineáris függetlenség (ennek kétféle definíciója és ezek ekvivalenciája). Az újonnan érkező vektor lemmája. F-G egyenlőtlenség.
Bázis és dimenzió fogalma, a dimenzió egyértelműsége. Standard bázis, Rn dimenziója. Koordinátavektor fogalma és annak egyértelműsége. Bázis létezése Rn tetszőleges alterében.
Determináns definíciója. Permutációk inverziószáma. A determináns alaptulajdonságai. Determináns kiszámítása Gauss-eliminációval. A kifejtési tétel.
Műveletek mátrixokkal (összeadás, skalárral szorzás, szorzás, transzponálás), ezek tulajdonságai. A transzponált determinánsa. Determinánsok szorzástétele (biz. nélkül). Lineáris leképezések.
Mátrix inverze, létezésének szükséges és elégséges feltétele, az inverz kiszámítása. Mátrix rangja, a rangfogalmak egyenlősége, a rang meghatározása. Az n × n-es lineáris egyenletrendszerek egyértelmű megoldhatóságának jellemzése a determináns segítségével. Kapcsolat a lineáris egyenletrendszerek, az Rn-beli generált altérhez tartozás kérdése, illetve a mátrixszorzáson alapuló mátrixegyenletek között. Kapcsolat négyzetes mátrix determinánsa, illetve a sorok és az oszlopok lineáris függetlensége között.

Informatika 1

(VIIIAB09, 4. szemeszter, 4/0/0/f/5 kredit, IIT)

1. A tantárgy célkitűzése

Átfogó ismeretek nyújtása és szakmai alapozás a számítógépek felépítése, működése, számítógép-architektúrák, operációs rendszerek funkciói, belső szerkezete, működési elvei területén.

2. A tantárgy tematikája

Neumann modell, Harvard és módosított Harvard architektúra. Operációs rendszerek kialakulása, tipikus szolgáltatások, feladatok. Az architektúrák fejlesztési igényei: több feladat egyidejű végrehajtása, memória kezelés gyorsítása, védelmi feladatok, az operációs rendszerek megfelelő működéséhez szükséges speciális hardver követelmények.
Számítógépek memóriakezelése: Hierarchikus memóriafelépítés, sebesség- és tárkapacitási problémák és azok lehetséges megoldása. Cache-szervezés, lokalitási elvek, blokkcsere stratégiák (LRU, LFU, FIFO, Random), lokalitástudatos programozás (egyszerű 2D tömb kezelésén keresztül), cache-szemetelés problémája. DDR-SDRAM memóriák felépítése, belső szervezése (ismétlés), blokkbetöltés gyorsítása és ennek illeszkedése a cache blokkbetöltéséhez, cache kezeléshez kapcsolódó példák.
Virtuális tárkezelés. címfordítás, MMU, TLB fogalma, egy- és többszintű laptáblák. A cache elhelyezkedése virtuális tárkezelés esetén (TLB előtt, vagy után). Operációs rendszer memóriakezelése, hardver együttműködése a virtuális tárkezelésben, találati arány, effektív elérési idő, vergődés fogalma. Lapcsere algoritmusok, tárgazdálkodás, laphibagyakoriság-mérésen alapuló tárgazdálkodás.
Háttértárolók, mágneses adattárolás elve, kódolás szerepe, SSD meghajtók működése, vezérlő egység feladatai, meghajtó élettartama. Szabványos csatoló felületek (SATA, SCSI, SAS), parancsok. Lemezkezelés és fájlrendszer, lemezkezelő réteg feladatai. Kapcsolat a virtuális tárkezeléssel (blokkmérettel). Fájl és könyvtár mint adatszerkezet, rajtuk végezhető műveletek.
Perifériakezelés, külön I/O utasítások, memóriába ágyazott I/O, adatátvitel irányítása, programmal ellenőrzött készenlét, megszakításkezelés. Processzor tehermentesítése DMA és I/O processzor alkalmazásával. Elterjedten alkalmazott összeköttetések, busz, soros adatátvitel (A digitális technika 2 ismeretekből kiindulva kitekintés a számítógépekben alkalmazott megoldásokra).
Egy- és többprocesszoros rendszerek adatátviteli megoldásai, hierarchikus sínrendszerek. Arbitráció szerepe, arbitrációs megoldások (centralizált, decentralizált megoldások), PCI, PCI-express, USB csatoló felületek. USB használata (készülékek csatlakoztatása, leíró szerepe, automatikus driver betöltés/keresés). Eszköz-meghajtók szerepe. Készülékfüggetlen hívási felület kialakítása.
Utasítás architektúra (ISA) fogalma, utasításkészlet kialakítási szempontjai, regiszterek, címzési módok (Digitális technika 2-ből indulva, ahhoz hasonlítva más processzoroknál megjelenő egyéb lehetőségek rövid tárgyalása), kompatibilitási problémák. Magasszintű nyelvek támogatása: stack kezelés, adatszerkezetek kezelése (indexelt címzés, bázisrelatív címzés, többkomponensű címzés alkalmazása).

Különböző utasításarchitektúrák összehasonlítása (PIC24 (digitális technika 2-ből), x86-64, MIPS, ARM,) Összehasonlítási szempontok: regiszterkészlet, címzési módok, gépikód felépítése. CISC és RISC fogalma, sajátosságai.
Utasítások számának és bonyolultságának hatása a teljesítményre, CISC-RISC processzorok. ALU szervezés kérdései, kapcsolat az utasításrendszerekkel. Utasításvégrehajtás gyorsítása, órajel-frekvencia, gépi ciklusok számának csökkentése, adatszélesség növelése. Feldolgozás párhuzamosítása processzoron belül, pipe-line elv, utasítások egymásra hatása (feldolgozási, adat és vezérlés (procedurális) egymásra hatás, adat előre csatolás), soron kívüli végrehajtás. Szuperskalár elv.
Többfelhasználós rendszerek, multiprogramozott, multiprocesszoros rendszerek, folyamatok, konkurens (párhuzamos) programvégrehajtás. Védelmi megoldások (x86-64, ARM) Folyamatok ütemezése, sorban állási modellek, CPU ütemezés.
Közös memóriás együttműködés, szinkronizációs alapesetek, kölcsönös kizárás, precedencia. Szoftver és hardvertámogatás szükségessége (test-and set, read-modify-write, compare-and-swap), tipikus megvalósításai. Üzenetváltással történő együttműködés, pipe, mesage queue, signal handling. Szinkron és aszinkron kommunikáció. Rendszerhívás megvalósítása.
Erőforráskezelési problémák: versenyhelyzet, holtpont, prioritásinverzió. Az éhezés fogalma. A holtpont felszámolása. Különböző erőforrások esetén használható holtpontkezelő stratégiák. A kommunikáció hibái.
Mikrokontrollerek sajátosságai, erőforráskorlátok hatása az operációs rendszer szolgáltatásaira, fejlődési trendek, mikroprocesszoron/mikrokontrolleren futó operációs rendszerek. Valós idejű beágyazott rendszerek. Biztonságkritikus rendszerek speciális követelményei, azok hardveres és szoftveres teljesíthetősége. Egyszerű ütemezés/taszkváltás bemutatása egy konkrét mikrokontrolleren.
Virtualizáció fogalma, szerepe. Hardver támogatás I/O kezelés virtualizálásához. Konkrét példa bemutatása virtuális gép létrehozására. Felhő alapú rendszerek, az egyetemi felhő bemutatása esettanulmány formájában.

Informatika 2

(VIAUAB10, 5. szemeszter, 3/0/1/f/5 kredit, AUT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgyat sikeresen elvégző hallgató rendelkezni fog az elméleti alapokkal egy több kliensből, szerver oldali szolgáltatásból, adatbázis szerverből és beágyazott IoT eszközökből álló, felhő szolgáltatást használó rendszer felépítéséhez, és egy konkrét keretrendszerben ezt a gyakorlatban is meg tudja valósítani. A tantárgy terjedelmi okokból a PHP mellett a JavaScript alapú fejlesztésnek és node.js technológiának csak egy kis részhalmazát érinti.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés

Bevezetés, követelmények, demók, technológiai áttekintés, git verziókezelő használata (a tantárgy keretében GitHub Classroomot használunk)

Adatbázisok

Adatbázisok tulajdonságai, elvárások. Relációs adatbázisok, relációs séma, SQL alapok. Relációs adatbázisok tervezése, ER diagramok. SQL lekérdezések (alapok). SQL lekérdezések (haladó). Indexek, tranzakciókezelés, ACID elvek.

Webes alkalmazások

Alapvető webes technológiák és szolgáltatások, HTTP kommunikáció alapjai. Weboldalak vázának elkészítése, a HTML és CSS szintaktikai elemei. Szerver oldali kód sajátosságai, PHP nyelv alapjai és elérhető szolgáltatásai. Adatbázis kommunikáció megvalósítása szerver oldalon, adatok biztonságos kezelése és védelme. Interaktív weboldalak készítése, bevezetés a generatív mesterséges intelligencia és a JavaScript használatába.

Kitekintés: adatbázisok, webes technológiák, generatív mesterséges intelligencia használata általánosságban. Félévzárás, összefoglalás, tanulságos példák a generatív mesterséges intelligencia használatáról

Elektronikai anyagtudomány
(VIETAA01, 2. szemeszter, 2/0/0/f/2 kredit, ETT)

1. A tantárgy célkitűzése
Az Elektronikai anyagtudomány c. természettudományos alaptárgy elsődleges célja a villamosmérnökök számára szükséges alapvető anyagszerkezeti és anyagtechnológiai ismeretek átadása a hallgatóknak. Ez magában foglalja a különböző anyagmodellek megismerését, kristálytani alapismeretek elsajátítását, valamint a főbb, villamosmérnöki gyakorlatban alkalmazott vezető, félvezető, szigetelő, mágneses és optikai anyagok alapvető fizikai tulajdonságainak és ebből adódó viselkedésének megértését. A tantárgy további célja a geometria skálázásból (méretcsökkentésből) adódó anyagtulajdonság-megváltozások, illetve fontosabb kvantummechanikai jelenségek ismertetése, amelyek a modern mikroelektronika, illetve elektronikus eszközök működésének alapját képezik.
2. A tantárgy tematikája
Bevezetés – tematika és követelmények ismertetése. Az anyag „bottom-up” modell szerinti felépítése. A Bohr-féle, ill. kvantummechanikai atommodellek. Elektronok és atompályák, a kvantumszámok értelmezése. Pauli-elv.
Vegyérték, ionizáció és elektronegativitás, az elemek csoportosítása. Atomi szintű kölcsönhatások, elsőrendű kémiai kötések. A kristályrácsok makroszkopikus tulajdonságai. Másodrendű kötések és kölcsönhatások.
Kristálytani alapismeretek, Bravais-rács, Miller-indexek, reális kristályok és kristályhibák (ponthibák, diszlokációk, rétegződési hibák), valamint hatásaik a makroszkopikus anyagjellemzőkre.
Egykristályok és polikristályok tulajdonságai és előállítása, újrakristályosítás. Amorf anyagok és polimerek (alapvető) tulajdonságai.
Az anyagok elektronszerkezete és a sávszerkezet kialakulása. A Fermi-Dirac statisztika és a hőmérséklet hatása, a Fermi-szint. Fémek, félvezetők és szigetelők definíciója és sávszerkezet diagramjai, a tiltott sáv és jelentősége.
A fémek tulajdonságai. Vezetés fémekben: Drude-féle fémmodell, Matthiessen-szabály. Hall-effektus. Vezeték és ellenállásanyagok, hőmérsékletfüggés.
Fémek mechanikai tulajdonságai, szakítószilárdság, folyáshatár. Ötvözetek szerkezete és termikus viselkedése, állapotábrák, eutektikum, eutektoid, szilárd oldat, intermetallikus vegyület.
Félvezető anyagok jellemzői, elemi és vegyület félvezetők. Elektronok, lyukak, töltéshordozók, tömeghatás törvénye. Indirekt és direkt sávszerkezetű félvezetők. Folyamatok a sávok között, generáció és rekombináció. Si egykristály és szelet előállítási technológiák.
Félvezetők adalékolása, az adalékolás hatása a sávszerkezetre. A diffúzió és ionimplantáció alapvető fizikai folyamatai és technológiai megvalósítása. A szilícium vegyületeinek (SiO2, Si3N4) tulajdonságai és alkalmazásuk.
Szigetelő anyagok villamos tulajdonságai (dielektromos, ferroelektromos, piezoelektromos, piroelektromos anyagok), kerámiák, kompozitok, üvegek, polimerek, műanyagok.
Optikai anyagok. A sugárzások fajtái, folytonos és karakterisztikus források. A fotonemisszió típusai, LED-ek, lézerek, termikus források. Alapvető fény-anyag kölcsönhatások.
Mágneses anyagok és tulajdonságaik. Ferro, para és diamágneses anyagok. Ferritek. Superparamágnesesség.
Klasszikus kvantummechanikai effektusok gyakorlati vonatkozásai: alagúthatás, ballisztikus vezetés. A kvantumkorlátozottság az anyagok méretének csökkentésével jelentkező hatásai. Kitekintés: Modern anyagrendszerek: nanoanyagok és alkalmazásaik (nanoszenzorok, nanopackaging, nanometrológia).

Elektronikai technológia
(VIETAB01, 3. szemeszter, 2/0/2/f/4 kredit, ETT)

1. A tantárgy célkitűzése
Az Elektronikai technológia c. természettudományos alaptantárgy keretében folyó képzés elsődleges célja az elektronikai áramkörök és rendszerek kivitelezésével, a kivitelezés ellenőrzésével, valamint a kivitelezett áramkörök és eszközök validációjával kapcsolatos alapjainak, továbbá elméleti és gyakorlati ismereteinek átadása a hallgatóknak. A tantárgy célja áttekintést adni az elektronikai alkatrészek és eszközök, az áramköri modulok, valamint az elektronikus készülékek struktúrájáról, felépítéséről, előállítási és szerelési technológiájáról, a szakterület fejlődési trendjeiről. A tantárgy azon elektronikai technológiai, mikroelektronikai, áramkör-építési, szereléstechnológiai, elektronikai készülékek fejlesztési ismereteket foglalja össze, amelyek minden villamosmérnök számára szükségesek az integrált áramkörökkel, továbbá az elektronikai részegységek és rendszerek kivitelezésével kapcsolatos alapvető tájékozottsághoz és az erre a területre specializálódott ipari szakemberekkel és kutatókkal való együttműködéshez

2. A tantárgy tematikája
Elektronikus alkatrészek, hordozók, részegységek rendszerezése, elektronikai anyagok rövid ismertetése. Elektronikai készülékek tervezése, felépítése, készülékfejlesztés, műszaki specifikáció, mechanikai-, termikus-, EMC (elektromágneses kompatibilitás) tervezés alapjai, gyárthatóságra tervezés.
A furat és felület szerelhető alkatrészek felépítései, tulajdonságai, csoportosításai, tárolási módok, felületszerelt aktív alkatrészek és integrált áramköri tokozások, chipméretű tokozások és szeletszintű tokozás-szerelés.
Alkatrészek forrasztása, forrasztott kötések létrehozása, kézi forrasztás folyamata és eszközei, hullámforrasztási technológia lépései, újraömlesztéses forrasztási technológia lépései, automatizált forrasztási technológiák hőprofilja.
Félvezető chipek és moduláramkörök beültetési módjai és tokozásai, félvezető chipek mechanikai rögzítése ragasztással, illetve Au-SI eutektikus forrasztással, félvezető chipek villamos bekötési technikái, mikrohuzalkötési technikák, flip-chip technológia.
Egyoldalas, kétoldalas, többrétegű és speciális áramköri lemezek technológiái, szubtraktív, additív és fél-additív rajzolatkialakítási technológiák, többrétegű, együtt-laminált lemezek furatfémezési technikái, nagyfelbontású, mikroviákat tartalmazó lemezek, szekvenciális rétegépítéssel készült lemezek.
Kerámia- és polimer alapú vastagréteg technológia, szigetelő alapú integrált áramkörök, vastagréteg technológia anyagai, lépései, sziták tulajdonságai, típusai, szalagnyomtatás, hibrid IC készítési technológiája, rétegellenállások alakjai és értékbeállítása, alacsony- és magas hőmérsékleten együtt-kiégetett kerámiahordozók.
Additív elektronikai gyártástechnológiák anyagai: fémporok, kerámiák, hőre lágyuló polimerek, kompozitok, biokemikáliák. Technológiák: fotopolimerizáció, szálolvasztásos építés, elektronsugaras-, lézeres- és plazmaíves direkt fémleválasztás, sugaras anyagnyomtatás, szelektív lézeres olvasztás és szinterelés, fémek direkt lézeres szinterelése.
Vákuumtechnika, vékonyréteg technológia, vákuumrendszerek, vákuumszivattyúk, vákuumpárologtatás és porlasztás technológiája, árammal közvetlenül és közvetetten hevített források, elektronsugaras fűtésű párologtatóforrás, vékonyréteg integrált áramkörök.
Elektronikai minőségbiztosítás, minőség fogalma, minőségbiztosítási biztosítási technikák alapjai, gyártásközi ellenőrző berendezések, szerelt áramkörök minősítési kritériumai, elektronikus eszközök mechanika-, termikus- és elektromos validációja.
Megbízhatóság-elmélet, elektronikai szerelvények és készülékek meghibásodásának okai és fajtái, megbízhatósági függvények, a megbízhatósági jellemzők számítása. Hibák keletkezésének elemzése, vizsgálati és hibaanalitikai tevékenység motivációi, helye és szerepe az elektronikai gyártás és minőségbiztosítás területén.
Szerelt áramköri- és készülékszintű termikus menedzsment, a hő és a hőmérsékletváltozás hatásai elektronikai szerelvényekre és készülékekre, hőenergia terjedése, termikus interfészek elektronikai

szerelvényekben; hűtőbordák, direkt- és indirekt folyadékhűtés, fázisátalakulással működő hűtés; termikus tervezési alapok; termikus modellezés alapjai.
Ipari meghívott előadó előadása.
Kitekintő, tartalékelőadás, Ipar 4.0 az elektronikai gyártástechnológiákban, okos gyártás, okos gyár, ipari IoT (dolgok internetje), gépi tanulás módszerek alapjai az elektronikai gyártáshoz kapcsolódóan, gép-gép kapcsolat az elektronikai gyártásban; kiterjesztett HMI (ember-gép kommunikációs felület) eszközök a gyártósori gépek ellenőrzésére, optimalizálására.

III.2 Gazdasági és humán ismeretek

A gazdasági és humán ismeretek tantárgyblokk 4 kötelezően választható tantárgyból épül fel. A tantárgyakat a GTK és a VIK által felkínált tantárgylistából lehet felvenni (kötelezően választható jelleg). A GTK 3 kategóriába sorolta a felvehető tantárgyait (valamennyi kategóriában 3 és 5 kredites tantárgyak találhatók):

4. Üzleti
5. Társadalmi beágyazottság
6. Karriertámogatás / készségfejlesztés

A VIK a jelenlegi 2 kredites gazdasági-humán tantárgyait 2026 szeptemberéig átdolgozza 2/0/0/f/3 követelményrendszerűre.

A tantárgyak felvételének szabályai:

3. Összesen legalább 16 kreditnyi tantárgy veendő fel a GTK és a VIK kínálatából.
4. A GTK kínálatának minden kategóriájából legalább egy tantárgy veendő fel.

A tantárgylisták a VIK honlapján találhatók.

III.3 Szakmai törzsanyag

A programozás alapjai 1
(VIHIAA01, 1 szemeszter, 2/2/2/f/7 kredit, HIT)

1. A tantárgy célkitűzése
A számítógép-programozás a villamosmérnöki ismeretek nélkülözhetetlen részét képezi. A tantárgy célkitűzése, hogy a hallgatók készség szinten alkalmazható ismereteket szerezzenek a számítógépes problémamegoldás módszereinek és alapvető eszközeinek használatában. További cél, hogy a megszerzett ismereteket és készségeket további tanulmányaik során hatékonyan legyenek képesek alkalmazni. A célkitűzés teljesítését egy magas szintű, mégis gépközeli programozási nyelv, a C megismerése teszi lehetővé. Amellett, hogy a hallgatók megismerkednek az imperatív programozási paradigma fogalomkörével, és ezzel egyben megalapozzák a további programozási nyelvek elsajátítását is, megismerkednek a számítógép hardverelemeivel is. A számítógépes laborgyakorlatok folyamatosan követik az előadások tematikáját, és bevezetik a hallgatókat a modern fejlesztőkörnyezetben végzett programozási munka alapjaival.

2. A tantárgy tematikája
Alapfogalmak: Az imperatív programozási paradigma. Algoritmus és annak leírása. Pszeudokód, folyamatábra. Kifejezések. Állandók és változók. A C nyelv alapjai. Forráskód, megjegyzések, kulcsszavak. Változók deklarálása. Értékadás. Beolvasás és kiírás.
Strukturált programok. A strukturált programozás tétele. A struktorgram. Strukturált programozás C-ben: az if és while utasítások. Egyéb strukturált elemek: for, do-while, switch. Összetett vezérlési szerkezetek. Vektoralgoritmusok. A soros adatfeldolgozás: összegzés, számlálás, szélsőérték-keresés.
Összetett logikai kifejezések. Tömbök: deklarálás, kezdetiérték-adás, indexelés. A túlindexelés. Egyszerű tömbös algorimusok: hisztogram. Ciklikus indexelés: körbuffer megvalósítása. Nemstrukturált vezérlő elemek: break, continue.
A C nyelv aritmetikai típusai: Az egész típusok. Ábrázolás, túlcsordulás. A logikai típus megjelenítése. A karakter típus: Az ASCII-tábla. Műveletek karakterekkel. A lebegőpontos típus: Ábrázolás, relatív pontosság. A gépi számábrázolási pontosság.
Függvények. A funkcionális dekompozíció. Függvények definiálása és hívása. A függvényhívás mechanizmusa. A verem. Lokális és globális változók láthatósága és élettartama. A felsorolt típus.
Struktúrák és a rajtuk végezhető műveletek. Struktúrákon végzett műveletek megvalósítása függvényekkel. Típusnév-hozzárendelés.
Indirekció. Memóriacímek és mutatók. Indirekt változóhozzáférés mutatókon keresztül. Cím szerinti paraméterátadás. Függvény által paraméterlistán visszaadott értékek. Mutatóaritmetika. Mutatók és tömbök kapcsolata. Sztringek és műveleteik. Szabványos sztringkezelő függvények.
Dinamikus memóriakezelés. Memóriafoglalás és -felszabadítás. Memóriaszivárgás. A heap fogalma. Dinamikusan foglalt tömbök és sztringek. Operátorok és kifejezések. Kifejezésfák felépítése. Operátorok precedenciája és asszociativitása. A kifejezésfák kiértékelése, operandusok kiértékelési sorrendje. A logikai rövidzár. Mellékhatásos kifejezések. Balérték és jobbérték fogalma. Kifejezések kiértékelésének sorrendhatár-pontjai.
Fájlkezelés C-ben. Műveletek szöveges fájlokkal: megnyitás, írás, olvasás, bezárás. A pufferelt fájlkezelés. Műveletek bináris fájlokkal: megnyitás, írás, olvasás, bezárás. Többdimenziós tömbök. Többszörös (sorfolytonos) indexelés. Többdimenziós tömb átadása függvénynek. Dinamikusan foglalt többdimenziós tömbök. Mutatótömbök, sztringtömbök.
Dinamikus adatszerkezetek. Önhivatkozó adatszerkezetek. Egyszeresen láncolt listák. Lista bejárása, keresés, beszúrás, törlés listából. Többszörösen láncolt listák. Strázsás listák. Listákkal megvalósított speciális adatszerkezetek: FIFO, LIFO, több szempont szerint rendezett listák, körkörösen láncolt listák.
Rekurzió. A rekurzió fogalma egyszerű példákon keresztül. A rekurzió megvalósítása a veremben. Iteráció és rekurzió összehasonlítása. Rekurzív algoritmusok: útvonalkeresés. Bináris fák. Bináris fa felépítése, bejárása, elem keresése, beszúrása. Mélységi bejárások: inorder, preorder, postorder.
Keresés és rendezés. Lineáris keresés rendezett és rendezetlen adatvektorban (tömbben és listában). Logaritmikus keresés tömbben. A keresések lépésszáma. Rendező algoritmusok: közvetlen kiválasztás,

közvetlen beszúrás, buborékrendezés. Gyorsrendezés. Rendező algoritmusok lépésszámának összehasonlítása.
Függvénymutatók. Függvény mint függvény paramétere. Generikus algoritmusok. Típusfüggetlen generikus algoritmusok megvalósítása. Generikus keresés és rendezés

A programozás alapjai 2
(VIAUAA01, 2. szemeszter, 2/0/2/f/6 kredit, AUT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy alapvető célja, hogy alapozó tantárgyként folytassa számítógépes problémamegoldás módszereinek és alapvető eszközeinek előző félévben megkezdett megismertetését olyan szinten, hogy azt a hallgatók további tanulmányaik során képesek legyenek hatékonyan alkalmazni. Ezen félév alapvető célkitűzése, hogy további gyakorlatokkal mélyítse a C programozási nyelv ismeretét, megismertesse a nagyméretű programozási feladatok megoldásának lépéseit, és bevezessen az objektum-orientált programozásba. Célkitűzését a tantárgy az előző félévben megszerzett C nyelvi tudásra alapozva, a C++ nyelv megismertetésével éri el. A laborok anyaga folyamatosan követi az előadások tematikáját, azok megértését, elmélyítését támogatja

2. A tantárgy tematikája
C++ mint a C javított változata
Az előző félévi anyag rendszerező összefoglalása. C nyelv „javításai”: típusértékű struct, enum, bool típus. Függvényhívás alacsony szinten. Prototípusok szükségessége, referenciatípus bevezetése. Függvényhívás balértékként. Bevezetés a C++ I/O használatába. MI alapú kódolási segédek használata integrált fejlesztőeszközökben.
Függvénynév túlterhelése (overload). Alapértelmezett (default) függvényargumentumok. Makrók kiváltása inline függvénnyel. Névterek, láthatóság. Memória allokáció és kivételkezelés röviden.
Objektumorientált programozás alapjai a C++ nyelv bemutatásával
Objektumorientált programozás alapfogalmai, elvei, objektum fogalma. Osztály, egységbezárás, láthatóság és információrejtés fogalma. Tagváltozók és tagfüggvények. Getterek és setterek. A this pointer. Konstruktor, destruktor.
Konstruktorok és destruktorok. Dinamikus adattagokat karbantartó osztályok. Másoló konstruktor, értékadás. Tagváltozók inicializálása. Konstans és statikus tagok.
A láthatóság enyhítése: friend mechanizmus. Operátorok túlterhelésének fogalma. Operátorok túlterhelésének megvalósítása tagfüggvénnyel és globális függvénnyel. Megkötések.
Az öröklés szerepe az objektumorientált programozásban. Öröklés, származtatott osztály, alaposztály. Az öröklés hatása a láthatóságra. Konstruktorok és az öröklés.
Behelyettesíthetőség. Virtuális függvények, absztrakt osztályok. Korlátozó öröklés. Virtuális destruktorok. Heterogén gyűjtemények.
Többszörös öröklés, virtuális alaposztályok. Konstruktorok és destruktorok automatikus feladatai. Perzisztencia fogalma és megvalósítása.
Konverziós operátorok. Típuskonverziók, kivételkezelés.
Generikus szerkezetek jelentősége. Függvény- és osztálysablonok.
Standard Template Library (STL) bevezetése. Bonyolultságelméleti megfontolások.
STL tárolók és algoritmusok, iterátorok. Objektumorientált szoftvertervezési alapok. Tervezési példa. Összetett alkalmazások generálása MI alapú kódolástámogató eszközzel.
Komplex példa bemutatása. Kitekintés a nyelvhez kapcsolható eszközökre.

Digitális technika 1
(VIIIAA04, 1. szemeszter, 3/1/1/v/6 kredit, IIT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy rendeltetése, hogy egyszerű példákon keresztül megadja mindazokat az alapfogalmi és rendszertechnikai alapismereteket, amelyek a digitális berendezések logikai tervezési szintjén szükségesek. A tervezői szemlélet kialakítása érdekében az előadásokon és gyakorlatokon az elméleti ismereteket gyakorlati példákkal illusztráljuk. A megszerzett gyakorlati ismereteket a hallgatók vezetett laborgyakorlatokon próbálják ki.
A tantárgy keretében a hallgatók:
megismerik a digitális integrált áramköri építőelemek főbb típusait felhasználói szinten,
elsajátítják a kombinációs és sorrendi hálózatok tervezési lépéseit,
készséget szereznek a hazárdjelenségek felismerésében és kiküszöbölésében,
A megszerzett ismeretekkel és készségekkel a hallgatók képesek lesznek a villamosmérnöki gyakorlatban felmerülő bármely logikai tervezési alapfeladat megoldására a feladat megfogalmazásából kiindulva.

2. A tantárgy tematikája
A logikai feladat és a logikai tervezés fogalma. Az analóg és digitális jelfeldolgozás lényege és összehasonlításuk. A logikai rendszer, mint a digitális eszközök elvi absztrakciója. A Boole-algebra alkalmazása a működés leírására. Számrendszerek (2,10,16), számábrázolási módok és az aritmetikai műveletekre gyakorolt hatásuk. Átváltás a számrendszerek között, Horner szabály, gyors átalakítás kettes és hexadecimális számrendszerek között. Törtek ábrázolása, negatív számok ábrázolása, előjel és abszolút érték, kettes komplemens. Tízes számrendszer kezelése, BCD ábrázolás.
Logikai érték, logikai változó, logikai függvény fogalma. Logikai érték származtatása feszültség logika. Logikai függvények megadási módjai, konjunktív és diszjunktív kanonikus algebrai és számjegyes alakok. Minterm és maxtermes ábrázolás. Átalakítás különböző számjegyes alakok között. Logikai kapuk ábrázolása rajzjelekkel.
Logikai függvények minimalizálása, szomszédosság fogalma, algebrai egyszerűsítés, prímimplikáns fogalma, megkülönböztetett minterm/maxterm, prímimplikánsok és lényeges prímimplikánsok keresése, grafikus minimalizálás, Karnaugh tábla, közömbös fogalma, legegyszerűbb kétszintű alak előállítása.
Szöveges specifikáció, szöveges leírás alapján különféle megadási módok igazságtábla, Karnaugh tábla, számjegyes alakok előállítása. Számjegyes alakok átalakítása.
Kombinációs hálózatok átmeneti jelenségei (hazárdok). Jelterjedési idő fogalma, hatása a kombinációs hálózat működésére. Kétszintű és többszintű hálózatok dinamikus viselkedése. Statikus dinamikus és funkcionális hazárd fogalma, kiküszöbölése.
Szimmetrikus logikai függvények, szimmetriaszám fogalma, szimmetrikus függvényeken végzett műveletek tulajdonságai. Egy bites teljes összeadó, összeadás/kivonás megvalósítása. Szorzás megvalósítása.
Multiplexerek, kombinációs hálózatok megvalósítása multiplexerek, mint funkcionális építőelem felhasználásával.
Prioritás enkóder, dekóder felépítése, tipikus dekóderek 1/ 2, 2/ 4, 3/ 8. Komparátor áramkörök. Komparátorok soros és párhuzamos kaszkádosítása. Kettes komplemens számok összehasonlítása.
Sorrendi hálózatok bevezetése, aszinkron és szinkron működés. Sorrendi hálózatok megadása: állapottábla, állapotgráf. Sorrendi működés követése állapottábla alapján, Mealy és Moore modell.
Elemi sorrendi hálózatok (flip-flopok) és átalakításuk. Regiszter fogalma, reset, preset és tetszőleges érték betöltésének megvalósítása. Tárolók időzítési jellemzői, adat előkészítési-, tartási idő, maximális működési frekvencia meghatározása.
Szinkron sorrendi hálózat tervezésének lépései egy konkrét példán keresztül. (Mealy és Moore modell szerint működő hálózat)
Szinkron sorrendi hálózat formális specifikálása: állapottábla, állapotgráf felvétele szöveges leírás és időDiagram alapján.

Állapottábla feleslegesen megkülönböztetett állapotainak megkeresése, összevonása. Megkülönböztethető és nem megkülönböztethető állapotok. Állapotekvivalencia, állapotkompatibilitás fogalma. Paul-Unger eljárás. Összevont állapottábla szisztematikus előállítása.
Szinkron sorrendi hálózatok állapotkódolása. Állapotkódolás célja, hatása a megvalósítás bonyolultságára. Szomszédos kódolás, HT partíció, kimenet alapján történő kódolás, n-ből 1 kód.
Szinkron sorrendi hálózatok analízise, Elvi logikai rajz alapján működés elemzése, állapottábla előállítása, rendszerhazárd fogalma, metastabilitás.
Szinkron számlálók, kezdeti érték beállítási lehetőségek, szinkron és aszinkron törlés, kezdőérték betöltés, bináris és BCD számlálók. Számlálók soros és párhuzamos kaszkádosítása.
Shift regiszter, barrel shifter megvalósítása. Általános regiszter. Kezdőérték betöltésének biztosítása. Komplex tervezési feladat funkcionális elemekből. Pl. csúszóablakos mintafelismerés sorosan érkező bemeneti adatokon.
Vezérlési szerkezet – adatstruktúra szétválasztás.
Bemutatás példán keresztül: szorzás elvégzése szekvenciálisan, több órajel alatt
Kompozíciós feladatok megoldása számlálók és komparátorok felhasználásával (fel/le számlálás, páros/páratlan számlálás)

Digitális technika 2

(VIIIAA05, 2. szemeszter, 2/1/1/v/6 kredit, IIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy rendeltetése, hogy egyszerű példákon keresztül megadja mindazokat az alapfogalmi és rendszertechnikai alapismereteket, amelyek a mikroprocesszor alapú digitális berendezések logikai tervezési szintjén szükségesek. A tervezői szemlélet kialakítása érdekében az előadásokon gyakorlati példákat mutatunk és a hallgatók a házi feladatok révén tervezési részfeladatok önálló megoldásával mélyítik el a tananyagot. Ennek keretében
módszereket ismernek meg és készséget szereznek a mikroprocesszoros rendszerek analízisében és szintézisében,
egy mikroprocesszoros eszközbázis és egy assembly nyelv alapszintű megismerése révén olyan alapismereteket kapnak, amelyek birtokában további mikroprocesszor rendszerek megismerése és alkalmazása könnyen elsajátítható.

2. A tantárgy tematikája

Követelmények ismertetése, előzmények összefoglalása, ismétlés: vezérlés és adatszerkezet szétválasztás, aritmetika, előjelkezelés, előjel kiterjesztés, túlcsordulás kezelése.
Általános célú végrehajtóegység felépítése funkcionális elemekből. ALU, PC, utasításdekóder, regiszter fájl, utasításmemória, adatmemória.
Busz fogalma. Vezérlőbusz, címbusz, adatbusz. Tri-state fogalma. Időmultiplexálás. I/O és memóriatartomány.
Memóriák bemutatása, használata, egyszerű memória interfészek (SRAM, ROM, PROM, EPROM, EEPROM, FLASH)
Konkrét mikrokontroller bemutatása (CPU-mag és utasításkészlet), órajel, reset előállítása. Külső sín előállítása.
Programozói modell bemutatása (regiszterstruktúra, utasításfelépítés, címzési módok). Aritmetikai és logikai műveletek, feltétel flag-ek és feltételes elágazások megvalósítása, példákkal.
Memóriaszervezés, stack, pointerek és szubrutinhívás, paraméterátadás.
Megszakításkezelés, környezet mentése/visszaállítása, egymásba ágyazott megszakítások, prioritások; Időzítési probléma tárgyalása: a SW időzítés és problémái. HW interrupt.
Periféria fogalma. Címdekódolás. I/O portok, időzítők, időzítőn alapuló perifériák (Input capture, output compare, PWM).
Aszinkron és szinkron soros adatátvitelek. UART, SPI.
UART periféria működése és használata. Puffer kezelés, ellenőrző összeg számítás.
Master, slave, arbitráció fogalma. DMA vezérlő. DMA vezérlő példa UART perifériával.

Korszerű memóriaáramkörök (NVRAM, FRAM, MRAM, DRAM, DDRAM, NAND és NOR FLASH memóriák).
Programozható logikák: PAL, GAL, CPLD, FPGA, CLC periféria.

Jelek és rendszerek 1
(VIHVAA03, 2. szemeszter, 3/3/0/v/6 kredit, HVT)

1. A tantárgy célkitűzése
A két féléves Jelek és rendszerek 1-2. tantárgy feladata az alapvető jel- és rendszerelméleti fogalmak, illetve számítási eljárások megadása, valamint a rendszert reprezentáló villamos és jelfolyam típusú hálózatok analízisére alkalmazható módszerek megismertetése. A tantárgy első részében (Jelek és rendszerek 1) az időtartományban alkalmazott rendszerleírásokat tárgyaljuk, és ezt követően foglalkozunk a frekvenciatartománybeli leírással. Példákban és alkalmazásokban a Kirchhoff-típusú (villamos) hálózatokkal reprezentált rendszereket és leíró egyenleteiket, illetve ezek megoldását tárgyaljuk, és gyakoroltatjuk.
2. A tantárgy tematikája
Alapfogalmak
Jel, rendszer, hálózat; osztályozási szempontok. A hálózat által reprezentált rendszer. Villamos hálózatok alaptörvényei. Kétpólusok jellemzése. Kirchhoff-törvények. Fundamentális hurok- és vágatrendszer. Tellegen-tétel. A hálózati egyenletek teljes rendszere.
Rezisztív hálózatok analízise
Rezisztív hálózat fogalma, a hálózatanalízis alapfeladata, a hálózat regularitása. Hálózatszámítási módszerek: szuperpozíció-elv, csomóponti potenciálok és hurokáramok módszere. Csatolt kétpólusok bevezetése, karakterisztikák, kezelés a hálózatanalízis során. Összetett kétpólusok helyettesítése: eredő ellenállás, helyettesítő generátorok. Teljesítményillesztés. Lineáris kétkapuk. Reciprocitás, szimmetria, passzivitás. Kétkapuk helyettesítő kapcsolásai. Lezárt kétkapu bemeneti és átviteli jellemzői.
Dinamikus hálózatok analízise
Dinamikus hálózat fogalma. Az állapotváltozós leírás. Kiindulási és kezdeti érték. Regularitás. Egy- és többtárolós hálózat számítása szakaszonként állandó gerjesztés mellett. Szabad és gerjesztett összetevő. Időállandó. Vizsgálójelek módszere. Egységugrás, Dirac-impulzus. Ugrás- és impulzusválasz fogalma, ezek kapcsolata, előállítása. Általánosított derivált. Konvolúció. Stabilitási fogalmak és feltételek (aszimptotikus és gerjesztés-válasz stabilitás).
Szinuszos állandósult állapot
Szinuszos állandósult állapot fogalma és fizikai tartalma. Szinuszos jelek fazor-reprezentációja, műveletek fazorokkal. Hálózategyenletek felírása fazorokkal. Impedancia. Hálózatszámítási módszerek. Fazorábrák kvalitatív szerkesztése. Átviteli tényező, átviteli karakterisztika. Bode-diagram (tömören). Logaritmikus egység és lépték. Teljesítmények szinuszos állandósult állapotban: pillanatnyi, hatásos, meddő teljesítmény, komplex teljesítmény, teljesítménytényező. Teljesítményillesztés.
Nemlineáris hálózatok
Nemlineáris ellenállás. Munkapontszámítás: grafikus módszer, tartományonkénti linearizálás. A nemlineáris hálózati egyenletek megoldhatósága. Az iteratív megoldási módszerek alapelve. Munkaponti linearizálás. Dinamikus ellenállás. Nemlineáris kétkapu munkaponti linearizálása.
Periodikus állandósult állapot
Periodikus jel definíciója és középértékei. Fourier-polinom és sor. Matematikai és mérnöki valós, ill. komplex alak. Konvergenciatulajdonságok. Rendszeranalízis Fourier-sor alkalmazásával. Hatásos teljesítmény számítása (Parseval-tétel).

Jelek és rendszerek 2
(VIHVAB02, 3. szemeszter, 3/3/0/v/6 kredit, HVT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy a Jelek és rendszerek 1. tantárgy folytatása. Célja megalapozni a folytonos idejű rendszerek vizsgálati módszereit a frekvencia és a komplex frekvencia tartományban, továbbá a különböző rendszerleírások alapján megismertetni a rendszerjellemzőket és kapcsolatukat. A folytonos idejű rendszerek elméletét követően, a diszkrét idejű jelek és rendszerek vizsgálati módszereinek tárgyalása az idő-, frekvencia-, és z-tartományban. A tantárgy megadja a folytonos idejű jelek és rendszerek diszkrét közelítésének elvi alapjait, és tárgyalja a folytonos idejű nemlineáris rendszerek és hálózatok analízisének alapvető módszereit.

2. A tantárgy tematikája
Ismétlés
Szinuszos állandósult állapot, komplex amplitúdó, átviteli tényező és karakterisztika, periodikus jelek Fourier-sora.
Frekvenciatartománybeli analízis
Fourier-transzformáció. A transzformáció tulajdonságai, tételei. Inverz Fourier transzformáció. Alkalmazás rendszeranalízisre; átviteli karakterisztika. Jel sávszélessége. Rendszer sávszélessége, ideális aluláteresztő szűrő, toleranciasémák. Alakhű átvitel és feltételei.
Komplex frekvenciatartománybeli analízis
Laplace-transzformáció. A transzformáció tételei, kapcsolata a Fourier-transzformációval. Rendszeranalízis, átviteli függvény. Pólus-zérus elrendezés. Hálózatanalízis: operátoros impedanciák. Bekapcsolási és nem bekapcsolási jelenségek.
Lineáris rendszerek jellemzése
Rendszerjellemző függvények fogalma, kapcsolataik. Stabilitásvizsgálat. Speciális rendszerek: memóriamentes erősítő, integrátor, derivátor. Mindentáteresztő és minimálfázisú rendszer; felbontás ezek kaszkádjára.
Diszkrét idejű (DI) jelek, rendszerek és hálózatok
Alapfogalmak, elemi jelek. DI jelfolyam hálózat. Időtartománybeli analízis: állapotváltozós leírás. Aszimptotikus stabilitás. Rendszeregyenlet. Differenciaegyenletek megoldása lépésről-lépésre módszerrel. Impulzusválasz, konvolúció. DI szinuszos jelek leírása; a komplex amplitúdó. DI rendszer átviteli karakterisztikája. DI periodikus jelek Fourier-sora (DFT). DI Fourier-transzformáció (DTFT). Átviteli karakterisztika. Komplex frekvencia-tartomány, z-transzformáció. Rendszeranalízis z-transzformációval. Differenciaegyenletek megoldása, átviteli függvény. DI lineáris rendszerek jellemzése: rendszerjellemző függvények, speciális rendszerek.
Mintavételezés és jelrekonstrukció, diszkrét szimuláció
A mintavételi tétel; átlapolódás, alulmintavételezés fogalma. A jelrekonstrukció feladata és módszerei: nullad- és elsőrendű tartóval, ideális aluláteresztő szűrővel. A diszkrét szimuláció feladatkitűzése; ideális szimuláció. Szimuláció az impulzusválasz és az átviteli függvény alapján. Bilineáris transzformáció. Adott jeltípusra (egységugrás) hibamentes szimuláció, tartó-ekvivalens.
Elosztott paraméterű hálózatok, hullám- és szórási paraméterek
Az elosztott paraméterű hálózat fogalma, alkalmazási területei. A távíró egyenlet. Szinuszos állandósult állapot, fazor-reprezentáció. A Helmholtz-egyenlet és általános megoldása. Haladó hullám, terjedési együttható, hullámimpedancia, fázissebesség. Lezárt távvezeték, reflexiós tényező, lánckarakterisztika. Kétkapuk (speciálisan: a távvezeték) hullám- és szórási paraméterei.

Elektromágneses terek alapjai
(VIHVAC07, 6. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, HVT)

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célkitűzése, hogy a villamosmérnök hallgatók számára

- megismertesse a klasszikus elektrodinamikához kapcsolódó legfontosabb villamosmérnöki alapfogalmakat és összefüggéseket;
- bemutassa a villamosmérnöki tudomány fő alkalmazási területeihez kapcsolódó jellegzetes fogalmi bázist és matematikai tárgyalásmódot;
- bevezesse a hallgatót a modellalkotás folyamatába, valamint néhány analitikus és numerikus számítási módszer alkalmazásába;
- rávilágítsonni a tér- és hálózati modellek közötti kapcsolatra és különbségre.

2. A tantárgy tematikája

Bevezető, az előtanulmányokból ismert alapok összefoglalása

Az elektromágneses tér forrásai (töltés/töltéssűrűség, áram/áramsűrűség). Az elektromágneses teret leíró vektormezők: intenzitásvektorok (elektromos térerősség, mágneses indukció), gerjesztett vektorok (mágneses térerősség, elektromos eltolás), integrált mennyiségek (elektromotoros erő / feszültség, magnetomotoros erő / gerjesztés, elektromos és mágneses fluxus). Elektromágneses tér és közeg kölcsönhatása (polarizáció, mágnesezettség), a térvektorok kapcsolata, illetve az anyag elektromágneses paraméterei (permittivitás, permeabilitás, fajlagos vezetőképesség). A Maxwell-egyenletek integrális és differenciális alakjai. Az elektromágneses tér folytonossági feltételei anyaghatáron. Energiamérleg, Poynting-vektor. Erőhatások az elektromágneses térben, Coulomb-törvény, Lorentz-erő. A klasszikus elektrodinamika egyenleteinek teljes rendszere.

Az elektrodinamika módszertani felosztása és alkalmazási területei

Elektrosztatika

Az elektrosztatika alapegyenletei. Elektrosztatikus skalárpotenciál és feszültség. A Laplace-Poisson egyenlet és általános megoldása; az elektrosztatika peremérték-feladata. Helyettesítő töltések módszere, töltéstükrözés. Elektródák; kapacitás, részkapacitások; földelés.

Stacionárius és kvázi-stacionárius terek

A stacionárius áramlási tér alapegyenletei, elektrosztatikai analógia. Az ellenállás fogalma és általánosítása, részkonduktanciák. A stacionárius mágneses tér alapegyenletei, vektorpotenciál, vektoriális Poisson-egyenlet. A Biot-Savart törvény. Az ön-, és kölcsönös induktivitás fogalma. Indukálási jelenségek, nyugalmi és mozgási indukció. Áramköri és térszámítási modellek összevetése.

Hullámterjedés

Térvektorok fazor reprezentációja. Homogén hullámegyenlet a térerősségekre, vektoriális Helmholtz-egyenlet, síkhullám-megoldás. Síkhullám-távvezeték analógia. Teljesítményáramlás. Síkhullám ideális és veszteséges szigetelőben. Polarizáció. Síkhullámok visszaverődése és törése. Síkhullám vezetőben, örvényáram-jelenségek.

Hullámok keltése

Az inhomogén hullámegyenlet és általános megoldása a potenciálokra. Elemi sugárzó dipólus (Hertz-dipólus) tere. Közel- és távoltér fogalma, jellemzői; teljesítményáramlás, antennajellemzők, ekvivalens áramköri leírás (mindezek bemutatása a Hertz-dipólusra).

Hullámvezetők

TE, TM és TEM típusú terjedés. Négyszög keresztmetszetű csőtápvonal. Sajátérték-feladat, módus, diszperziós egyenlet, határhullámhossz (mindezek bemutatása a csőtápvonalra). S-paraméterek értelmezése.

Mikroelektronika
(VIEEAB01, 3. szemeszter, 2/0/2/v/5 kredit, EET)

1. A tantárgy célkitűzése
Nagy számítási teljesítményű adatközpontok, korszerű okoseszközök, megújuló energiatermelés alapeszközei, az elektromos autók hajtásvezérlése mind elképzelhetetlenek a bennük található nagybonyolultságú integrált áramkörök vagy különböző speciális diszkrét félvezető eszközök nélkül. Az integráció folyamatos fejlődése és az élet minden területét érintő digitalizációnak köszönhetően minden villamosmérnöknek rendelkeznie kell ezen eszközök és berendezések felépítésével, működésével kapcsolatos, valamint a különböző gyártástechnológiákon készített integrált áramkörökben megvalósítható alkatrészekre és áramkörökre vonatkozó alapvető ismeretekkel. Mindezek mellett az integrált áramkörök tervezésének alapvető módszertanával, lépéseivel is tisztában kell lenniük, legalább olyan szinten, ami egy IC tervező mérnökkel való együttműködéshez szükséges. A tantárgy feladata, hogy az absztrakt elektronikus működés és a fizikai valóság közötti összefüggéseket megismertesse. Részletesen tárgyalja a fő integrált áramköri elemek (dióda, tranzisztor stb.) fizikai működését. Különleges hangsúlyt helyez a kapcsolódó gyakorlati ismeretekre a számítógépes- és félvezetőlaboratóriumi gyakorlatok keretében.

2. A tantárgy tematikája
Áttekintés a mikroelektronikáról, mint az egyik legnagyobb fejlődést mutató iparágról. A mikroelektronika szerepe, helye és tárgyköre. A mikroelektronikai tervező szakmérnök feladatai. A mikroelektronika és mikroelektronikai technológia alapfogalmai: minimális csíkszélesség (MFS), félvezető szelet (wafer), áramköri lapka (chip, die), szeletátmérő, egykristály rúd, planár technológia, osztásköz (pitch size), stb. Tranzisztorok 3D megvalósítása (FinFet, GAA, nanosheet tranzisztor kialakítások). Az áramköri rajzolat (layout) és a maszk, valamint az áramköri mag (core) és tappancs gyűrű (pad-ring) fogalma. A tiszta tér alapjai. Fotólitográfia kérdésköre (levilágítás, maszkillesztés). Az áramköri tokozások fejlődése az elmúlt évtizedekben: a Moore törvényen túl mutató (More than Moore) integráció, 2.5D és 3D tokozás (SiP, SoP, stacked die, CSP, stb.), heterogén integráció, fan-out packaging. A fizikai megvalósítások főbb paraméterei: csíkszélesség, lapkaméret, egy lapkára integrált tranzisztorok száma, órajel, disszipáció és integrált magok/funkciók változása azt elmúlt években.
IC gyár felépítése, legfontosabb területei (tisztatér, zsilip, szervíztér, stb.), korszerű gyártósorok, félvezetőgyártó cégek geográfiai eloszlása és gyártókapacitása. Fejlődési trendek, Moore jóslat, mint üzleti trend és hatása a mikroelektronikai gyártástechnológiákra. Mikroelektronikai iparra jellemző fogalmak megismerése: roadmap, red brick wall, technology node, stb. A disszipáció sűrűség korlát, alkalmas hűtőeszköz kialakítások megismerése, integrált mikroméretű hűtőeszközök, folyadék- és mikrocsatornás hűtés kérdései és lehetőségei.
A félvezető eszközök működésének fizikai alapjai: Elemi és vegyületfélvezetők, direkt és indirekt félvezető anyagok sávszerkezete, diszperziós reláció. A generáció és rekombináció fogalma. Töltéshordozók koncentrációja tiszta, adalékolatlan (intrinsic) és az adalékolt félvezetőkben, töltéshordozó koncentrációk (többségi, kisebbségi) meghatározása és hőmérsékletfüggése, Fermi-szint fogalma.
Áramok a félvezetőkben: sodródási és diffúziós áramösszetevők, mozgékonyság és diffúziós állandó, Einstein-összefüggés, élettartam és generációs/rekombinációs ráta fogalma. Folytonossági és diffúziós egyenletek. Diffúziós egyenlet megoldása egy a félvezető eszközök esetén gyakran előforduló, jellegzetes példán. A diffúziós hossz meghatározása.
A dióda, mint a legegyszerűbb félvezető eszköz. Planár diódák kialakítása, adalékprofil fogalma. A pn átmenet működése, elektrosztatikus viszonyok a pn átmenetben. A kiürített réteg fogalma, szélességének meghatározása. A diffúziós potenciál fogalma és nagyságának meghatározása. A pn átmenet nyitó irányú működésének részletes magyarázata. Ideális dióda karakterisztika meghatározása.
Dióda másodlagos jelenségeinek megismerése: generációs és rekombinációs áram, nagy áramsűrűségű jelenségek, letörési jelenségek (ütközéses ionizáció és alagúteffektus), soros ellenállás, tértöltési és diffúziós kapacitás. A pn átmenet záró irányú működése. A pn átmenet elektromos viselkedésének hőmérsékletfüggése.

A planáris kivitelű bipoláris tranzisztorok felépítése (diszkrét és integrált áramköri kivitel), a hatékony tranzisztor működés feltételei, a tranzisztorhatás magyarázata, injektálási- és transzport hatásfok, nagyjelű áramerősítési tényező meghatározása, beépített tér és hatásfokok számítása. Homogén és inhomogén bázisú bipoláris tranzisztor struktúrák. Potenciál viszonyok a bipoláris tranzisztorban.
A munkapont és a kisjelű működés fogalma. A pn átmenet differenciális ellenállásának meghatározása. Diódák és bipoláris tranzisztorok modellezése áramkör-szimuláció (SPICE) számára: modell topológia, modellegyenlet, modell paraméterek. Földelt emitteres alapkapcsolás működése. A bipoláris tranzisztor üzemmódjai és azok modellezése SPICE jellegű áramkörszimuláció számára: Ebers-Moll modell, kisjelű (fizikai π) modellek, alapvető kisjelű számítások. A bipoláris tranzisztorok szerepe a mai IC-kben (pl. BiCMOS áramkörök).
Térvezérlésű tranzisztorok fajtái: a JFET és a MOSFET eszközök. Az unipoláris működés lényege, a működés fizikai alapja. A térvezérlésű tranzisztorok teljes családjának megismerése. A JFET-ek elvi felépítése, karakterisztikái, működési tartományai, elzáródási feszültség fogalma, karakterisztika egyenlet meghatározása.
JFET-ek és MOSFET-ek kisjelű paraméterei, helyettesítőképei; a transzkonduktancia fogalma, feszültségerősítés meghatározása (közös source-ú kapcsolás esetén). JFET alapkapcsolások és jellemzőik. A JFET eszközök összehasonlítása bipoláris és MOS tranzisztorokkal. A MOSFET eszközök felépítése (kiürítéses/növekményes, n/p csatornás), alapvető működésük, fém- és poli-szilícium kapuelektródás kivitel összehasonlítása. Egy egyszerű MOS gyártástechnológia lépései, maszk készlete.
Felületi jelenségek a MOS kapacitás esetén: kiürülés, akkumuláció, inverzió. MOS kapacitás alkalmazási lehetőségei: CCD és CMOS képérzékelő szenzorok felépítése, működése, fejlődése az elmúlt évtizedekben. Modern képérzékelő eszközök (exmor, isocell, BSI, dual-pixel, pixel binning, HDR stb.) működésének megismerése.
MOS tranzisztorok karakterisztikái, küszöbfeszültsége, kapacitásai. MOS tranzisztorok SPICE szimulációs modelljeinek alapjai (topológia, főbb paraméterek). Másodlagos hatások MOS tranzisztorokban. Teljesítmény tranzisztorok: power FET-ek, termikus megfutás kérdése, SOA fogalma. Az IGBT eszközök felépítése, működése, parazita elemek, karakterisztikák megismerése.
A mikroelektronikai gyártástechnológia és áramköri kapcsolástechnika fogalma és kapcsolata. Az nMOS-tól a modern rendszerchip eszközökben alkalmazott logikai áramköri családokig (CMOS, SCL, BiCMOS stb.). Legegyszerűbb nMOS digitális kapcsolások (inverter, NAND/NOR logikai kapuk) és ezek CMOS változatainak megismerése (áramköri kapcsolási rajz és layout terv). Arányos méretcsökkenés és hatása, Dennard törvény. Digitális integrált áramköri magok egyéb globális jellemzői: időzítési paraméterek, terhelő kapacitások, az IC vezetékek tulajdonságai. A CMOS inverter felépítése, jellemzői (zavarvédettség, jelregeneráló képesség, komparálási feszültség, jelterjedés). CMOS áramkörök fogyasztása, annak összetevői, frekvenciafüggése. Statikus és dinamikus MOS logikai kapcsolások felépítése, működése, összehasonlításuk.
Speciális célú pn átmenetek: fotodiódák, napelemek, világító diódák (LED-ek) megismerése. Felépítésük, működésük, megvalósítási technológiájuk és kapcsolódó alapfogalmak megismerése. MEMS (mikro-elektromechanikai rendszerek) eszközök. A méretcsökkenés hatása, tipikus megvalósítások, kialakítások (árkok, membrán, konzol, híd, mikrorugó, fésűs meghajtó, mikrocsatornák stb.). Tömbi és felületi mikromegmunkálási technológiák. A CMOS technológiával való kompatibilitás kérdései. Tipikus szenzor alkalmazások megismerése. Az ilyen eszközök működésének modellezése, helyettesítőképeik.

Elektronika 1
(VIHIAB03, 4. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, HIT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgyban a Mikroelektronika tantárgyban megismert félvezető alkatrészek, a bipoláris és térvezérlésű tranzisztorok alkalmazástechnikáját sajátítják el a hallgatók, nagyban támaszkodva a Jelek és rendszerek tantárgyban megtanult ismeretekre is. A tantárgy a félvezetős alapáramkörök munkaponti linearizálás módszerével történő számítását, kisfrekvenciás, nagyfrekvenciás analízisét mutatja be. Érinti a bipoláris és térvezérlésű tranzisztorokkal felépített műveleti erősítők alapvető kapcsolástechnikai ismereteit, az áramkörök egyszerű stabilitás vizsgálatát. A kisjelű vizsgálatok mellett a tantárgy foglalkozik az áramkörök nagyjelű analízisével is. A tantárgy a kézi analízis módszerek mellett bemutatja az áramkörök számítógépes szimulációs vizsgálatát is.
A tantárgyat teljesítő hallgató képes lesz egyszerű tranzisztoros, műveleti erősítős áramkörök munkaponti, kis- és nagyjelű vizsgálatára, frekvencia függés meghatározására, kézzel is számolható modellek segítségével. A kézi módszerek mellett képes lesz alkalmazni áramkör szimulációs programokat, a kapott eredményeket megfelelően értelmezni tudja.

2. A tantárgy tematikája
Diódák, bipoláris tranzisztorok áttekintése, karakterisztikái, kisjelű, nagyjelű modellek, normál aktív tartomány, LTspice áramkör szimulátor bemutatása.
Bipoláris tranzisztor munkapont beállítása, munkapont stabilitása, hőmérséklet függése, nagyjelű viselkedés, kivezérelhetőség, egyenáramú, váltóáramú helyettesítőkép, áramtükör.
Növekményes, kiürítéses MOSFET-ek, JFET-ek rajzjelei, karakterisztikái, elzáródás alatti, feletti viselkedés, munkapont beállítása, kivezérelhetőség nagyjelű viselkedés, egyenáramú, váltóáramú helyettesítőkép.
Teljesítményerősítők, komplementer tranzisztor párok, „A” és „B” osztályú működés tárgyalása: kimeneti teljesítmény, telepből felvett teljesítmény, hatásfok, disszipáció „A-B” „C” és „D” osztályú erősítők, hővezetési helyettesítőkép, hűtőbordák méretezése.
Bipoláris tranzisztorok kisjelű frekvencia független helyettesítő képei, lineáris erősítők visszahatásmentes helyettesítő képe: Rbe, Aü, Rki, földelt emitteres, földelt bázisú, földelt kollektoros alapkapcsolás paraméterei.
FET-ek kisjelű frekvenciafüggetlen helyettesítő képei, földelt source-u, földelt gate-ü, földelt drain-ü alapkapcsolás paraméterei.
Frekvenciafüggő vizsgálatok, Bode diagramok áttekintése, a csatoló kondenzátor, a párhuzamos ági kapacitás vizsgálata, az emitter, source komplexum vizsgálata, induktív csatolású fogyasztó vizsgálata, transzformátoros csatolás vizsgálata.
A bipoláris és FET tranzisztorok parazita kapacitásai és munkapont függésük Cbe, Cbc, (Cgs, Cds), a bipoláris tranzisztor áramerősítési tényezőjének frekvencia függése, Tranzit frekvencia, a Miller hatás, az alapkapcsolások frekvencia függő vizsgálata, erősítőlánc frekvenciafüggésének vizsgálata, kaszkód kapcsolás, fázishasító kapcsolás.
Differenciál erősítők, differenciális és közös módusú leírás, differenciál erősítők alapkapcsolásai, nagyjelű viselkedés, offset feszültség és okai, láncba kapcsolt erősítők offsete.
Az ideális műveleti erősítő és alapkapcsolásai: invertáló, nem invertáló, összeadó, kivonó, integrátor, differenciáló. Egyszerű műveleti erősítő belső felépítése, műveleti erősítő munkapont beállítása, Bias, offset, drift.
Aszimmetrikus, szimmetrikus jelvezetés, a differencia erősítőtől a mérőerősítőig, az erősítők bemenő ellenállása, közös módusú elnyomásuk, változtatható erősítésű mérőerősítő.
Negatív visszacsatolás műveleti erősítőkben, hurokerősítés, lineáris erősítők stabilitás vizsgálata (Nyquist, Bode), műveleti erősítők kompenzálása, visszacsatolt erősítő frekvenciamenete; GBW, Unity Gain Stable fogalmak, az egy pólusú, két pólusú nyílt hurkú erősítés modellek vizsgálata, a maximális jelváltozási sebesség (Slew Rate) vizsgálata.
Komparátorok, hiszterézises komparátor, bistabil, monostabil, astabil multivibrátorok, elektronikus kapcsolók diódával, MEMS architektúrával, MOSFET-tel.

Elektronika 2
(VIAUAC11, 5. szemeszter, 4/1/0/v/5 kredit, AUT

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy alapot teremt az összetettebb elektronikus rendszerek rendszerbeli funkciójának, működésének és áramköri felépítésének megismeréséhez, és foglalkozik az összetettebb jelszintű és teljesítményelektronikai áramkörök, valamint összetettebb egységek számítási módjával és tervezésük alapvető kérdéseivel. Az összetettebb egységek, tárgyalását az teszi lehetővé, hogy a tantárgy erősen épít a Jelek és rendszerek 1 és 2, a Mikroelektronika, az Elektronika 1, valamint a Méréstechnika tantárgyak anyagára, ezáltal közelebb kerülve a szaktárgyakban oktatott alkalmazásokhoz. A tantárgy megfelelő bázist nyújt az adott területen ahhoz, hogy a későbbi, specializálódó képzés tantárgyai az elektronikai alapfogalmak és módszerek biztos ismeretére támaszkodhassanak.
2. A tantárgy tematikája
Nemlineáris áramkörök elvi megoldási módozatai, digitális megközelítés, dióda karakterisztika közelítései, egyszerű törtvonalas áramkörök, hatványfüggvények, exponenciális és logaritmikus erősítők. Több töréspontos áramkörök, abszolútérték-képző műveleti erősítős áramkör, analóg effektívérték számítása példákkal. PSPICE alapú szimulációk.
Feszültségreferencia áramkörök. Zener diódás és Band-Gap referencia forrás. Külső eredetű zajok, zavartatás, galvanikusan csatolt zajok.
Induktívan és kapacitívan csatolt zajok, számítási és védekezési elvek. Analóg szabályozók, stabilitás feltétele, fázistartalék fogalma. Lineáris szakasz szabályozása arányos szabályzóval. Integráló szakasz szabályozása PI szabályzóval. Analóg PI szabályzó megvalósítása műveleti erősítővel és transzkonduktancia erősítővel.
Közvetlen és közvetett szinkronozás fogalma. PLL felépítése, tipikus jelhordozók. Fázisdetektorok típusai: élvezérelt számlálós, XOR kapus, analóg szorzós változat. Háromfázisú feszültségvektor fázishelyzetének szoftveres detektálása. Kétállapotú jelek vezérelhető oszcillátorai, szinuszos oszcillátor vezérlése Varicap diódával, DDS.
PLL szabályozók felépítése és méretezése, követési és nagyjelű tulajdonságok. PLL alkalmazásai.
Szűrőáramkörök alapfogalmai, szűrőtervezés lépései. Passzív R-C, R-L, R-L-C, aktív R-C, R-L, R-L-C, Sallen-Key alaptag, kapcsolt kapacitásos szűrők, jelillesztés digitális megvalósításhoz.
Rezgőkvarc és közvetlen áramköri környezete, helyettesítő kapcsolások. Esettanulmány: NTC jelének feldolgozása mikrokontrollerrel.
Teljesítmény félvezetők, dióda kapcsolóüzemű jellemzői, bipoláris tranzisztor, Darlington kapcsolás, tirisztor, TRIAC, MOSFET, IGBT.
Egy- és háromfázisú diódás egyenirányítók, induktív és kapacitív szűréssel. Váltakozó áramú szaggatók ohmos és induktív terheléssel.
Egyenáramú átalakító kapcsolások, sönt szabályzó, soros áteresztő tranzisztoros tápegység, LDO. Áramkorlátozási megoldások. Feszültségcsökkentő (BUCK), feszültségnövelő (BOOST), polaritásfordító (BUCK-BOOST) és FLYBACK kapcsolóüzemű DC-DC átalakítók.
Kapcsolóüzemű tápegységek vezérlése és szabályozása, egy egyszerű vezérlő IC bemutatása. Kapcsolóüzemű átalakítók veszteségei, veszteségek csökkentése. Szinkron BUCK kapcsolás. Egyfázisú teljes hídkapcsolású kétszintű inverter R, L, RL terheléssel. Félhíd kapcsolású kétszintű inverter.
Egyfázisú inverterek vezérlése, ellenütemű és eltolt vezérlés. Szinuszos feszültség előállítása impulzusszélesség modulációval. Háromfázisú kétszintű inverter kapcsolása és vezérlése. Passzív alkatrészek melegedése, terhelhetőség hőmérsékletfüggése. Dióda és tranzisztor disszipációjának számítása folytonos és kapcsolóüzemű működés esetén.
Hűtés statikus méretezése, villamos analógia. Tranziens termikus impedancia fogalma.

Méréstechnika
(VIMIAB02, 4. szemeszter, 3/2/1/v/6 kredit, MIT)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja mérések tervezésével, végrehajtásával és kiértékelésével kapcsolatos ismeretek átadása, villamosmérnökök számára kiemelten fontos mennyiségek méréstechnikájára koncentrálva. A tantárgy elméleti és gyakorlati anyaga hangsúlyozza, hogy a mérés jelek és műszaki rendszerek modellezési folyamata, nem csupán egy mennyiség kvantitatív vagy kvalitatív értékének meghatározása. A tantárgyat teljesítő hallgató képes lesz elvégezni tetszőleges mérési eljárás adatainak kiértékelését, a mérési eredményt megadni a hozzá tartozó pontossági információval (bizonytalanság) együtt; továbbá tisztában lesz a villamosmérnöki gyakorlatban előforduló alapvető mennyiségek mérésére alkalmas eljárásokkal, eszközökkel; alkalmazni tudja a jelfeldolgozás eszközeit méréstechnikai problémák megoldására.

2. A tantárgy tematikája
Bevezető. A méréstechnika tantárgy feladata, főbb témakörei. A mérés és a modellezés kapcsolata. Alapvető mérési módszerek. Mérési hibák: abszolút és relatív hiba. Mérési hibák: rendszeres, véletlen hiba, mintapéldák. Mérési hibák terjedése (1): matematikai modell. Hibaösszegzés, mintapéldák. Mérési hibák terjedése (2), mintapéldák. Statikus átalakítók hibái: ofszet-, erősítés-, linearitási, hiszterézis-, kvantálási hiba. Görbeillesztés. Egyenes és polinom illesztése.
Mérési adatok kiértékelése: matematikai modell, átlagolás, az átlag varianciája, tapasztalati szórás. Konfidenciaszámítás (1). Gauss-, Khí-négyzet- és Student-eloszlás alkalmazása. Az eloszlások származtatása, formulák levezetése. Konfidenciaszámítás (2). Csebisev-egyenlőtlenség. Megoldható konfidenciaszámítási feladatok áttekintése. Konfidenciaszámítás alkalmazása hibaszámításra.
Feszültség és áram mérése. Analóg és digitális műszer felépítése. Méréshatár kiterjesztése, bemenő ellenállás. Műszerekre jellemző mérési hibák és figyelembevételük. AC-mérők. AC jelek leírása: Fourier-sor, középértékek számítása, dB-skála. Különböző elven mérő műszerek összehasonlítása. Zaj jellemzése, jel-zaj viszony, zaj szűrése.
Jelátalakítók: passzív elemek (ellenállás, tekercs, kondenzátor) nemideális viselkedésének modellezése. Feszültségosztók: ohmos, induktív és kapacitív osztó. Kompenzált ohmos osztó. Feszültség- és áramváltó. Elektronikai áttekintés: műveleti erősítős kapcsolások: alapkapcsolások, mérőerősítők (differenciaerősítő, 3 műveleti erősítős mérőerősítő). Alkalmazási lehetőségek.
Impedanciamérés: DC kispontosságú módszerek, soros és párhuzamos ohmmérő. AC mérés: helyettesítőképek. A helyettesítőkép és a fizikai felépítés kapcsolata. AC kispontosságú módszerek. Teljesítménymérés. Feszültség-összehasonlítás módszere. Nagypontosságú módszerek, Wheatstone-féle hídstruktúrák. Mintapéldák. Aránytranszformátoros, áramkomparátoros hidak. Szórt impedanciák hatásának csökkentése. Mérőhálózatok zavarérzékenysége: árnyékolt vezetékek alkalmazása. Mérővezetékek és szórt impedanciák hatásának kompenzálási lehetőségei. 2-, 3-, 4-, 5-vezetékes mérés bevezetése. In-circuit mérés. A teljes impedanciamérési feladat áttekintése.
Idő- és frekvenciamérés: számlálós frekvencia/periódusidő/átlagperiódusidő-mérő felépítése, hibaszámítása. Állandó kapuidejű átlagperiódusidő-mérő. Digitális fázisszögmérés.
Analóg és digitális oszcilloszkóp. A kiértékelhető ábra megjelenésének feltételei, a triggeráramkör/logika szerepe. Megvalósítható funkciók. Jelfeldolgozási áttekintés: mintavételi tétel és alkalmazásai.
Spektrumanalízis. Analóg megoldások: párhuzamos, hangolt szűrős és heterodin spektrumanalizátor. A diszkrét Fourier-transzformáció alkalmazása. Ablakfüggvények alkalmazása.
AD-átalakítók: flash, szukcesszív approximációs, dual-slope. Subranging AD. Hosszú- és rövididejű stabilitás szerepe az átalakítás folyamatában. Átalakítási idő, zavarjel-elnyomás számítása. DA-átalakítók: létrahálózatos DA-k. Kapcsolt kapacitású DA-k. AD- és DA-átalakítók összehasonlítása. AD- és DA-átalakítók hibái: integrális és differenciális nemlinearitás. Kvantálási hiba, kvantálás zajmodellje. A mintavételezés hatása a kvantálási zajra. Effektív bitszám számítása. Delta-szigma AD- és DA-átalakítók felépítése és működése.
Egyszerű digitális jelfeldolgozási feladatok: mozgó átlagolás, exponenciális átlagolás. Véges és végtelen impulzusválaszú (FIR és IIR) szűrők alkalmazása.
Mérőrendszerek tipikus felépítése: önálló (stand-alone), moduláris és elosztott rendszerek jellemzői.

Elektrotechnika
(VIVEAB02, 3. szemeszter, 3/0/1/v/5 kredit, VET)

1. A tantárgy célkitűzése
A hallgatók szerezzék meg az elektrotechnika témakörével kapcsolatos alapismereteket. Megalapozza a Villamos energetika tantárgyat és egyben elméleti és gyakorlati megalapozás azok részére, akik a Fenntartható villamos energetika specializáción folytatják a tanulmányaikat.
Mindezeket az alábbi ismeretek átadásán keresztül éri el:
Az elektrotechnika alapjai. Az elektrotechnikai gyakorlatban alkalmazott számítási módszerek. A bemutatott módszerek alkalmazása gyakorlati példák megoldásával. Az egy- és háromfázisú transzformátorok működése, szimmetrikus állandósult állapotának vizsgálatára alkalmas alapvető módszerek. Az alapvető elektromechanikai átalakítók mágneses terének megismerésére alapozva ezek működési elveinek elsajátítása. A teljesítményelektronika és a villamos hajtástechnika alapjai.
A villamos áramkörök, gépek, teljesítményelektronikai egységek működését szimuláló programok, alkalmazási példákkal. Az elektrotechnika környezetvédelmi vonatkozásai, az elektromágneses összeférhetőség alapjai. A villamos biztonságtechnika és az áramütés elleni védelem. A villamos energia alapvető tárolási módszerei és eszközei. Az elektrotechnika korszerű és a jövőben várható lényeges alkalmazásai.

2. A tantárgy tematikája
Egy- és háromfázisú hálózatok számítása
A fogyasztói pozitív irányrendszer. Az egyfázisú rendszerek áramai és feszültségei (Időfüggvények és fázorok). Egyfázisú rendszer teljesítmény-fogalmai (Különböző típusú fogyasztók feszültség-áram fazora és teljesítménye). Szimmetrikus háromfázisú rendszer (Jellemzői, előnyös tulajdonságai. Áram- és feszültségviszonyai. Vonali és fázismennyiségek, csillag és delta kapcsolás). Szimmetrikus háromfázisú rendszer teljesítmény összefüggései (A hatásos és meddő teljesítmény értelmezése).
Egyszerű számítási példák Park-vektor, háromfázisú vektor módszere
Definíció. Fizikai bevezetés. Háromfázisú tekercselés térvektora. Térvektor szerkesztése háromfázisú szimmetrikus állapotban. Feltételezések, követelmények (Elhanyagolások. Térbeli kikötések. Időbeli változására vonatkozóan). A háromfázisú vektor, mint transzformáció (Zérussorrendű mennyiségek kezelése. Összetevés. Fázismennyiségek képzése, vetület szabály).
Transzformátorok
Bevezetés: Példák vasmagos és vasmentes tekercsekre. A transzformátorok jellegzetességei és alkalmazási célja. Egyfázisú transzformátorok: Működési elv. A vasmag feladata, tulajdonságai, konstrukciója. A tekercselés, tulajdonságai, konstrukciója. Fő- és szórt fluxus. Az indukált feszültség számítása, menetszám áttétel, feszültség áttétel. Helyettesítő vázlat származtatása (Az ideális transzformátor, ellenállások és szórási reaktanciák. Feszültség-egyenletek, viszonylagos egységek. Az ideális transzformátor kiküszöbölése, feszültség-kényszer, a gerjesztések egyensúlyának törvénye, áram-áttétel. Redukálás /mennyiségek, paraméterek/. A vasveszteség fajtái és modellezésük a helyettesítő vázlatban. Egyszerűsített helyettesítő kapcsolások). Fazorábra: üresjárási és terhelési állapot. A transzformátor feszültségváltozása. A transzformátor rövidzárási állapota. A drop fogalma Háromfázisú transzformátorok: Származtatása. Kapcsolási módjai (csillag, delta, zeg-zug). Aszimmetrikus terhelés, kiegyenlítetlen gerjesztés, a feszültség-rendszer aszimmetriája. A háromszög-csillag kapcsolás, mint megoldás. 3F transzformátorok fázisforgatása (óraszám, kapcsolási csoport) Transzformátor számítási példák.
Forgómező létrehozása álló tekercsrendszerrel
Villamos gépek mágneses mezői: állandó, lüktető és forgó mezők. Forgó mező létrehozása többfázisú tekercsrendszerrel. Nyomatékképzés elektromechanikai átalakítókban. A frekvencia–feltétel. Szinuszos mezőeloszlás létrehozása. A forgómező szögsebessége.
Aszinkrongép
A frekvenciafeltétel kielégítése. Az aszinkron gép felépítése, működési elve (állórész, forgórész, kalicka, csúszógyűrű. Miért aszinkron? Miért indukciós?). A szlip fogalma, nevezetes értékei. Az aszinkron gép üzemállapotai. Az aszinkrongép helyettesítő kapcsolása (származtatás a transzformátor helyettesítő

kapcsolásából. A szlip figyelembevétele. Tekercselési tényező). Az aszinkrongép nyomatéka. Az aszinkron gép vektorábrája. Áramvektor diagram (Származtatása. Mi olvasható le? Teljesítmény vonalak). Nyomaték-fordulatszám jelleggörbe. Stabilitás. Az aszinkron gép teljesítményviszonyai, veszteségei. Aszinkrongép számítási példák.

Szinkrongép

A frekvenciafeltétel kielégítése. Szinkron gép felépítése, működési elve (Az egyes részek kialakítása, táplálása. Hengeres és kiálló pólusú kivitel. Motorok indulása. Generátorok szinkronizálása. Alkalmazásai). Szinkron gép helyettesítő kapcsolása és üzeme (A helyettesítő kapcsolás származtatása. A paraméterek jelentése. A paraméterek nagyságrendje). Szinkron gép vektorábrája (Motoros, generátoros, alulgerjesztett, túlgerjesztett, üresjárási, terhelt esetek, az ellenállás elhanyagolásával). Szinkron generátor terhelés felvétele (Meddőleadás gerjesztés növeléssel. Hatásos teljesítmény leadás tengely oldalról beavatkozva). Szinkron gép nyomatéka. Szinkron gép stabilitása. Szinkron gép üresjárási és rövidzárási mérése. Szinkron gép számítási példák. Szinkron gép motoros alkalmazásai

Frekvenciaváltós hajtások

Aszinkron gép fordulatszám változtatási lehetőségei. Állandó fluxus biztosítása frekvenciaváltós táplálásnál (U/f). A mezőgyengítés szükségessége névlegesnél nagyobb fordulatszámon (A mezőgyengítés hatása a nyomatékban való terhelhetőségre. A fordulatszám-nyomaték jelleggörbék alakulás). Rendszertervezés, kiválasztás (Alkalmazáshoz. Hűtés). A közbülső egyenáramú körös frekvenciaváltó (Felépítése. Működése. Egyszerű (six-step) vezérlés. ISZM (PWM) moduláció. A kiadható feszültség vektorok).

Egyenáramú gép

A frekvencia feltétel kielégítése. Egyenáramú gép felépítése, kialakítása (Pólusok. Armatúra. Kommutátor). Egyenáramú gép helyettesítő kapcsolása. Az indukált feszültség számítása. A nyomaték számítása. Egyenáramú gép gerjesztési módjai. Egyenáramú gép jelleggörbéi. Egyenáramú gépek fordulatszám változtatási lehetőségei.

Bevezetés a klasszikus elektrotechnikába

Bevezetés, áttekintés az elektrotechnika fő irányvonalaiba a klasszikus elektrotechnikából kiindulva, bemutatva hogyan kapcsolódnak az alábbi területek az elektrotechnika "fő sodrába". A fenntartható fejlődés követelményei. Az alternatív energiák elektrotechnikai alkalmazásai. Alternatív energiaforrású villamos járművek. Új anyagok és technológiák elektrotechnikai alkalmazása. Környezetkímélő és energiatakarékos elektrotechnológiák. A szupravezetők elektrotechnikai alkalmazásai.

Villamosság élettani hatásai

Az elektromágneses összeférhetőség (EMC) alapjai. Kis- és nagyfrekvenciás hatások, elektrosztatikus kisülés, elektromágneses impulzusok. Élettani hatások. A technikai és természetes környezet kölcsönhatásai.

Áramütés elleni védelem alapjai, villamos és elektrosztatikus kisülések

A villamos életvédelem alapjai. Az áramütés elleni védelmi módszerek. A határértékek előírásrendszere. Villamos életvédelmi és biztonságtechnikai rendszerek alapjainak bemutatása. Villamos életvédelmi mérések.

Szigeteléstechnika alapjai

Az elektrotechnikában, villamosenergia-rendszerekben alkalmazott szigetelések főbb jellemzői, fizikai leírása, alkalmazásuk, tervezésük alapvető ismertetése

Feszültség alatti munkavégzés

A folyamatos villamosenergia-szolgáltatás biztosításához szükséges technológiák. A feszültség alatti munkavégzés munkamódszerének és technológiájának ismertetése.

Épületvillamosság alapismeretei

Épületinformatikai, épületvillamossági rendszerek ismertetése. A kis- és törpefeszültségű hálózati részek működési alapjai, védelmi rendszerei.

Szabályozástechnika
(VIIIAB10, 4. szemeszter, 2/1/1/v/5 kredit, IIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A technológiai, élettani, gazdasági és környezeti folyamatok megbízható és energiatakarékos irányítása a villamosmérnök absztrakciós és alkalmazói képességeket egyaránt igénylő feladatai közé tartozik. A tantárgy az irányítástechnika alapjaival, az érzékelés-döntés-beavatkozás paradigmát alkalmazó szabályozási rendszerek működési elveivel, a lineáris elemekből felépített szabályozási körök analízisével, szintézisével és az ehhez támogatást nyújtó számítógépes fejlesztőkörnyezet kapcsolódó szolgáltatásaival ismerteti meg a hallgatókat. A tantárgy követelményeit sikeresen teljesítő hallgató képes lesz:

- elmagyarázni a szabályozástechnika alapfogalmait, a szabályozási kör szabványos elemeit és jeleit, azonosítani azokat egy valós rendszer esetében, ismertetni és összehasonlító módon értékelni egy szabályozási kör minőségi jellemzőit,
- alkalmazni az analóg és digitális szabályozási körök stabilitásának vizsgálatára megismert módszereket egyváltozós, lineáris esetben, továbbá kvalitatív módon meghatározni a stabilitási tartalékokat,
- bemutatni és értelmezni a szabályozók méretezéséhez használt specifikációk elemeit, a méretezéskor figyelembe vett elméleti és gyakorlati korlátozásokat,
- modellalapú szabályozótervezési paradigmákat és eljárásokat alkalmazni folytonos és diszkrét idejű, egyváltozós lineáris rendszerek esetében a szabályozandó szakasz különböző reprezentációiból kiindulva, továbbá ezek közül kiválasztani a használandó eljárást az adott szabályozási feladathoz,
- alkalmazni a Matlab/Simulink fejlesztőkörnyezet szabályozási körök analízisét és szabályozók méretezését támogató szolgáltatásait, · elmagyarázni az egyváltozós, stabil átviteli függvények paramétereinek azonosításának menetét, · későbbi tanulmányok során speciális irányításelméleti kurzusok (optimális és robusztus irányítás, identifikáció, nemlineáris rendszerek irányítása stb.), illetve irányítástechnikai ismeretekre épülő specializációk (irányítórendszerek, beágyazott rendszerek, intelligens robotok és járművek) és tantárgyak felvételére, valamint laborgyakorlatok elvégzésére.

2. A tantárgy tematikája

Irányítástechnikai és szabályozástechnikai alapfogalmak

Az irányítás fogalma, irányítási struktúrák, az érzékelés-döntés-beavatkozási hurok. Szabályozás és vezérlés elve, összehasonlításuk. Működési vázlat, hatásvázlat, a szabályozási körök elemei, külső és belső jelei. Az alapjelkövetési és a zavar-, valamint zajelnyomási feladat. Szabályozási körök statikus és dinamikus minőségi jellemzői, hibaintegrálok. Szabályozások osztályozása. Egyes rendszerek, folyamatok modellezése a fizikai törvényszerűségek alkalmazásával (példákon keresztül). Folytonosidejű nemlineáris rendszer állapotegyenletének munkaponti linearizálása.

Folytonosidejű lineáris szabályozások analízise frekvenciatartományban

Alapkapcsolások, felnyitott kör, visszacsatolt rendszer, a szabályozási kör külső és belső változói közötti átvitelek. A körerősítés és típusszám, a szabályozási kör állandósult állapota. Tranziensek közelítése domináns póluspárral. Felnyitott kör aszimptotikus amplitúdó-jelleggörbéjének felrajzolása, a vágási frekvencia meghatározása, az alapjelkövetés sávszélessége. A szabályozási kör stabilitása, zérus állapot és zérus bemenet stabilitás. Stabilitás kritériumok: Nyquist-kritérium, Bode-kritérium, fázistöbblet, erősítéstöbblet, vágási frekvenciák. A stabilitási tartalék jellemzése.

Folytonosidejű lineáris szabályozások tervezése frekvenciatartományban

PID típusú szabályozók: az arányos, integráló és ideális/közelítő deriváló hatások és kombinációik. Integrátor telítődésének megelőzésére alkalmazható antiwindup megoldások. A P/PI/PD/PID szabályozók jellemzői. PID szabályozók hangolása előírt statikus pontosság és fázistöbblet esetén a sávszélességet maximalizáló pólus-zérus kiejtési stratégiák alkalmazásával, illetve a beavatkozó jel korlátosságának figyelembe vételével. Holtidős tagot tartalmazó rendszer irányítása: az ideális holtidős tag jellemzői és integráló szabályozása.

Diszkrétidejű lineáris szabályozások analízise
A Shannon-féle mintavételezési törvény. Tartószervek alkalmazása az ideális aluláteresztő szűrő helyett, következmények a szabályozási kör stabilitására. Folytonosidejű szakasz és szabályozó diszkrétidejű megfelelője nulladrendű tartószerv esetén. Analóg kompenzáló tagok (PID szabályozók) mintavételes implementálása: differenciáló és integráló operátorok mintavételes közelítése, egységugrás ekvivalencia.
Diszkrétidejű lineáris szabályozások tervezése
A mintavételes PID-szabályozó hardver/szoftver megvalósítása. Nagy késleltetést tartalmazó rendszer szabályozása Smith-prediktorral. Véges beállású (deadbeat) szabályozás elve, a zárt kör átviteli függvényeinek tulajdonságai, a szabályozó tervezésének visszavezetése korrekciós polinom meghatározásra. Kétszabadságfokú szabályozás tervezése: az alapjelkövetés és a zavarelnyomás tranziensenek szétválasztása a kétszabadságfokú struktúrával, a referencia modell és a megfigyelő polinom megválasztása, a tervezés visszavezetése lineáris egyenletrendszer megoldására, a kauzalitási feltételek betartása, a paraméterváltozások hatása.
Folytonosidejű szabályozási körök analízise és szintézise állapottérben
Irányíthatóság és megfigyelhetőség folytonosidejű lineáris rendszer esetén, a teljes irányíthatóság és megfigyelhetőség kritériumai. Pólusáthelyezés állapotvisszacsatolással, Ackermann-képlet. Teljesrendű állapotmegfigyelő tervezése, algebrai hasonlóság a pólusáthelyezési feladattal. Az állapotvisszacsatolás dinamikus kiterjesztései: terhelésbecslő és integráló szabályozás méretezése.
Diszkrétidejű szabályozási körök analízise és szintézise állapottérben
Diszkrétidejű rendszerek elérhetősége, irányíthatósága, megfigyelhetősége és rekonstruálhatósága. Algebrai hasonlóságok és különbségek a folytonos idejű esethez képest. Pólusáthelyezés és aktuális megfigyelő tervezése diszkrétidejű rendszerek esetén, integráló szabályozás és terhelésbecslés a diszkrét idejű esetben. Az aktuális megfigyelő számításainak felbontása valós idejű implementáció esetében (predikciós és korrekciós fázisokra).
Állásos szabályozások
Az állásos szabályozások működési elve, kapcsolási stratégiák, határciklus, az állásos szabályozás és lineáris szabályozók között átkapcsolások kezelése.
Összefoglalás és kitekintés
A félév során ismertetett fogalmak, tervezési módszerek és azok összefüggéseinek rendszerezett áttekintése. A szabályozástechnika egyes modern irányzatai és újabb eredményei (példák alapján, évről évre változó illusztrációkkal).

Infokommunikáció
(VITMAB05, 4. szemeszter, 3/2/0/v/6 kredit, TMIT)

1. A tantárgy célkitűzése
Az „Infokommunikáció” tantárgy célja, hogy megismertesse az információ-átvitel és -tárolás alapvető módszereit, és rávilágítson ezek alkalmazására a modern távközlésben és kommunikációs hálózatokban.
A tantárgy oktatása törekszik arra, hogy később
- a témakörhöz kötődő specializációkon tovább tanulók biztos alapokat kapjanak a leglényegesebb fogalmak és eljárások tekintetében; valamint
- azok a hallgatók, akik más specializációk valamelyikén folytatják tanulmányaikat, kellően megalapozott ismeretekkel rendelkezzenek a modern infokommunikációs rendszerek megértéséhez.
Ennek megfelelően a tantárgy minden villamosmérnök számára nyújt „kimenő” ismereteket, miközben megalapozza a később az infokommunikáció-rokon specializációk valamelyikét választók további tanulmányait.
Az előadások, a gyakorlatok és a számonkérés módszere együttesen arra törekszik, hogy a hallgatók a megismert elemeket, módszereket és eljárásokat egyrészt alkotó módon tudják alkalmazni, másrészt elegendően sok tájékozódási pontot kapjanak ahhoz, hogy a számukra újdonságnak tűnő vagy ténylegesen új infokommunikációs rendszereket és szolgáltatásokat kevés utánjárással megértsék.

2. A tantárgy tematikája

A mintavételezésről tanultak felelevenítése, a híradástechnikai átviteli lánc kontextusában. Sávkorlátozott jelek tulajdonságai, mintavételi tétel. A visszaállítás jellegzetes hibái, szivárgás és aliasing. Nem alapsávi jel mintavételezése, a túlmintavételezés hatása. A kvantálás szerepe és hatása az átviteli láncban. Kvantálási zaj, jel zaj viszony, egyenletes és változó lépcsőméretű kvantálás.

Forráskódolás. Fix és Nem-fix szóhosszú kódok, egyértelmű megfejthetőség, prefix tulajdonság, Kraft-McMillan egyenlőtlenség. Átlagos kódszóhossz, a kód entrópiája, a tömöríthetőség határa, a tömörítés módszerei.

Hibakorlátozó kódolás. BSC csatorna átviteli tulajdonságai, csatornakapacitás. Lineáris, bináris, szisztematikus kódok, vonali kódolás. Kódtávolság, Hamming-távolság, bináris kódszó súlya, perfekt kód. Hibavédelem blokk kóddal, hibajavítás lineáris kóddal. Titkosító kódolás, szimmetrikus kulcsú rejtjelezés, nyilvános kulcsú rejtjelezés.

Analóg modulációs eljárások. Amplitúdó moduláció, előállítása, spektrumábrái, időfüggvénye, demodulálása. Szögmodulációk, frekvencia és fázismoduláció, előállítása, spektrumábrái, időfüggvénye, demodulálása. Sávszélesség-becslési modellek.

Digitális alapsávi átvitel. A PAM jel spektrális viselkedése, a szimbólumközti áthallásmentesség feltétele, a zaj hatása, szemábra vizsgálata, jelzési sebesség, Nyquist-tétel a szimbólumközti áthallásról, az ISI elkerülése, emelt-koszinuszos elemi jel. Többszintű átvitel.

Digitális modulációs eljárások. Frekvencia billenytűzés (FSK, MSK) – sávszélesség és frekvencialöket, amplitúdó billentyűzés (ASK, OOK), PSK modulációk, QAM változatok, QAM jelek érzékenysége, teljesítmény igénye. Konstellációs diagramok, kétdimenziós szemábra.

Többszörös csatornahozzáférés. Időosztásos nyalábolás (TDM), frekvenciaosztásos nyalábolás (FDM), ortogonális frekvenciosztásos nyalábolás (OFDM). Többszörös hozzáférés a csatornához időosztással, frekvenicaosztással, kódosztással (TDMA, FDMA, CDMA). OFDM-ben a nyalábolás és szétosztás megvalósítása, előállítás gyorsítása FFT-vel. CDMA kódolási és dekódolási példa.

Hang-hallás, kép-látás. Az emberi hallás műszaki vonatkozásai, analóg és digitális hangjelek jellemzői, a fényérzékelés néhány jellemzője, színes mozgókép-megjelenítés analóg és digitális formában. Fletcher-Munson görbék, hangerő-szabályozás, a zaj pszofometrikus értékelése, a színezet és telítettség pszichofizikai értelmezése. Hang- és képtömörítő eljárások az emberi érzékszervek befogadó-képességeihez igazítva.

Infokommunikációs hálózatok alapjai. Az ISO-OSI hétrétegű modell összehasonlítása a négyrétegű számítógép-hálózati modellel (Internet Protocol Suite). A fizikai réteg és az adatkapcsolati réteg. A vezetéknélküli és a vezetékes átvitel sajátosságai, és ezek kényszerítő hatásai a ráépülő rétegekre. Adatkapcsolati réteg - feladatai, a protokollok által megoldandó kérdések. Közeg-hozzáférési módszerek. Jellegzetes protokollok a közeghozzáférési rétegben.

A hálózati réteg. Feladatai, az általa nyújtott szolgáltatások. Az Internet Protokoll. IPv4 fejléc mezői és ezek jelentése, címkiosztás, alhálózati címzés, boradcast, multicast. Az IPv6 és az IPv4 összehasonlítása. Az IPv6 címkiosztás. Az IPsec alapjai. A QoS fogalma.

A transzport réteg. Feladatai, az általa nyújtott szolgáltatások. Az UDP protokoll – feladatai, szolgáltatásai, fejléce. A TCP protokoll feladatai, szolgáltatásai, fejléce, összehasonlítás az UDP-vel. A TCP néhány fontosabb koncepciója és eljárása – kapcsolat felépítés és bontás, újraadás, folyamvezérlés, torlódásvezérlés.

Analóg és digitális műsorszóró rendszerek. Analóg modulációk infokommunikációs alkalmazásai. Analóg AM és FM rádió műsorszórás, analóg televízió műsorszórás alapelvei. Digitális modulációk infokommunikációs alkalmazásai. Digitális rádió és televízió műsorszórás alapvető jellemzői, tömörítési és modulációs eljárásai. IPTV és streaming rendszerek.

Mobil kommunikáció - architektúra és a rádiós hálózat. Cellás rendszerek. 1G, 2G, 3G 4G és 5G hálózatok sajátosságai. A 4G és 5G rádiós hozzáférési hálózatok bemutatása, összehasonlítása. Mobil kommunikáció - architektúra és a mobil maghálózat. Az 5G maghálózat fő funkciói. Kijelölt tanagyag - írásos és video-alapú - a következő témakörökből: Rádiós összeköttetések. Rádiócsatorna, rádiós összeköttetések jellemzése, rádióspektrum felosztása; antennák irányítottsága, nyeresége és hatásos

felülete, antennák alkalmazásai; rádióhullámok direkt és kétutas terjedése, a rádiócsatorna szakaszcsillapítása. Vezetékes átvitel tulajdonságai, átviteli modellek; transzverzális elektromágneses és optikai vezetékes átvitel jellemzői. Analóg rádiós és televíziós műsorszóró rendszerek felépítése, fejlődési trendje, digitális műsorszóró rendszerek architektúrája, szolgáltatásai. Tömegkiszolgálás alapjai, sorbanálláselmélet, Markov-lánc alapú kiszolgálási folyamatok.

Villamos energetika

(VIVEAB03, 4. szemeszter, 2/1/1/f/4 kredit, VET)

1. A tantárgy célkitűzése

A villamosenergia-rendszerekkel kapcsolatos azon alapismeretek oktatása, amely minden villamosmérnöknek szükséges és egyben megalapozás azok részére, akik a Villamosenergia-rendszerek szakirányon folytatják a tanulmányaikat.

A villamosenergia-rendszer struktúrájának és működésének ismertetése az egyes hálózati elemek és az alrendszerek működési elveinek alapján fokozatosan felépítve. A villamosenergia-rendszerek leképzése, szimmetrikus normál üzemének vizsgálatára szolgáló alapvető módszerek megismerése. Az üzemzavari aszimmetrikus állapotokra vonatkozó legfontosabb kérdések tárgyalása az elosztói és fogyasztói hálózatok szempontjából. A feszültségminőségre és a szolgáltatás biztonságára vonatkozó követelmények. A VER frekvencia- és feszültségszabályozási elveinek megismerése. Betekintés nyújtása a villamos energetika fő területein (termelés, szállítás, szolgáltatás, környezeti hatások) megnyilvánuló paradigmaváltásba, a Smart Grid koncepció lényegébe és a legújabb fejlődési irányokba.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés

Definíciók, pozitív irányok, teljesítmények értelmezése. A villamos energia termelésének, szállításának és elosztásának áttekintése. Energiaforrások típusai, erőmű típusok, technológiák, költségek, hatásfokok. Összes és villamos energiafelhasználás világméretű és hazai alakulása, veszteségek. Hazai erőművek, nagy erőművek a világban. Villamos energia szállítási, elosztási és fogyasztói rendszerek.

A Villamosenergia rendszer (VER) felépítése, modellezése, szimmetrikus üzeme

A hálózati elemek leképezése, egyfázisú (pozitív sorrendű) helyettesítő kapcsolás: generátor, transzformátor, távvezeték, mögöttes hálózat, zárlati teljesítmény, fogyasztó.

Hálózatszámítási módszerek

Háromfázisú hálózatok elemzése szimmetrikus körülmények között, több feszültségszintű hálózatok számítása, viszonylagos egységek alkalmazása. Háromfázisú zárlat.

Aszimmetrikus üzem

Szimmetrikus összetevők alkalmazási módszerének alapjai. Szimmetria feltétele, aszimmetria hatása. Hálózatok negatív- és zérus sorrendű modellezésének alapjai. A földvisszavezetés szerepe. Vasúti terhelés okozta aszimmetria. Háromfázisú hálózatok számítási lehetősége aszimmetrikus körülmények között. 5. Hálózati csillagpont földelési módok A csillagpont földelés módjai és kihatása a földzárlati feszültségemelkedésre, szigetelési szintre és földvisszavezetéses áramokra. A nemzetközi gyakorlat áttekintése.

Hálózat üzemvitele

Hálózatág feszültségesése és teljesítmény viszonyai, terhelhetőség, feszültségprofil. Feszültség-meddőteljesítmény kapcsolat, feszültségesés és veszteség csökkentése. Távvezeték természetes teljesítménye.

Villamosenergia-rendszerek szabályozása

A teljesítmények egyensúlya, az üzemeltetés alapfeladatai, a fogyasztói teljesítményigény változásai, teljesítmény- és frekvencia szabályozás. Az elosztott energiatermelés és megújuló energiaforrások (szélenergia) kihatásai a rendszer stabilitásra és szabályozásra.

A villamosenergia-szolgáltatás minőségi követelményei

Feszültségminőség jellemzők (frekvencia, feszültségváltozás, -ingadozás -letörés és aszimmetria, harmonikus torzítás). Veszteségek. A szolgáltatás minősége, megbízhatósága, a rendelkezésre állás mutatói, növelésének lehetőségei. Egyes EMC határértékek.
A villamos energia ára, díjszabások, piaci alapfogalmak
Villamosenergia számla tartalma lakossági és ipari fogyasztók esetén.
Háztartási méretű kiserőművek csatlakozása, hálózati hatásai
HMKE-k műszaki csatlakozási feltételei, csatlakozás létesítésének menete, elszámolási rendszer, megtérülés.
A villamos energetika aktuális fejlődési irányai
Villamos vontatási alapismeretek. Smart Grid koncepció (hálózati elemek, üzemeltetés, rendszerirányítás). Okos mérés. Fogyasztói befolyásolás. E-mobilitás hálózati hatásai.

Laboratórium 1
(VIMIAC14, 5. szemeszter, 0/0/4/f/5 kredit, MIT)

1. A tantárgy célkitűzése
A képzés elsődleges célja a hallgatók szakmaspecifikus gyakorlati ismereteinek és készségeinek fejlesztése. A kitűzött célok megvalósulása érdekében a hallgatók az alaplaborban komplex feladatokat oldanak meg. Ezeknek egyes elemeit a mérésre történő felkészülés időszakában, másokat a laboratóriumi munka keretében, ill. ezt követően kell elvégezniük. A felkészülés időszakára esik (1) a mérési feladat elvégzéséhez szükséges elméleti alapok átismétlése, ill. elsajátítása, beleértve mind a mérendő objektumra, mind a mérési módszerre vonatkozó ismerteket, (2) a konkrét mérés megtervezése a mérendő objektum ismeretében, (3) a mérésre vonatkozó terv ellenőrzése pl. szimulációval, (4) a szükséges mérőeszközök kiválasztása, (5) a mérés feladattervének/programjának teljes, vagy részleges elkészítése. A laboratóriumi munka végeztével a munka eredményeit és tapasztalatait összegző dokumentum/jegyzőkönyv elkészítése zárja a feladatok sorát.
2. A tantárgy tematikája
Bevezetés: Az első mérési alkalom feladata a laboratórium bemutatása, a követelmények ismertetése, baleseti és tűzvédelmi oktatás.
Műszerkezelés
A laboratóriumban használt általános célú műszerek speciális funkcióinak megismerése és használatának gyakorlása. Műszerek nem ideális tulajdonságainak mérése.
Digitális alapeszközök
A mérés alapvető célja a tantárgy későbbi FPGA alapú digitális méréseihez szükséges ismeretek átadása, az azokban szereplő korszerű tervezési és vizsgálati eszközök, módszerek első bemutatása.
Időtartománybeli jelanalízis
A mérés során a hallgatók alapvető mérési feladatokat oldanak meg a következő témakörökben: az idő- és fázismérés, a lineáris hálózatok frekvenciafüggő átvitele és ennek elemzése időtartományban, jelterjedés elosztott paraméterű rendszereken (Time Domain Reflectometry).
Villamos teljesítmény és tápellátás mérése
A mérés célja, hogy a hallgatók gyakorlati tapasztalatokat szerezzenek a teljesítménymérésről, annak alap és speciális eszközeiről, illetve mérési módszereiről. A mérés keretén belül a hallgatók gyakorlatban is használt eszközök, például különböző működési elvű fényforrások, személyi számítógép által felvett teljesítményt is mérik több fajta módszerrel.
Frekvenciatartománybeli jelanalízis
A mérés során a hallgatók megismerkednek a jelek Fourier-transzformációval történő vizsgálatával, összehasonlítják az idő- és frekvenciatartománybeli leírást, mérési módszert sajátítanak el a Bode-diagram meghatározására, példákat látnak a méréstechnika gyakorlati alkalmazására és a spektrumanalízis mint mérnöki gyakorlatban fontos eszköz használatára.
Kétpólusok vizsgálata

A mérés célja, hogy az áramkörépítésben előforduló alkatrészek mérésével a hallgatók tájékozódjanak az RLC elemek nem ideális tulajdonságairól, összetett kétpólusok mérése során megismerjék azok erősen frekvenciafüggő viselkedését, és meghatározzák a leíró paramétereket, a mérések során tanulmányozzák az alkalmazott módszerek tulajdonságait és korlátjait.

Négypólusok vizsgálata

A mérés célja a korábban megszerzett elméleti ismeretek gyakorlati vonatkozásainak bemutatása a modellalkotás, az impedanciamérés és a mágneses jellemzők mérése témakörökben, elsősorban anyagvizsgálati, paraméter-identifikációs feladatokhoz, ill. in-circuit mérésekhez kapcsolódóan.

Aktív elektronikus eszközök vizsgálata

A mérés célja különböző diszkrét félvezető eszközök (bipoláris és térvezérlésű tranzisztorok, dióda) vizsgálata: karakterisztikájuk, kisjelű paramétereik és dinamikus tulajdonságaik mérése. A mérendő eszközök fizikai tulajdonságainak megismertetése mellett fontos célkitűzés a mérések elvégzésére szolgáló mérési eljárások, ill. mérési összeállítások és célműszerek, bemutatása, ill. gyakorlása.

Logikai áramkörök vizsgálata

A mérés célja a TTL és CMOS integrált áramkörök tulajdonságainak vizsgálata és ellenőrzése méréssel, továbbá a műszeres (oszcilloszkópos) mérések (pl. trigger feltételek, X-Y mód...) gyakorlása és ismeretbővítés a digitális integrált áramkörök alkalmazása terén.

Sorrendi hálózat vizsgálata

A mérés célkitűzése a sorrendi hálózatokkal kapcsolatos ismeretek és funkcionális elemekkel tervezés elmélyítése és gyakorlati vonatkozásainak bemutatása, ismerkedés a CAD-rendszerrel való logikai tervezés alapjaival, készség szerzése egyszerű logikai hálózatok tervezésében, szimulálásában, bemérésében.

Programozható perifériák mérése

A mérés célja, hogy a gyakorlatban bemutassa komplex digitális áramkörök alkalmazását vezérlési és kommunikációs célokra, a vezérlőegység működésének demonstrálásával, gyakoroltassa számítógépes tervező-fejlesztő környezet használatát.

Laboratórium 2

(VIMIAC15, 6. szemeszter, 0/0/4/f/5 kredit, MIT)

1. A tantárgy célkitűzése

A Laboratórium 2 c. tantárgy keretében folyó képzés elsődleges célja – a Laboratórium 1 c. tantárgy folytatásaként – a hallgatók szakma-specifikus gyakorlati ismereteinek elmélyítése és ilyen irányú készségeinek további fejlesztése. Ennek érdekében a hallgatók előzetes felkészülést, és a végrehajtás során intenzív közreműködést igénylő feladatokat oldanak meg, amelynek keretében: (1) további ismereteket szereznek, ill. mélyítenek el a szakmájuk szempontjából fontos anyagokra, alkatrészekre, berendezésekre, rendszerekre, ill. fejlesztő-, valamint mérőeszközeikre vonatkozóan, (2) bővítik ismereteiket a mérések megtervezése, összeállítása és végrehajtása, valamint a laboratóriumban rendelkezésre álló eszközök használata terén, (3) gyakorolják a mérési eredmények kiértékelési módszereit, ill. eljárásait, és bővítik az összetettebb mérések dokumentálásával, valamint a mérési eredmények további felhasználásával kapcsolatos ismereteiket.

2. A tantárgy tematikája

Egyszerű áramkör megépítése és bemérése

A mérés célja, hogy a hallgatók tapasztalatokat szerezzenek elektronikus áramkörök építése (kísérleti összeállítása) és bemérése terén. A hallgatók megépítenek egy egyszerű áramkört, méréssel ellenőrzik működőképességét és paramétereit.

Nyomtatott áramkör tervezése

A mérés célja, hogy a hallgatók megismerkedjenek egy áramkörtervező programrendszer legalapvetőbb szolgáltatásaival, és elsajátítsák a nyomtatott áramkör tervezés főbb lépéseit (kapcsolási rajz bevitele, szimuláció, nyomtatott huzalozás készítése, gyártófájlok generálása).

EMC alapjelenségek mérése

A mérés célja néhány olyan jelenség vizsgálata, amelyek elektromos eszközök és berendezések kölcsönhatása révén, ill. tranziens viselkedésének eredményeként jönnek létre. A hallgatók megismerkednek különböző csatolási jelenségekkel és ezek közelítő számításával, illetve bizonyos áramköri elemek EMC szempontból történő jellemzésével.

Lineáris és kapcsolóüzemű tápegységek vizsgálata

A mérés célja különböző feszültségkonverter áramkörök megismerése, például áteresztő tranzisztoros stabilizátorok, kapcsolóüzemű konverterek. A mérés során a hallgatók megismerik az áramkörök működését, és mérik azok paramétereit (pl. terhelésfüggés, hullámosság).

Tranzisztoros erősítőkapcsolások vizsgálata

A mérés keretében a hallgatók a tranzisztoros alapkapcsolások jellemzőinek méréssel és számítással történő meghatározását gyakorolják. Ennek keretében elmélyítik az egyes kapcsolások munkaponti és üzemi paramétereinek kiszámítására és mérésére vonatkozó ismereteiket.

Mérőerősítő kapcsolások vizsgálata

A mérés keretében a hallgatók a műveleti erősítővel megvalósított mérőerősítő kapcsolások (nem-invertáló, invertáló, ill. szimmetrikus mérőerősítő egy műveleti erősítővel) jellemzőinek méréssel és számítással történő meghatározását gyakorolják (pl. ofszet jellegű tagok, különböző erősítési paraméterek és azok frekvenciafüggése).

A/D és D/A átalakítók vizsgálata

A mérés célja az analóg-digitális és digitális-analóg átalakítás jellemzőinek mérése, hibamodellek felállítása mérnöki megfontolások alapján, az átalakítók nemlineáris viselkedésének vizsgálata, a dinamikus jellemzőik vizsgálata.

Szabályozási algoritmusok vizsgálata

A mérés keretében a hallgatók egyrészt gyakorlati tapasztalatokkal bővítik a modell-illesztéssel, ill. rendszer-identifikációval kapcsolatos ismereteiket, másrészt állapot-megfigyelőn és állapot-visszacsatoláson alapuló szabályozót terveznek és valósítanak meg előírt dinamikus viselkedés biztosítása céljából egy valós rendszeren.

Analóg fáziszárt hurok vizsgálata

A mérés keretében a hallgatók megismerkednek az analóg fáziszárt hurok (APLL) áramkör blokkjainak működésével, az egyes blokkok karakterisztikáival, az APLL mérési eljárásaival, és az APLL néhány, tipikus alkalmazásával.

900 MHz-es FSK adatátviteli berendezés vizsgálata

A mérés keretében a hallgatók megismerkedhetnek rádiófrekvenciás spektrumanalizátor használatával, valamint az FSK modulációs eljárás és a szuperheterodin vevő terén megszerzett ismereteiket egészítik ki egy, szimplex FSK összeköttetést biztosító rádió berendezés mérésén keresztül.

Programozható logikai vezérlők alkalmazása

A mérés célja, hogy hallgatók gyakorlati tapasztalatokkal bővítsék a számítógépes technológiai-folyamat irányítás néhány tipikus eszközére (PLC-k), és a hozzájuk tartozó tervezési és megvalósítási módszerekre vonatkozó ismereteiket. A rendszer szolgáltatásait a hallgatók egy egyszerű mintafolyamaton elvégzendő mérések, ill. beavatkozások keretében ismerik meg.

III.4 A villamosmérnöki alapszak specializációi és tantárgyai

A hallgatók a mintatanterv 4. félévének végén specializációt és ágazatot választanak, a választás és a besorolás szabályait a BSc specializációválasztási szabályzat tartalmazza. A specializációk tantárgyai csak az adott specializációra besorolt hallgatók számára vehetők fel, saját ágazati főtantárgya és az ágazati laboratóriuma teljesítése minden ágazat hallgatójának kötelező. A mintatantervben szereplő specializáció 2 és 3 tantárgyak az adott specializáció bármelyik további tantárgyával teljesíthetők (kivéve az ágazati laboratóriumot, amelyet minden hallgató csak a saját ágazata szerint vehet fel).

A villamosmérnöki alapszak specializációi a következők:

1. **Beágyazott és irányító rendszerek specializáció:** Kiszolgálója: AUT, IIT, MIT

Tárgykód	Tárgynév	típus	tanszék
Számítógép-alapú rendszerek ágazat (AUT)			
VIAUAC12	Mikrokontroller alapú rendszerek	Ágazati főtantárgy	AUT
VIAUAC13	Mikrokontroller laboratórium	Ágazati laboratórium	AUT
Irányító rendszerek ágazat (IIT)			
VIIIAC06	Robotizált gyártórendszerek	Ágazati főtantárgy	IIT
VIIIAC07	Robotizált gyártórendszerek laboratórium	Ágazati laboratórium	IIT
Beágyazott szoftverfejlesztés ágazat (MIT)			
VIMIAC17	Beágyazottszoftver-fejlesztés	Ágazati főtantárgy	MIT
VIMIAC18	Beágyazottszoftver-fejlesztés laboratórium	Ágazati laboratórium	MIT
Beágyazott és irányító rendszerek specializáción felvehető további tantárgyak			
VIAUAC14	Beágyazott operációs rendszerek és kliens alkalmazások	Specializáció tantárgy	AUT
VIIIAC08	Folyamatszabályozás	Specializáció tantárgy	IIT
VIMIAC19	Beágyazott Linux és platformjai	Specializáció tantárgy	MIT

2. **Intelligens kommunikáció specializáció:** Kiszolgálója: HIT, HVT, TMIT

Tárgykód	Tárgynév	típus	tanszék
Multimédia- és mobil hálózati megoldások a gyakorlatban ágazat (HIT)			
VIHIAC08	Internetes multimédia rendszerek	Ágazati főtantárgy	HIT
VIHIAC09	Hálózati multimédia megoldások a gyakorlatban laboratórium	Ágazati laboratórium	HIT
Nagyfrekvenciás rendszerek és alkalmazások ágazat (HVT)			
VIHVAC08	Nagyfrekvenciás rendszerek	Ágazati főtantárgy	HVT
VIHVAC09	Nagyfrekvenciás rendszerek és alkalmazások laboratórium	Ágazati laboratórium	HVT
Infokommunikációs rendszerek és hálózatok ágazat (TMIT)			
VITMAC09	Hálózati technológiák és alkalmazások	Ágazati főtantárgy	TMIT
VITMAC10	Infokommunikációs technológiák és alkalmazások laboratórium	Ágazati laboratórium	TMIT

Tárgykód	Tárgynév	típus	tanszék
Intelligens kommunikáció specializáción felvehető további tantárgyak			
VIHIAC10	Mobil kommunikációs hálózatok és alkalmazásaik	Specializáció tantárgy	HIT
VIHVAC10	Űrtechnológia	Specializáció tantárgy	HVT
VITMAC11	IoT kommunikáció	Specializáció tantárgy	TMIT

3. Mikroelektronikai hardvertervezés és integráció specializáció: Kiszolgálója: EET, ETT

Tárgykód	Tárgynév	típus	tanszék
Mikroelektronikai tervezés és integráció ágazat (EET)			
VIEEAC04	Alkalmazott félvezetőtechnológia	Ágazati főtantárgy	EET
VIEEAC05	Mikroelektronikai hardvertervezés laboratórium	Ágazati laboratórium	EET
Elektronikai hardvertervezés és integráció ágazat (ETT)			
VIETAC10	Áramkör- és készüléktervezés	Ágazati főtantárgy	ETT
VIETAC11	Elektronikai termékek prototipizálása laboratórium	Ágazati laboratórium	ETT
Mikroelektronikai hardvertervezés és integráció specializáción felvehető további tantárgyak			
VIEEAC06	Mikroelektronikai áramkörtervezés	Specializáció tantárgy	EET
VIETAC12	Elektronikai gyártás és minőségbiztosítás	Specializáció tantárgy	ETT

4. Fenntartható villamos energetika specializáció: Kiszolgálója: VET

Tárgykód	Tárgynév	típus	tanszék
Innovatív technológiák és berendezések ágazat (VET-NF)			
VIVEAC11	Villamos berendezések és szigetelések	Ágazati főtantárgy	VET-NF
VIVEAC14	Innovatív elektrotechnika laboratórium	Ágazati laboratórium	VET-NF
Villamos gépek és hajtások ágazat (VET-VG)			
VIVEAC10	Villamos gépek és hajtások	Ágazati főtantárgy	VET-VG
VIVEAC13	Villamos gépek és hajtások laboratórium	Ágazati laboratórium	VET-VG
Smart grid ágazat (VET-VM)			
VIVEAC09	Intelligens hálózatüzemeltetés eszközei és módszerei	Ágazati főtantárgy	VET-VM
VIVEAC12	Smart grid laboratórium	Ágazati laboratórium	VET-VM
Fenntartható villamos energetika specializáción felvehető további tantárgyak			
VIVEAC17	Innovatív technológiák az elektrotechnikában	Specializáció tantárgy	VET-NF
VIVEAC16	Villamos hajtások szabályozása	Specializáció tantárgy	VET-VG
VIVEAC15	Smart villamos hálózatok felépítése	Specializáció tantárgy	VET-VM

III.5 A villamosmérnöki alapszak specializációtantárgyainak leírása

III.5.1 Beágyazott és irányító rendszerek specializáció (AUT, IIT, MIT)

A specializáció angol neve: Embedded and Control Systems

A specializáció célkitűzése:
A beágyazott rendszerek speciális hardver és szoftver megoldásokat tartalmazó számítógépes célrendszerek, amelyek a befogadó fizikai-technológiai környezetükről többnyire valós időben gyűjtenek adatokat és abba irányítási céllal, önműködő módon avatkoznak be, utóbbi esetben az ún. érzékelés - döntés - beavatkozás információfeldolgozási paradigmát követve. Ilyen rendszerek működtetik többek között az automatizált gyártósorokat (Ipar 4.0), a modern közlekedési eszközöket a közúti járművektől a repülőgépekig, az orvosi berendezéseket, a viselhető eszközöket és más szórakoztató elektronikai készülékeket, de a kommunikációs és energiaszolgáltató infrastruktúra számos egységét is. Tervezésük és felhasználásuk során szigorú megbízhatósági, minőségi és (környezet)gazdaságossági követelményeket kell teljesíteni. A világon gyártott processzorok több mint 95%-a beágyazott rendszerekbe kerül beépítésre. Hasonlóan az általános célú számítógépekhez, a beágyazott rendszerekkel szemben is igény az alkalmazásuknak megfelelő ember-gép interfész, illetve a biztonságos kommunikációs hálózati kapcsolat más számítógépes rendszerekkel, napjainkban alapvetően az Internet of Things (IoT) megközelítésben. Bár a beágyazott rendszerek tervezése szerteágazó ismereteket igényel és ennek megfelelően komoly kihívás, a munkaerőpiaci trendek Magyarországon és külföldön is megbízhatóan azt mutatják, hogy az ilyen, a specializáción ismertetett tudású villamosmérnökök iránti igény itthon és külföldön is hatalmas.
A specializáció részletesen bemutatja a beágyazott rendszerekben leggyakrabban alkalmazott korszerű hardver és szoftver megoldásokat, a kapcsolódó fejlesztési módszereket és eszközöket, illetve a gyártásautomatizálásban elterjedt irányító berendezéseket és alkalmazástechnikájukat.

A specializáció ágazatai:

Ágazatok:	Tanszék:	Ágazatfelelős:
Számítógép-alapú rendszerek	AUT	Dr. Tevesz Gábor
Irányító rendszerek	IIT	Dr. Kiss Bálint
Beágyazott szoftverfejlesztés	MIT	Dr. Kovácsházy Tamás

III.5.1.1 Számítógép-alapú rendszerek ágazat (AUT)

Mikrokontroller alapú rendszerek
(VIAUAC12, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, AUT)
Ágazati főtantárgy

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja, hogy a hallgatókat megismertesse az iparban legelterjedtebben használt mikrokontroller architektúrákkal, azok kiválasztási szempontjaival. A megszerzett ismeretek segítségével a hallgatók képessé válnak mikrokontroller alapú rendszerek hardver tervezésére és alacsonyszintű szoftver rendszerének megvalósítására. A kettő közötti elválaszthatatlan kapcsolatot példák és rövid esettanulmányok mutatják be.
2. A tantárgy tematikája
Architekturális alapok
Digitális rendszerek központi egységei: mikroprocesszorok és mikrokontrollerek architekturális összehasonlítása, kiválasztási szempontjai. 8/16/32 bites rendszerek, CISC/RISC architektúra. A megfelelő architektúra kiválasztásának jelentősége és hatása a rendszer legfontosabb jellemzőire (sebesség, bitkezelés, törtszámok kezelése, belső memória, regiszterbankok). A 8 bites és a 32 bites

mikrokontroller-architektúrák egy-egy neves képviselőjének megismerése (8051, ARM Cortex M4 mikrokontrollerek, DSP). Programozási modell, megszakítási rendszer.
Hardverközeli programok fejlesztése
Assembly, C és blokkorientált hardver-közeli programfejlesztés. A szoftverfejlesztés folyamata. Programozási nyelvek, szoftverfejlesztés PC-re és beágyazott rendszerre. Programozási modell, utasításkészlet tulajdonságai. Tipikus ASM/C fejlesztő környezetek bemutatása (SiLabs, Keil, STM), a firmware szerkezete (konfigurálás, startup kód, megszakítási rendszer, gyors megszakításkezelés bankváltásokkal.) ASM betétek és ASM függvények használata.
Mikrokontrollerek tipikus integrált perifériái
Órajel-generátorok (belső, külső, PLL áramkörök), reset-, watch-dog áramkörök. Időzítő és számláló egységek (üzemmódok, kvadratúra-enkóder, capture modul, PWM). Integrált aszinkron és szinkron kommunikációs egységek és protokollok (SCI, SPI, I2C, CAN). Digitális be- és kimenetek, a mikrokontroller I/O portok speciális kialakítása. Analóg be- és kimenetek. Memória elemek (OTP ROM, flash, RAM, EEPROM) tulajdonságai, illesztésük.
Mikrokontrollerek kapcsolódása környezetükhöz, tipikus illesztések
Külső órajel generátorok, külső memóriák illesztése (párhuzamos/soros, várociklus-problémák – cache, gyorsítási lehetőségek). Analóg és digitális be- és kimenetek illesztési problémái, speciális perifériák. Jelkonvertálás fizikai rétegre (RS232, RS422, RS485, CAN, USB). EMC szempontok, leválasztások.
A hardver tervezés alapelvei és lépései
CAD rendszerek használata a hardver tervezésben: kapcsolási rajz, szimuláció, nyomtatott áramkör tervező rendszerek és ezek legfontosabb tulajdonságai. Formai és tartalmi követelmények, alkatrészek és áramkörök technológiai kérdései (hagyományos/felületszerelt, rétegszám megválasztása, forrasztási technológia választása stb.). EMC kérdések. Élesztés, programozás, tesztelés interfészei. ISP jelentősége. Egyedi és szabványos (JTAG) felületek. Belső és külső boot loader, firmware update lehetősége és megoldásai

Mikrokontroller laboratórium
(VIAUAC13, 6. szemeszter, 0/0/3/f/5 kredit, AUT)
Ágazati laboratórium

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja, hogy bemutassa a korszerű mikrokontrollerekkel történő hardvertervezési és hardverközeli programozási lépéseit, és a folyamatszabályozás alkalmazási lehetőségeit.
2. A tantárgy tematikája
Kapcsolási rajz tervezése CAD támogatással
Ezen a vezetett mérésen a hallgatók megismerkednek egy hardvertervezést támogató CAD rendszerrel (Altium Designer), és egyszerűbb példákon elsajátítják a kapcsolási rajz fejlesztés és az áramkör szimuláció lépéseit.
Nyomtatott áramkör tervezése CAD támogatással
Ezen a vezetett mérésen a hallgatók folytatják az ismerkedést a hardver tervezést támogató CAD rendszerrel (Altium Designer). Ebben az esetben a nyomtatott áramkör tervezés lépéseit ismerik meg a mérés során.
Hardver áramkör építése és felélesztése
Ezen a mérésen a hallgatók megismerik az első fejlesztési mintapéldányok fizikai megépítésének eszközeit, és felületszerelt alkatrészekből összeforrasztanak, majd felélesztenek egy egyszerűbb áramköri kapcsolást.
Mikrokontrollerek programozása assembly szinten
A mérésen a hallgatók a mikrokontrollerek assembly szintű programozását sajátítják el egyszerűbb feladatok (digitális és analóg be- és kimenetek kezelése, megszakításkezelés, hardver időzítés, egyszerűbb algoritmusok) megoldásával.

Mikrokontrollerek programozása C nyelven
A beágyazott mikrokontrolleres rendszerek irányító programjait a kényelmesebb fejlesztés és a programok hordozhatósága érdekében C nyelven fejlesztik a leggyakrabban. A hallgatók a mérésen ennek a fejlesztői platformnak a tulajdonságait és specialitásait sajátítják el egyszerű valós idejű irányítási/vezérlési és megjelenítési feladatok megoldásán keresztül.
Mikrokontrollerek kommunikációjának vizsgálata
A méréseken a hallgatók egyszerű programozási feladatok megoldásával vizsgálatokat végeznek a mikrokontrolleres alkalmazások tipikus belső (SPI, I2C) és külső (RS232, RS485, CAN) kommunikációs csatornáinak vizsgálatára.
Illesztési feladatok mikrokontrollerekre
A mérés célja egyrészt gyakorlati tapasztalatok szerzése az inkrementális szöghelyzet adó és hídkapcsolású DC/DC átalakító mikrokontrollerhez való illesztésével kapcsolatban. Másrészt a hallgatók megismertetése az állandó mágneses egyenáramú motor fordulatszám változatási és pozicionálási módszereivel.
PLC programozási alapismeretek
A technológiai folyamatok felügyelete, vezérlése napjainkra szinte kivétel nélkül PLC-k alkalmazásával történik. A mérés célja a PLC-k működésének és programozási lehetőségeinek megismertetése a hallgatókkal egyszerű feladatokon keresztül.
Desztillációs oszlop irányítása PLC-vel
A technológiai folyamatok irányítására ma már elsősorban számítógépes rendszereket alkalmaznak. A mérés során a hallgatók megismerkednek egy gyakran alkalmazott ipari technológia laboratóriumban megépített félüzemi modelljével és annak korszerű irányítási rendszerével. Tanulmányozzák az ipari folyamatok irányítására alkalmazott legfontosabb érzékelőket, az intelligens távadókat, az irányítást végző, hálózatban működő PLC-ket. Megismerik egy modern kezelői felület használatát. Az ipari gyakorlatban jól alkalmazható közelítő módszerekkel elvégzik a rendszer legfontosabb szabályozási köreinek behangolását.
Önálló tervezési feladat
A félév elején a hallgatók egy STM32Nucleo mikrokontrolleres kitet és ehhez egy önálló tervezési feladatot kapnak, amely során egy adott illesztési/irányítási feladatot kell megoldaniuk. Ezen a mérésen az általuk elkészített hardver-szoftver megoldást mutatják be a mérésvezetőnek, és átadják a munkához tartozó tervezési dokumentációt.

III.5.1.2 Irányító rendszerek ágazat (IIT)

Robotizált gyártórendszerek
(VIIIAC06, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, IIT)
Ágazati főtantárgy

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja a diszkrét vezérlések és irányítások, különös tekintettel a termelőrendszerekben, és ellátási láncokban a gyakorlatban elterjedten alkalmazott szabványos programozható eszközök, ipari robotkarok és a hozzájuk kapcsolódó érzékelő és beavatkozó szervek főbb jellemzőinek bemutatása, továbbá az alkalmazásukhoz és üzemeltetésükhöz szükséges legfontosabb ismeretek átadása. A tantárgy szintén ismerteti a berendezések közti megbízható kommunikációt biztosító terepi buszrendszerek jellemzőit. A tantárgy követelményeit sikeresen teljesítő hallgató képes
- bemutatni a robotizált gyártórendszerek elemeit, felépítését,
- ismertetni a programozható irányítóberendezések (PLC) szabványos működési és programozási modelljét, gyakran használt moduljait,
- gyártásautomatizálási gyakorlatban tipikus vezérlési feladatokat megvalósítani PLC-k segítségével,

- bemutatni a gyártásautomatizálásban egyes gyakran használt érzékelők és hajtásvezérlési eszközök működési elvét és jellemzőiket,
- bemutatni és alkalmazni a gyártásautomatizálásban is elterjedt terepi buszrendszereket,
- ismertetni az ipari robotkarok felépítését, jellemzőit, bemutatni a robot geometriai modelljét, valamint a direkt, illetve inverz geometriai feladat és megoldásának módszereit (a csuklótér és a munkatér közötti transzformációkat),
- ipari gyakorlatban tipikus alkatrész- és szerszámmozgatási feladatokat megvalósítani a második generációs robotprogramozási nyelvek lehetőségeit kihasználva

2. A tantárgy tematikája

Robotizált gyártórendszerek és PLC-k

Ipari irányítórendszerek fejlődéstörténete. Korszerű gyártásautomatizálási rendszerek felépítése, hardver- és szoftverelemei. A PLC fogalma, PLC-k osztályozása, kompakt és moduláris vezérlők. A központi egység feladata és felépítése, be- és kimeneti modulok típusai. A PLC-k általános memóriamodellje, ciklikus működési mód fogalma és hatása a programozási modellre.

Az IEC-61131-3 szabvány szoftvermodellje

Korszerű PLC operációs rendszerek szolgáltatásai, ütemezés, programszervezési egységek, adattípusok, szabványos függvények és funkcióblokkok.

Elmozdulás- és közelítésérzékelés

Elmozdulás és elfordulás mérése potenciométerek, kapacitív érzékelők, relatív és abszolút kódadók, ultrahangos és lézeres távolságérzékelőkkel. Az ipari gyakorlatban elterjedt közelítésérzékelők: végálláskapcsolók, optikai, mágneses, induktív és kapacitív érzékelők működési elve és jellegzetessége, alkalmazástechnikája.

Hajtásszabályozás

A gyártásautomatizálás tipikus villamos beavatkozói. Aszinkron frekvenciaváltós hajtások: frekvenciaváltók felépítése és működési elve, tipikus alkalmazások és paraméterek, esettanulmány. Szinkron szervohajtások: szervoerősítő felépítése és működése elve, tipikus alkalmazások, működési módok és paraméterek, lineáris hajtások, esettanulmány.

Robotikai alapfogalmak

Nyílt kinematikai láncú ipari robotkarok felépítése, szegmensek, csuklók, a robot munkatere, a szerszám vagy megfogó pozíciójának és orientációjának jellemzése. Robotcellák felépítése, a robotok, mint a gyártórendszerek intelligens aktuátorai.

Robotkarok geometriai modellje

Homogén transzformációk a robot szegmenseihez és a szerszámhoz vagy megfogóhoz rögzített keretek között, a transzformációk megadása Denavit-Hartenberg paraméterekkel. A direkt és inverz geometriai feladat a konfigurációs tér és a munkatér között. A feladat szétbontásának lehetősége pozíciós és orientációs részfeladatokra.

Robotprogramozás

Robotok betanításának módszerei, a betanított konfigurációkra illeszkedő pálya tervezése. A második generációs robotprogramozási nyelvek szolgáltatásai, a leggyakrabban támogatott mozgató utasítások családja.

Terepi buszrendszerek

Terepi buszok és buszrendszerek jellemzői, alkalmazástechnikai megfontolások. A legelterjedtebb terepi buszrendszerek bemutatása: AS-i, MODBUS, CANopen, PROFIBUS, PROFINET

Robotizált gyártórendszerek laboratórium

(VIIIAC07, 6. szemeszter, 0/0/3/f/5 kredit, IIT)

Ágazati laboratórium

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja, hogy a hallgatókat megismertesse a robotizált gyártási folyamatok során használt eszközök alkalmazástechnológiájával. A tantárgy mérései során a hallgatók a gyakorlatban is

megismerhetik egyes érzékelők és a kompakt szabályozók felépítését, paraméterezését és illesztését, a programozható logikai vezérlők (PLC)-k alkalmazástechnikáját, a gyors prototípustervezést támogató szoftver- és hardvereszközök használatát, valamint az ipari robotkarok programozásának alapjait második generációs programozási nyelvek használatával.

2. A tantárgy tematikája

Kompakt digitális szabályozók alkalmazástechnikája

A mérés során a hallgatók egy valódi szakasz irányítása során ismerik meg az ipari gyakorlatban használt kompakt digitális szabályozók alkalmazástechnikáját és paraméterezését. A Szabályozástechnika tantárgy során tanult szabályozási algoritmusok közül mind hiszterézis-szabályozás, mind soros kompenzátor méretezése szerepel a tervezési feladatot között.

Irányítási algoritmusok megvalósítása

A mérés során egy valós folyamat szabályozását végző, sorrendi és folytonos irányítási algoritmusokat egyaránt alkalmazó rendszer szabályozási algoritmusait valósítják meg a hallgatók funkcióblokk-diagram és sorrendi folyamatábra nyelveken.

Pozíciószabályozás

A mérés keretében egy egydimenziós pozícionáló rendszer irányítása a feladat gyors prototípustervezést támogató hardver- és szoftvereszközök segítségével. A hallgatók Matlab-Simulink környezetben PID-szabályozót és mintavételes állapotteres szabályozást is terveznek a szakaszhoz, majd megvalósítás után vizsgálják azok működését.

Hajtásszabályozás

A mérés során a hallgatók a hajtásszabályozási feladatokat oldanak meg egy PLC köré épített vezérlő környezet segítségével. Megismerkednek egy frekvenciaváltó és egy szervoerősítő alapvető funkcióival, paraméterezésével és alkalmazásával egyszerű hajtásszabályozási feladatok megoldása során.

Irányítás PLC-vel 1

A mérés során a hallgatók megismerik a Rockwell Micro 830-as sorozatú kompakt PLC-k felépítését, fejlesztői környezetét, valamint gyakorolják a PLC-programozás alapvető technikáit és egyszerű vezérlési feladatokat valósítanak meg.

Irányítás PLC-vel 2

A mérés keretében a hallgatók komplex folyamatmodellek irányítását valósítják meg PLC-k segítségével. Ennek során megismerhetik a komplexebb irányítási alkalmazások tervezési és megvalósítási elveit, a CODESYS fejlesztőkörnyezet használatát, valamint gyakorolhatják a strukturált szöveges programozási nyelven történő fejlesztést.

Irányítás PLC-vel 3

A mérés során a hallgatók egy egyszerű irányítási feladatot oldanak meg, az irányított technológia felügyeletéhez pedig egy érintőkijelzős ember-gép interfészt (HMI) is megvalósítanak. A feladat megoldása során megismerkednek a Siemens TIA Portal fejlesztőkörnyezettel, illetve az ember-gép interfészek tervezési alapelveivel és azok megvalósításával.

Ipari robotkar programozása 1

A mérés során a hallgatók megismerkednek egy ipari robottal és annak robotprogramozási nyelvéhez tartozó fontosabb utasításokkal. Egy egyszerű szortírozási feladat megvalósítása során betanítják a fontosabb pozíciókat a robot betanító pultjának használatával, elkészítik a feladatot megvalósító robotprogramot, elvégzik annak tesztelését és demonstrálják a válogatási feladat robotizált megoldását.

Ipari robot programozása 2

A mérés során a hallgatók egy robotkar programozásával egy egyszerű, tömegmérésen alapuló ellenőrzési feladatot valósítanak meg, ahol a mérés eredménye alapján a mozgatási feladat változik (a selejtes munkadarabot máshol kell elhelyezni, mint a megfelelő munkadarabot). Szintén feladat, hogy működés közben a felhasználó egy érintőképernyős kijelzőn (HMI) tájékoztatást kapjon, ennek megoldása a feladat része.

Mobilis robot pályatervezése és irányítása

A mérés során a hallgatók egy differenciális mobilis robotot irányítanak és egy egyszerű navigációs feladatot oldanak meg. A feladaton keresztül a hallgatók megismerkednek a mobilis robotok fontosabb érzékelőivel, a fedélzeti beágyazott rendszer architektúrájával, valamint ezek alkalmazási lehetőségeivel,

illetve az autonóm platformok pályakövető szabályozásának alapelveivel. A feladat megoldására a National Instruments gyors prototípustervező hardver-szoftver környezete (LabVIEW) áll rendelkezésre.

III.5.1.3 Beágyazott szoftverfejlesztés ágazat (MIT)

Beágyazottszoftver-fejlesztés
(VIMIAC17, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, MIT)
Ágazati főtantárgy

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy elsődleges célja a hallgatók bevezetése a beágyazott szoftverfejlesztés témakörébe. A tantárgy keretén belül ismertetésre kerülnek a beágyazott fejlesztés C nyelvű alapjai, a keresztfordítás sajátosságai, a C kód fordításának lépései és feltételei beágyazott vezérlők esetén. A hallgatók megismerik a memóriába leképezett perifériák elérési módszereit és az erre vonatkozó szabványosítási törekvéseket, mint például a CMSIS-Core. Bemutatásra kerülnek a beágyazott szoftverekben alkalmazott hardware absztrakciós rétegek kezdve az alacsony szintű mikrovezérlő szintű absztrakciókkal, firmware könyvtárakkal, folytatva az erre épülő magasabb board szintű absztrakciókkal, valamint az absztrakciós rétegek létrehozásához tartozó általános szabályokkal: kommentezési, elnevezési, nyelvi készletet korlátozó (MISRA-C) szabályok és rétegszervezési minták. Ismertetjük a perifériák lekérdezés, megszakítás és DMA (Direct Memory Access) alapú kezelési elveit és a LibC függvénykönyvtár portolását.
A tantárgy ismerteti a beágyazott szoftverekben általánosan alkalmazott üzemmódokat, ezeken belül hangsúlyozottan bemutatásra kerül a diagnosztikai és energiatakarékos üzemmód. A hallgatók megismerhetik a fejlesztés során sokszor alkalmazott debugolási folyamatok lépéseit és felépítését, valamint a modern vezérlők által nyújtott trace és debug lehetőségeket.
A tantárgy a szoftverütemezés témakörével zárul. Bemutatásra kerülnek az egyszerű ütemező architektúrák úgy mint a Round-Robin és függvénysoralapú ütemezés, és részletesen foglalkozunk a beágyazott operációs rendszerekkel. A FreeRTOS-en keresztül ismertetésre kerülnek a párhuzamos programozás alapjai és problémái: szálak létrehozása, közös erőforrás használata, kölcsönös kizárás, szálszinkronizáció, egyéb OS szolgáltatások. Példákkal illusztráljuk a beágyazott OS-ek használatának tipikus nehézségeit: stack problémák, időzítési, ütemezési problémák.
2. A tantárgy tematikája
A beágyazott szoftverfejlesztés C nyelvű alapjai
A keresztfordítás lépései és sajátosságai, C kód fordítása beágyazott vezérlőre. Kód elindulásának folyamata egy mikrovezérlőn, annak bemutatása, hogy mi történik a main() függvény meghívása előtt.
Memóriába leképezett regiszterek, perifériák kezelése: Hagyományos, egyedi mutatókra épülő megoldások. Általánosított, a perifériákat blokk szintjén kezelő struktúra alapú megoldások, és ezek szabványosítása: a CMSIS-Core bemutatása. A CMSIS core szabvány által megkövetelt szerkezet és kódolási minta bemutatása.
Hardware absztrakciós rétegek (mikrovezérlő szintű absztrakció)
A mikrovezérlő szintű absztrakció feladatának és szükségességének bemutatása. A modern firmware library-k felépítésének bemutatása. Törekvés a szabványosításra, CMSIS-Driver API, kódolási, elnevezési és kommentezési szabályok bevezetése. A standard C környezet és a beágyazott környezet közötti kapcsolódási pontok bemutatása.
Perifériák interruptalapú kezelése
A megszakításkezelés során lejátszódó folyamatok ismertetése, a vektoros megszakításkezelés szoftveres alapjainak bemutatása. Tipikusan megszakításalapú periféria kezelést igénykő esettanulmányok mutatása. Perifériák DMA (Direct Memory Access) alapú kezelése. A DMA átvitel elméleti alapjainak bemutatása. A tipikus DMA átvitelnél megadandó parméterek ismertetése. A hatékony DMA kezelés és a rendszerarchitektúra felépítésének összefüggései. Alkalmazási minták mutatása DMA alapú periféria kezelésre.

Hardware absztrakciós rétegek (board szintű absztrakció)
A board szintű absztrakció szükségessége és lehetséges felületei. Annak bemutatása, hogy miért szükséges egy magasabb szintű absztrakció létrehozása a mikrovezérlő absztrakció fölé. Minták, szabványosítási törekvések mutatása a board szintű absztrakcióra.
A beágyazott szoftverek tipikus üzemmódjai
A beágyazott szoftverben megvalósítandó tipikus üzemmódok és jellemzőik ismertetése: energiatakarékos módok, hibamódok: fail stop, fail, reduced, kalibrációs és diagnosztikai üzemmódok. A modern mikrovezérlők jellemző energiatakarékos módjainak bemutatása, alkalmazásuk szoftveres és programszervezési kérdéseik.
A kalibrációs és diagnosztikai üzemmódok szerepének bemutatása: tesztelési támogatás, működés közbeni monitorozás, konfigurálás, hibaesemények tárolása, stb. A távoli programfrissítési lehetőségek (bootloader) ismertetése. Egy ipari diagnosztikai protokoll tulajdonságainak rövid bemutatása: XCP (Universal Measurement and Calibration Protocol).
A beágyazott szoftver debuggolása, tesztelése
Modern mikrovezérlők által nyújtott debug lehetőségek, a debug kapcsolat bemutatása a mikrovezérlőtől az IDE-ig: debug hardware (CMSIS-DAP mint általánosítási kísérlet), GDB szerver, GDB RSP, GDB parancssor. Modern vezérlők trace képességei és az azokból nyerhető információk: DWT, ITM képességek, és ezek megjelenése a fejlesztőkörnyezetben.
Nem preemptív szoftver architektúrák bemutatása, bevezetés az RTOS-ekbe
Round Robin, megszakításokkal kiegészített Round-Robin, függvénysor alapú nem preemptív ütemezők. A beágyazott operációs rendszerek jellemzőinek bemutatása a FreeRTOS-en keresztül: felépítés, működés, ütemezési jellemzők, az egyes szálak üzemmódjai.
A párhuzamos programozás alapjai (közös erőforrás használat és kölcsönös kizárás)
A közös erőforrások használatából adódó problémák bemutatása. A közös erőforrások használatára alkalmazott elméleti megoldások, például mutex-ek működési alapjainak ismertetése.
A párhuzamos programozás alapjai (szinkronizáció és kommunikáció a szálak között)
A szálak közötti kommunikáció eszközeinek, és azok elméleti működésének bemutatása. A szemaforok és queue-k szerepe a szálak közötti és a szálak és megszakítások közötti kommunikációban.
A párhuzamos programozás alapjai (jellemző problémák)
A közös memória területen osztozó szálak jellemző problémái és azoknak elméleti kezelése: stack problémák és kezelési módjaik. Ütemezési és ütemezhetőségi problémák. A szálak jellemző időzítési tulajdonságainak bemutatása: végrehajtási idő és válaszidő. A végrehajtási idő mérésének módszerei, a válaszidő számításának feltételei és módszerei.

Beágyazottszoftver-fejlesztés laboratórium
(VIMIAC18, 6. szemeszter, 0/0/3/f/5 kredit, MIT)
Ágazati laboratórium

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy elsődleges célja a hallgatók bevezetése a beágyazott szoftverfejlesztés egyes összetettebb részterületeibe, amelyek nem kerülhettek tárgyalásra a Beágyazott szoftverfejlesztés tantárgy gyakorlatain azok összetettsége, eszközigénye stb. miatt.
A Beágyazott szoftverfejlesztés tantárgy gyakorlatain olyan alapvető szoftveres témákra térünk ki, amik egy egyszerű fejlesztőkártyával bemutathatók. Ugyanakkor a Beágyazott szoftverfejlesztés témakörében számos olyan feladat fogalmazható meg, amik időkorlátok miatt nem férnek be a tantárgyba, valamint amikhez összetettebb fejlesztőrendszerek, egyéb speciális eszközök szükségesek, ezeket ezért a Beágyazott szoftverfejlesztés laboratórium tantárgyban mutatnánk be. Ilyen tématerületek pl. az érintésérzékeny grafikus LCD-k, hangfeldolgozás és DSP könyvtárak, USB periféria könyvtárak, autóipari kommunikáció, Ethernet és TCP/IP, valamint a vezeték nélküli kommunikáció szoftveres megvalósítása és azoknak a fejlesztése, ilyen rendszerekben a hibakeresés bemutatása.

2. A tantárgy tematikája
Grafikus felhasználói felület megvalósítása mikrokontrolleren, grafikus könyvtárak és bemeneti perifériák használata. Egyszerű grafikus felhasználó felület elemek és azok használata.
Grafikus felhasználói felület megvalósítása mikrokontrolleren, grafikus könyvtárak és bemeneti perifériák használata. Szenzoradatok online megjelenítése a grafikus felhasználói felületen, az ezzel kapcsolatos felhasználói felület elemek használta, idődiagramok és azok kezelése (az 1. mérés alapján).
Hangfeldolgozás mikrokontrolleren, A/D és D/A használata mikrokontrolleren, online hangrögzítés és lejátszás, egyszerű jelfeldolgozási feladatok megoldása (késleltetés, torzítás, stb.).
DSP programkönyvtár alkalmazása összetettebb jelfeldolgozási feladatok implementációjára, egyszerű szűrési és egyéb jelfeldolgozási feladatok megvalósítása valós jeleken (a 3. mérés alapján).
USB perifériák megvalósítása mikrovezérlővel, USB működés, monitorozása a fejlesztő PC-ről. USB feletti virtuális soros port (CDC) megvalósítása és egyszerű parancsértelmező illesztése, parancsok illesztése a megvalósításhoz.
USB perifériák megvalósítása mikrovezérlővel, USB működés, monitorozása a fejlesztő PC-ről. USB HID device (e.g. keyboard) és mass storage eszközök megvalósítása és használata mikrovezélővel, az ilyen eszközök illesztése perifériához (pl. nyomógomb leképzése keyboard-ra).
Autóipari kommunikáció, CAN interfészt használó mikrokontrolleres szoftverek fejlesztése. CAN kommunikációs protokoll megvalósítása és monitorozása.
Ethernet és TCP/IP alkalmazástechnikája mikrokontrollereken. Keretküldés és fogadás Ethernet szinten. Ismerkedés az lwIP pehelysúlyú IP protokollkészlettel, az lwIP konfigurálása, a DHCP szerepe. UDP szolgáltatás fejlesztése. Ethernet és TCP/IP fejlesztés eszközei (hálózatmonitorozás).
HTTP szerver és kliens alkalmazástechnikája mikrokontrolleren, filerendszer és I/O leképzése a WEB lapokra, on-line adatgyűjtés és adatmegjelenítés TCP/IP felett kliens-szerver architektúrában.
Vezeték-nélküli Wi-Fi kommunikáció szoftveres megvalósítása mikrokontrollereken. Szoftver hozzáférési pont és kliens konfigurálása, Wi-Fi hozzáférési pontok felderítése, TCP/IP kommunikáció (8. és 9. mérés alapján) Wi-Fi felett. Wi-Fi fejlesztés eszközei, Wi-Fi monitorozása.

III.5.1.4 A specializáció további tantárgyai

Beágyazott operációs rendszerek és kliensalkalmazások
(VIAUAC14, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, AUT)
Specializáció tantárgy

1. A tantárgy célkitűzése
A hallgatók képesek lesznek arra, hogy megértsék és alkalmazzák a beágyazott operációs rendszerek alkalmazásával kapcsolatos alapkoncepciókat. A tantárgy célkitűzése bemutatni azokat a platformokat, technikákat és eszközöket, amelyek szükségesek a beágyazott rendszerek alkalmazás és rendszer szintű szoftverének megírására és futtatására. Egy célorientált hardvereszköz elkészítése és felprogramozása után természetes egy megszokott, PC-ről elérhető felhasználói felület, amely akár egy alkalmazáson keresztül teszi lehetővé az új hardvereszköz monitorozását és tulajdonságainak beállítását. Ennek megfelelően a tantárgy célja, hogy a hallgatókat megismertesse a vastagkliens (más néven desktop kliens) alkalmazások programozásával és az ehhez kapcsolódó alkalmazásfejlesztési technikákkal, különös tekintettel a felhasználói felületek kialakítására, a grafikus megjelenítésre, a többszálú technikák alkalmazására és a hálózati kommunikációra. Szinte valamennyi korszerű, desktop kliensalkalmazások fejlesztését támogató fejlesztői platform az objektumorientált szemléletet követi. Ennek megfelelően a tantárgy ismerteti az objektumorientált szoftvertervezés és modellezés alapjait is (UML alapok, néhány fontosabb architekturális és tervezési minta). Az elméleti ismeretek gyakorlatba történő átültetése esettanulmányok megismerésének, illetve megvalósításának segítségével történik.

2. A tantárgy tematikája

Egyszerű beágyazott operációs rendszerek

Idő- és eseményvezérelt rendszerek legfontosabb tulajdonságai, szinkronizációs elvek, vezérlési szerkezetek. Ütemezés, taszkkezelés, kontextusváltás. Taszkok szinkronizációja: kritikus szakasz, szemaforok, mutexek és üzenetek kezelése, prioritási kérdések. A µC/OS-II operációs rendszer főbb jellemzői (felépítés, konfigurációs lehetőségek, legfőbb szolgáltatások, 8 és 32 bites rendszerek közötti különbségek). Esettanulmányok: komplett irányító rendszer megvalósítása µC/OS-II operációs rendszer használatával.

Objektumorientált ismétlés, C# nyelv alapjai

Objektumorientált fogalmak átismétlése (objektum, osztály, tagfüggvény, öröklés, virtuális függvény), ennek során ismerkedés a C# nyelv alapjaival. Egy egyszerű, területszámítós konzol alkalmazás elkészítése közösen, ennek kapcsán kerülnek átismétlésre/bemutatásra a fenti fogalmak.

Vastagkliens alkalmazásfejlesztés alapok

A .NET keretrendszer architektúrája röviden. További C# nyelvi elemek (property, delegate, event, attribútum) ismertetése, melyek szükségesek az alkalmazásfejlesztéshez. Eseményvezérelt alkalmazások .NET környezetben. Win32 API üzenetkezelése áttekintés, .NET Windows Forms alkalmazások architektúrája, Windows Forms alkalmazásfejlesztés alapok. Eseményvezérelt alkalmazások: vezérlők, dialógusablakok. Eseményvezérelt alkalmazások: GDI+ (rajzolás és szöveg megjelenítése).

Alkalmazásfejlesztés haladóbb témakörök

Többszálú alkalmazások fejlesztése, az alábbi témakörök vonatkozásában: folyamat (fogalma, jellemzői, programozása), szálkezelés alapjai (fogalma, ütemezése), többszálú alkalmazások előnyei és ezek demonstrálása, szálak és folyamatok összehasonlítása, szálak indítása, előtér és háttérszálak, szálkezeléshez kapcsolódó műveletek és tulajdonságok, szálak prioritása, a kölcsönös kizárás problémájának ismertetése példákkal. .NET zárolási konstrukciók áttekintése, a lock használata, jellemzői, alkalmazása példákban, szálak kiléptetése, jelzésre alkalmas szinkronizációs konstrukciók részletes ismertetése, alkalmazása példákban. Szálak és űrlapok kapcsolata, thread-pool fogalma, holtpont elkerülésének/kezelésének technikái. Hálózati kommunikáció (socketek): a hálózati kommunikáció jelentősége kliensalkalmazások esetén. Alacsonyszintű hálózati kommunikáció megvalósításának technikái .NET környezetben. Hálózati környezeteben használatos adatreprezentációk áttekintése: bináris, XML, JSON.

Szoftvertervezés és architektúrák alapok

Objektumorientált szoftvertervezés alapjai. UML alapok (fontosabb diagramok: osztálydiagram, szekvenciadiagram, állapotgép). A modell és a kód kapcsolata. Szoftver architektúrák (pl. Document-View architektúra), architektúra esettanulmány .NET környezetben.

Folyamatszabályozás

(VIIIAC08, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, IIT)

Specializáció tantárgy

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célkitűzése a számos termelési szektorban (erőművek, finomítók, gyógyszeripari, élelmiszeripari és vegyipari üzemek) alkalmazott folytonos és szakaszos technológiák irányítástechnikájának bemutatása. Az ilyen irányítórendszerekben alkalmazott hierarchikus szervezési elvet követve ismerteti az elosztott irányító- és felügyeleti rendszerek felépítését és szolgáltatásait, a korszerű irányítási elveket és módszereket, a szabályozási körök megvalósításának gyakorlati vonatkozásait, továbbá a folyamatirányításban leggyakrabban előforduló mennyiségek mérésére szolgáló érzékelési elveket és technológiákat.

A tantárgy követelményeit sikeresen teljesítő hallgató képes

- bemutatni az elosztott folyamatirányító rendszerek szintjeit és az egyes szinteken alkalmazott eszközök típusait és feladatait a kapcsolódó szabványok és ajánlások főbb jellemzőit,

- elmagyarázni a DCS rendszerek működését és szolgáltatásait, illetve azokra alapozva folyamatirányító rendszerek tervezésében, kivitelezésében és üzemeltetésében közreműködni,
- elmagyarázni és alkalmazni az egyváltozós, stabil lineáris folyamatmodellek identifikációjának egyes eljárásait,
- elmagyarázni és alkalmazni a modellalapú prediktív és optimális szabályozási eljárásokat egyváltozós, lineáris rendszerek esetében,
- elmagyarázni a különböző elveken alapuló hőmérsékletérzékelők működését, azokat az alkalmazásfüggő specifikációknak megfelelően kiválasztani és alkalmazni,
- elmagyarázni az erő- és nyomásérzékelők működését, azokat az alkalmazásfüggő specifikációknak megfelelően kiválasztani és felhasználni,
- elmagyarázni különböző fizikai elven működő áramlásmérők működését, azokat az alkalmazásfüggő specifikációknak megfelelően kiválasztani és alkalmazni.

2. A tantárgy tematikája

Folyamatirányítás és DCS rendszerek

Folytonos és szakaszos működésű (batch) termelési folyamatok jellemzői és kapocslódó iparágak. A hierarchikusan kialakított folyamatirányítás szintjei, az elosztott irányítórendszerek tipikus szolgáltatásai és felépítése. A szakaszos folyamatok irányítását leíró ISA S88-as szabvány, a GMP gyakorlat célkitűzései és ajánlásai az élelmiszer és gyógyszeriparban.

PID szabályozók méretezésének és megvalósításának gyakorlati megfontolásai a folyamatszabályozásban

Méretezés stabil rendszerek domináns tranziensei alapján: PID hangolás ideiglenes relés visszacsatolás alkalmazásával, az átkapcsolás kezelése, önhangoló megvalósítás; a Ziegler-Nichols módszer és korszerűsített változatai. Az I-hatás túlcsordulásának kezelésére szolgáló módszerek (integrator antiwindup).

Modellalapú predikciót használó folyamatidentifikációs és szabályozási módszerek egyváltozós rendszerekhez

Stabil folyamatok átviteli függvényeinek identifikálása mintavételezett gerjesztés-válasz párokból. A k lépéssel előre tartó prediktor zajjal terhelt diszkrét, egyváltozós lineáris rendszerek esetében. Diszkrét idejű, zajhatást is tartalmazó modellek (ARX, ARMAX, PEM, Box-Jenkins) és identifikálásuk egylépéses prediktor használatával. A prediktív irányítás elve, predikciós horizont, korlátozások figyelembevétele (beavatkozó jel, kimenet, állapotok), a költségfüggvény alakja. Az optimális beavatkozó jel számítása kvadratikus költségfüggvényhez, kiterjesztések nemlineáris rendszerekhez.

Hőmérsékletérzékelők

A folyamatirányítási rendszerekben alkalmazott hőmérsékletérzékelők, jellegzetességeik és alkalmazástechnikájuk. Fém ellenálláshőmérők működésének fizikai alapjai, lineáris hőmérséklet-feszültség karakterisztika biztosítása aktív mérőhíddal. Termisztorok működésének fizikai alapjai, PTC és NTC termisztorok, lineáris hőmérséklet-feszültség karakterisztika közelítése soros linearizáló ellenállással. Félvezető (PN-átmenetet használó) hőmérők. Hőelemek működésének fizikai alapjai, az abszolút hőmérsékletmérés biztosításának módszerei.

Erő- és nyomásérzékelők, inerciális érzékelők

Mechanikai feszültség hatása a villamos paraméterekre, geometriai és piezorezisztív hatás, gauge faktor. Nyúlásmérő bélyegek felépítése és illesztőáramkörei, egy-, két- és négy aktív bélyeges hídkapcsolások. Erőmérő cellák felépítése és típusai, a cellatényező fogalma. Nyomatékmérési módszerek. A nyomásmérés elve, nyúlásmérő bélyeges és kapacitív nyomásérzékelők, rezgőelemes nyomásmérés. Inerciális érzékelők: MEMS gyorsulásérzékelők és alkalmazástechnikájuk.

Szintérzékelés

Szintkapcsolók típusai és jellemzői, rezgővillás szintérzékelők. Folytonos szintérzékelési megoldások: úszós szinttávadók, differenciális nyomáson alapuló, kapacitív, ultrahangos és radaros szintérzékelők.

Áramlásmérés

Alapfogalmak, a mért mennyiségek: tömegáram és térfogatáram. Az csővezetékekben áramló közegek jellemzői, Reynolds-szám, turbulens és lamináris áramlás, áramvonal. A dinamikus és kinematikus viszkozitás fogalma, Newton viszkozitási törvénye. Áramlási konfigurációk és a Reynolds-szám. Az áramlást leíró egyenletek: anyagmegmaradás, Bernoulli-egyenlet, Euler-egyenlet. Nyomáskülönbségen

alapuló áramlásmérés, térfogatkiszorításos áramlásmérők, Coriolis-elvű tömegáramlás és sűrűségmérés, örvényleválason alapuló és turbinás áramlásmérés, indukciós mérők, terjedési idő (time-of-flight) mérésen és Doppler-hatáson alapuló ultrahangos áramlásmérők, a mérési elvek összehasonlító összefoglalása.

Távadók

Érzékelők jelének továbbítása a folyamatirányító rendszer felé. Analóg áramtávadók, leképezés a 4-20 mA-es jeltartományra. Digitális jelek továbbítása az analóg jellemző mellett, HART protokoll. A Foundation Fieldbus terepi buszrendszer.

Beágyazott Linux és platformjai

(VIMIAC19, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, MIT)

Specializáció tantárgy

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy elsődleges célja a hallgatók bevezetése a beágyazott Linux alkalmazás (user-space) fejlesztés részleteibe, beleértve a platform választást is. A platformok tekintetében érintjük a klasszikus PC (x86) platformot, de elsősorban a modern heterogén architektúrájú rendszerchipekre (SoC) és az FPGA platformra összpontosítunk. Ismertetjük a beágyazott Linux user-space szoftver lehetőségeit, a fejlesztés menetét, a tipikus alapfeladatokat, pl. parancssor és konfiguráció feldolgozás, programvégrehajtás és életciklus menedzsment részletei (systemd), párhuzamos és valós-idejű végrehajtás (multicore és heterogén környezetben). Ezen kívül sor kerül még az fájlrendszerrel való ismerkedésre és a hálózatkezelésre is bevezető szinten. Kitérünk a Linux videó alrendszerére (V4L2), a hardver gyorsított kép- és videó feldolgozást támogató magas szintű megoldásokra (GStreamer, FFmpeg, OpenCV), valamint a párhuzamos végrehajtó egységek (grafikus processzorok, FPGA-k) programozási lehetőségeire (OpenCL, CUDA). Ismertetjük a komplex, heterogén System-on-Chip (SoC) megoldások jellemző felépítését (pl. TI AM3x/4x/5x/6x, NXP i.MXx, NVIDIA Jetson), az újrakonfigurálható SoC-k (pl. Xilinx MPSoC, Versal) architektúráját. Bemutatjuk az újrakonfigurálható hardverek szoftver környezetének kialakítását, valamint az egyedi, hardver gyorsított alkalmazásfejlesztés lehetőségeit.

2. A tantárgy tematikája

Beágyazott Linux bevezető, a Linux felépítése és platformjai (SoC, FPGA, stb.), SW végrehajtási modell és memória menedzsment (virtuális tárkezelés és annak következményei), perifériák kezelés lehetőségei és következményei Linuxban (user- és kernel-space).

Shell használta. Linux programok alapjai, parancssor és konfiguráció kezelése. Fájlrendszer és használata, beleértve /proc, /sys, stb. fájlrendszereket. Soros port (UART) használata programozott módon.

Ütemező, ütemező befolyásolása, valós-idejű ütemezés. Folyamatok és szálak használata és alkalmazásának a következményei. Eseményvezérelt programozás mintái (select, poll, epol). Rendszerindítás és folyamatmenedzsment alapjai (systemd és alternatívái).

Kölcsönös kizárás, kommunikáció és szinkronizáció Linux-ban. Megoldások közös memória esetén (folyamat kontextusában futó szálak között). Mutex, readers-writer lock, user-space spinlock, conditional variable és azok használata.

Folyamatok közötti kommunikáció (IPC) alacsony szinten és magas szinten (DBUS). Eseménykezelés, csővezetékek, folyamatok közötti osztott memória és annak ahasználata, file locking, DBUS alapok.

Beágyazott perifériák kezelésére alkalmas alrendszerek, rövid bevezetés a Device Tree-be. GPIO kezelése Linux-ban és a programozási modelleknek a hatása a teljesítményre. A/D és D/A kezelés, I2C, SPI és CAN kezelése Linux-ban, a kapcsolódó alrendszerek felépítése.

User-space driverek, USB kezelés és TUN/TAP felhasználói módban. Memóriába leképzett perifériák elérése felhasználói módban, előnyök és hátrányok. 8. Alacsony (socket) és magas szintű (HTTP, stb.) hálózatkezelés, köztes rétegek (Middleware).

Heterogén architektúra támogatása, feladatütemezés és kommunikáció külső HW gyorsítókkal (valós-idejű magok, AI gyorsítás, OpenCV gyorsítás példával, etc).

A Linux multimédia alrendszere: Video for Linux (V4L2). Multimédia keretrendszerek áttekintése: Gstreamer, FFmpeg.
SoC, fogalma, jellemző felépítése. Fix funkciós és programozható hardver egységek, ezek rendszerbe illesztése. GPU-k felépítése.
Heterogén rendszerek programozási modellje: OpenCL és CUDA.
FPGA alapú SoC eszközök jellemzői (Intel, Lattice, Xilinx). Processzoros alrendszer, programozható logika és egyéb rendszer elemek ismertetése. FPGA alapú gyorsítók magas szintű leírása: OpenCL és HLS.

III.5.2 Intelligens kommunikáció specializáció (HIT, HVT, TMIT)

A specializáció angol neve: Intelligent Communication

A specializáció célkitűzése:
Az Infokommunikációs rendszerek és hálózatok területén Magyarország komoly kutatói és fejlesztői potenciállal rendelkezik, számos nemzetközi nagyvállalat épített ki K+F és üzemeltetést végző központokat, ahol élvonalbeli, komplex munkalehetőséget biztosítanak a hazai mérnököknek.
A specializáción BSc diplomát szerző mérnökök a fenti multinacionális és hazai távközlési vállalatoknál, fejlesztő cégeknél, kutatóközpontokban helyezkedhetnek el, vagy új alkalmazásokat, megoldásokat fejleszthetnek a digitális környezet és a digitalizációs folyamatok, a V2X, a precíziós mezőgazdaság adatátviteli igényeinek, valamint az IoT rendszerek kommunikációs megoldásainak kiszolgálására.
A specializáció célja a hallgatók megismertetése a mobil kommunikációs hálózatok és rendszerek legújabb generációjával és a szoftverizált hálózati megoldásokkal, a multimédia alkalmazások és szolgáltatások nyújtásához szükséges best-practice esetek bemutatásán keresztül, hogy felkészítse a hallgatókat komplex infokommunikációs rendszerek és hálózatok tervezésére, megvalósítására és működtetésére. A specializációt választó hallgatók megismerkednek az aktuálisan alkalmazott és jövőbe mutató vezetékes és vezetéknélküli hozzáférési technológiák működési elveivel, a rendszerelemek szerepeivel és feladatainak részleteivel egészen a rádiós hálózatok tervezésének mélységéig. A specializáció a földi kommunikáción túl rendszerszintű áttekintést ad az űreszközök technológiájáról is.
A specializációt választó hallgatók mély ismereteket szereznek a korszerű médiakommunikációs technológiák, valamint hálózatok és szolgáltatások tervezésének és kivitelezésének területén, továbbá képessé válnak digitalizáción alapuló rendszerek megvalósítására és működtetésére új generációs vezeték nélküli és mobil hálózatokon. Az elsajátítható tudás jól alkalmazható a digitalizációban részt vevő, rendszerintegrációt végző, valamint tartalom és hálózatszolgáltatást nyújtó cégeknél is.

A specializáció ágazatai:

Ágazatok:	Tanszék:	Ágazatfelelős:
Multimédia- és mobil hálózati megoldások a gyakorlatban	HIT	Dr. Szabó Sándor
Nagyfrekvenciás rendszerek és alkalmazások	HVT	Dr. Seller Rudolf
Infokommunikációs rendszerek és hálózatok	TMIT	Dr. Orosz Péter

III.5.2.1 Multimédia- és mobil hálózati megoldások a gyakorlatban ágazat (HIT)

Internetes multimédia rendszerek
(VIHIAC08, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, HIT)
Ágazati főtantárgy

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy átfogó képet nyújt a korszerű médiakommunikációs rendszerek rendszertechnikai felépítéséről, a kódolási technikákról és a megvalósítható szolgáltatásokról, annak érdekében, hogy a hallgatók az egyes megoldásokat szakszerűen pozícionálni tudják, és tisztában legyenek azok alkalmazási lehetőségeivel és korlátaival. Az elsajátítható tudás jól alkalmazható tartalomszolgáltatást és hálózatszolgáltatást nyújtó, valamint rendszerintegrációt végző cégeknél.
A tantárgyat sikeres teljesítő hallgató képes lesz:
- megérteni az emberi látás és hallás korlátait, mely alapját képezi a kódolási eljárásoknak, képmegjelenítő- és audiórendszereknek,
- alkalmazni és elemezni a különböző audió- és videókódolási eljárásokat,
- alkalmazni és megfelelően beállítani az alap képrögzítő eszközöket,
- megérteni a DVB rendszerek és az IPTV szolgáltatás működését,

- megtervezni egy egyszerűbb média streaming szolgáltatást, a szükséges technológiai ismeretek elsajátítása után,
- bemutatni a médiaszolgáltatásokat támogató gépi tanulás lehetőségeit,
- bemutatni a mai és a jövőbe mutató médiaszolgáltatásokat.

2. A tantárgy tematikája

Média, multimédia fogalmak jelentése és fejlődésének története. Multimédia rendszerek általános felépítése és követelményei tárolás és átvitel esetén. Digitalizálás és jeltömörítés áttekintése. Bitsebesség-torzítás diagram bemutatása.

Audió-forráskódolás alapelvei. Hang mintavételezése és kvantálása. Prediktív-, transzformációs- és részsávos kódolók bemutatása. PCM, LPCM, kompanderes PCM, illetve MIDI audió kódolók áttekintése. MPEG-1 Audió Layer I kódoló és dekódoló sematikus felépítése, kódolás folyamata. MPEG-2 AAC újításainak áttekintése.

Audió rendszerek. Sztereó hangrögzítés technikák bemutatása. Dinamikus-, kondenzátor-, piezzo- és szénmikrofon működése. Sztereó és többcsatornás hangrendszerek (Dolby Stereo, Dolby Surround, Dolby Surround Pro Logic, Dolby 5.1) áttekintése.

Kép- és videó tömörítés. Kép- és videóminőség mérése MSE, PSNR és MOS módszerekkel. GIF87a, GIF89a, PNG és JPEG veszteségmentes képtömörítési eljárások bemutatása. JPEG DCT-alapú szekvenciális kódolás lépéseinek ismertetése. MPEG-1 Videó rétegszerkezete, képtípusok, makroblokk predikciós módszerek bemutatása. MPEG-1 videókódolás lépei. MPEG-2 Video, MPEG-4 AVC és HEVC újításainak áttekintése.

Képmegjelenítők. Színes kijelzők CIE, FCC és EBU alapszínei és megjeleníthető színtartományok. Kvázi spektrálszín fogalma. LCD, LED LCD, QLED, OLED, PDP, E-ink síkképernyős kijelzők működési elve. DLP-, LCD és lézerprojektor működésének ismertetése.

UHDTV szabvány és 3D kijelzőtípusok. Látómező és az emberi látás korlátjai. UHDTV szabvány (ITU-R Rec.2020) elemei: felbontás, színábrázolás, kiterjesztett színtér, HDR, képváltási frekvencia.

Digitális műsorszóró rendszerek. Hang műsorszóró rendszerek (FM sztereó, RDS, DAB) működésének ismertetése. Videó műsorszóró rendszerek (DVB-S, DVB-C, DVB-T) rendszerekkel szemben támasztott követelmények, moduláció módszerei, MPEG-2 TS felépítése. DVB S/C/T adók felépítése. 8. Médiatároló és elosztó rendszerek. Felhő (cloud) alapú megoldások alapelvei, típusai, szolgáltatási modellek, médiaszolgáltatások áttekintése. Content Delivery Network (CDN) médiatovábbítási alapelvei, működésének bemutatása. P2P streaming megoldások kihívásai, felépítése.

IPTV rendszer architektúra, működése. IPTV szolgáltatás hálózati követelményeinek áttekintése. Tipikus hibajelenségek bemutatása. IPTV alkalmazott protokolljai, multicast címzési mód ismertetése.

OTT szolgáltatások. Lineáris és nemlineáris médiafogyasztás jellemzői. Tartalomfogyasztási trendek. OTT szolgáltatási modell bemutatása, szolgáltatás minőségének korlátjai. Legismertebb OTT platformok áttekintése.

IP Multimedia Subsystem. IMS koncepció és célkitűzés összefoglalása. Rendszerarchitektúra elemeinek és funkciónak bemutatása. P/S/I-CSCF funkciók működése. IMS jelzésrendszere (SIP) áttekintése, kapcsolatmenedzsment folyamatok ismertetése. VoLTE szolgáltatások bemutatása.

Digitális jogkezelő rendszerek. AAA fogalmak ismertetése. DRM architektúra elemeinek funkciói. Ismertebb DRM technológiák áttekintése.

Multimédia alkalmazási területei. E-health, A/V kollaboráció, e-learning és smart environments szolgáltatások és jellemzőinek áttekintése.

Hálózati multimédia megoldások a gyakorlatban laboratórium

(VIHIAC09, 6. szemeszter, 0/0/3/f/5 kredit, HIT)

Ágazati laboratórium

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy célja a specializáció ágazati főtárgyban (Internetes multimédia rendszerek) megszerzett elméleti ismeretek kiegészítése, alátámasztása gyakorlati ismeretekkel és elmélyítése laboratóriumi

mérések elvégzésével. A tantárgy célkitűzése, hogy a hallgatók a gyakorlat szintjén megértsék (megértés szint: magyarázatok, összefüggések ismerete, esetek felismerése, besorolása) az alapvető multimédia rendszerekkel kapcsolatos eszközök működését és hatékony alkalmazásuk feltételeit. A tantárgy alkalmazás szinten (alkalmazás szint: problémamegoldás ismeretek alkalmazásával, példák, feladatok önálló megoldása) oktatja az alapvető médiarendszerek üzemeltetési és fejlesztési feladatainak elvégzésére szolgáló eszközök megoldásorientált alkalmazását.

2. A tantárgy tematikája

Digitális képrögzítés

Digitális fényképezés és videózás műszaki alapjainak (objektívek, szenzorok) és a kapcsolódó fogalmak (záridő, fókusztávolság, mélységélesség) megismerése és gyakorlati alkalmazása.

Digitális képkódolási eljárások

Képkódolási eljárások gyakorlati alkalmazása. Veszteséges és veszteségmentes tömörítés. Kódolási paraméterek (bitmélység) képminőségre gyakorolt hatása. JPEG (Joint Photographics Experts Group) tömörítés.

Multimédia streaming alkalmazás fejlesztése (WebRTC)

WebRTC szolgáltatás fejlesztése. HTML és JavaScript kódok szerkesztése üzenet és stream átvitel megvalósításához böngészőben. Többszereplős hívás megvalósítása.

HTTP videó streaming

HTTP Live Streaming (HLS) technológia alkalmazása. Médiatartalom előkészítése, átkódolása és szükséges manifest fájl (.m3u8) létrehozása. Szerver oldali HTML kód szerkesztése és a médiatartalom lejátszást megvalósító weboldal megvalósítása. Adaptív HTTP streaming vizsgálata.

Médiatartalom ajánló rendszerek

Gépi tanulás alapú ajánlórendszer fejlesztése Python környezetben. Film és felhasználói adatbázis alapján filmajánló eljárás implementálása, modell betanítása és tesztelése.

Médiakreálás

Egy 3 perces videó elkészítése az előírt követelményrendszer alapján (vágás, effektek, animáció, felirat, hangsávok), melyek értékelése és kielemzése közösen történik.

Hangstúdió-technikai ismeretek

Alapfogalmak (hangkeltés, -érzékelés, hangerő, frekvencia-, dinamikatartomány), hangstúdió alapismeretek (felvételi-, technikai helyiség, rendszertechnika), a hangkeverés alapjainak (felvételi, keverési technikák, effektezés hangszínszabályozás) elsajátítása.

Mozgóképtömörítési eljárások vizsgálata

MPEG videótömörítési eljárás vizsgálata Matlab környezetben. I/P/B-kép kódolás és dekódolás, mozgásvektor predikció, RGB-YCrCb színtér váltás megvalósítása.

Veszteséges audiotömörítési eljárások vizsgálata

Kvantálás hatásának vizsgálata, frekvenciatartománybeli maszkolás, hangfelvételek transzformációs kódolásának, illetve időtartománybeli hatások elemzése Matlab környezetben.

III.5.2.2 Nagyfrekvenciás rendszerek és alkalmazások ágazat (HVT)

Nagyfrekvenciás rendszerek

(VIHVAC08, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, HVT)

Ágazati főtantárgy

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy a korszerű telekommunikációs és távérzékelő rendszerek rendszerszintű megismerését tűzi ki célként. A rendszerek leírása után a rendszerelemek szerepét és feladatait részletezi egészen a tervezés mélységéig. Foglalkozunk a rádiós rendszerek főbb funkcionális elemeivel: adó, vevő, antenna, rádiócsatorna. Részletesen foglalkozunk a modulációk, azon belül a kiterjesztett spektrumú moduláció elméletével és gyakorlatával. Foglalkozunk a zaj rendszerekben történő leírásával és a tervezésnél

betöltött szerepével. A hallgatók megismerkednek az EM távérzékelés alapjaival, melyeket napjainkra számos területen alkalmaznak: légiforgalmi irányítás, jármű ütközés elhárítás, geodéziai, térképészeti alkalmazások stb.
A hálózatok általános tárgyalása után a tantárgy bemutatja a különféle alkalmazásokat: földi pont-pont mikrohullámú összeköttetések, különféle radar rendszerek (PSR, SSR, PET, PCL), műholdas távközlő rendszerek, műholdas helymeghatározó és navigációs rendszerek, műholdas távérzékelési rendszerek.
A hallgatók a tantárgy keretében készség szintű ismereteket szereznek a vezetékes és vezeték nélküli rendszerek, mikrohullámú rendszerelemek méretezése és alkalmazása területén. A tantárgy hallgatói tisztában lesznek a rádióhálózatok és a távérzékelő rendszerek alapvető működésével és felépítésével, továbbá képesek lesznek ezen rendszerek alapvető elemeit megtervezni.

2. A tantárgy tematikája

Általános alapismeretek
A kommunikációs és a mérőrendszerek felosztása. Az alkalmazott rádióspektrum és azok jellegzetességeinek ismertetése. ITU spektrum felosztás ismertetése. Antennák funkciói és alapfogalmai. EM hullámterjedési alapok.

Sztochasztikus folyamatok, zaj leírása
Zaj eredete, Planck sugárzási törvénye, GWN és leírása. Zajtényező, redukált zajhőmérséklet. Antennák ekvivalens zajhőmérséklete. Láncba kapcsolt blokkok eredő zajtényezője. Csillapító zajtényezője, LNA.

Pont-pont összeköttetés jellemzése
Pont-pont összeköttetés elemeinek vizsgálata, leíró paraméterek meghatározása. Vevő érzékenység értelmezése. Összeköttetési lánc méretezése. Vevő dinamika értelmezése.

Optimális vevő
Ismert jel keresése zajban, optimális vevő jelfeldolgozás. Illesztett szűrő levezetése. Korrelációs vevő értelmezése. Kiterjesztett spektrumú moduláció és kapcsolata az impulzuskompresszióval. Szimulációk bemutatása.

Antennarendszerek
Antennarendszerek szerepe a korszerű távközlési és távérzékelési rendszerekben. Antennarendszerek leírása. Antennarendszerek funkciói. Elektronikus nyalábformálás és pásztázás. Szimulációk bemutatása.

Adaptív interferenciaszűrés
Interferenciák és jammerek jellemzése. Antennarendszerrel megvalósítható interferencia és jammer szűrési módszerek a távközlésben és a távérzékelésben. MSINR módszer részletes ismertetése. Szimulációk bemutatása.

Iránymérés
Konvencionális iránybecslés és kapcsolata a spektrumbecsléssel. CAPON adaptív iránybecslés részletes bemutatása. MEM iránymérés elvének bemutatása. Antenna realizációk, MRA (Minimum Redundancy Array) elrendezések és elemzésük. Szimulációk bemutatása.

Radar mérés alapjai
Radar mérés alapelve. Radar frekvenciák és alkalmazhatósági területeik. Radar alapegyenlet levezetése. Objektum mérhető paramétereinek levezetése. Doppler effektus. Céltárgy fluktuáció hatása. Céltárgy klasszifikáció alapjai.

Radar kategóriák
PSR (Primary Surveillance Radar) részletes bemutatása. PSR alapegyenlet levezetése. MTD szűrési rendszerek bemutatása. SSR (Secondary Surveillance Radar) részletes bemutatása. SSR alapegyenlet levezetése. Működési üzemmódok tárgyalása. SSR hibák ismertetése.

Passzív radar
PET (passive emitter tracking) radar elméletének ismertetése. PET mérési minőségének elemzése. PCL (Passive Coherent Location) radarok elméletének ismertetése. PCL illuminátorok bemutatása és elemzése. PCL mérési minőségének elemzése.

Képalkotó radarok
SLAR (Side Looking Airborne Radar) képalkotási elvének bemutatása. Kép minőségi paramétereinek a levezetése. Képalkotási problémák, torzítások bemutatása. SLAR alapegyenlet. SAR (Synthetic Aperture

Radar) fókuszálási elvének ismertetése, fókuszálás egyenleteinek a levezetése. SAR üzemmódjainak ismertetése. Interferometrikus SAR elvének bemutatása.
Rádiócsillagászat alapjai
Rádiócsillagászat alapjai. Kvazárok és pulzárok rádiófrekvenciás sugárzása. Rádió interferometria elmélete. VLBI rendszer (Very-Long-Baseline Interferometry) működési elvének bemutatása. VLBI alkalmazások ismertetése.

Nagyfrekvenciás rendszerek és alkalmazások laboratórium
(VIHVAC09, 6. szemeszter, 0/0/3/f/5 kredit, HVT)
Ágazati laboratórium

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja a Nagyfrekvenciás rendszerek tantárgyban elsajátított elméleti ismeretek alátámasztása és kiegészítése gyakorlati ismeretekkel, számítási és mérési feladatok megoldása révén.
2. A tantárgy tematikája
BTO: Az első – egy órás - laborfoglalkozás alkalmával a félévközi teendők és a laborbeosztás megbeszélésén túl a hallgatók baleset- és tűzvédelmi oktatáson vesznek részt, amit a jelenléti ív aláírásával igazolnak.
EPH: Csőtápvonalas mérések elosztott paraméterű hálózat demonstrálására, haladó és reflektált hullám, eredő térerősség eloszlás; feszültség reflexiótényező, állóhullámarány definiálása és mérése.
ANT: Antenna mérőszoba bemutatása. Antennás alapfogalmak gyakorlati megerősítése, bemeneti impedancia, nyereség, iránykarakterisztika mérése.
MH: CUBESAT típusú piko-műholdak napelemes energiaellátó rendszerének vizsgálata, napelemtábla U/I/P karakterisztikája, napelem illesztő áramkör /MPPT/ követési és teljesítményátviteli hatásfoka, energia tárolás, napelem illesztés stb.
LMP: Műholdfedélzeti plazmadiagnosztikai műszer hardverelemeinek tesztelése, valamint a komplett berendezés funkcionális vizsgálata, az adatforgalom és a CAN busz működésének elemzése.
FSK: ISM sávokban működő FSK átviteltechnikai rendszer jellemző tulajdonságainak vizsgálata, tipikus áramköri megoldások tanulmányozása kétchipes (adó és vevő) áramkörökön, a használatos antennatípusok áttekintése.
RMD: Aktív radarral mikro-Doppleres mérések végzése és kiértékelése. A vizsgálandó objektumok: sárkánygép, sétáló ember, drón. A kiértékelés során az egyes mozgások főbb paramétereinek a meghatározása.
KSM: Kiterjesztett spektrumú modulációk szimulációs vizsgálata, majd ugyanezen modulációk és a hozzájuk tartozó illesztett szűrők mérése. Modulációk: BPSK és QPSK.
DBF: Antenna digitális nyalábformálás mérés. Vevő antenna sor mérés. Első lépésként adott meghatározzuk adott irányokba néző antenna karakterisztikákhoz a h vektorokat, majd ezt szimulációval ellenőrizzük. Végül a méréshez rendelkezésre álló antennasort felprogramozzuk a h vektorokkal és méréssel ellenőrizzük az iránykarakterisztikákat.
CsM: Mobil rádiócsatorna szimulációs vizsgálata MATLAB környezetben; csatornamodellek a különféle zajok és fadingek hatásának kezelésére mozgó vételi pont esetén. Időjárási paraméterek hatása a hullámterjedésre; a hallgatók a V1/215 labor kutatócsoportjának közreműködésével üzemeltetett mikrohullámú összeköttetések időjárási és szakaszcsillapítási adatai alapján elemzik a légköri meteorológiai jelenségek hatását a rádióösszeköttetésekben.

III.5.2.3 Infokommunikációs rendszerek és hálózatok ágazat (TMIT)

Hálózati technológiák és alkalmazások
(VITMAC09, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, TMIT)
Ágazati főtantárgy

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célkitűzése egyfelől megismertetni a hallgatókat a különböző aktuálisan használt és jövőbe mutató vezetékes hozzáférési technológiák működési elveivel, leginkább az adatkapcsolati rétegre koncentrálva. Másfelől cél a hálózati rétegbeli kommunikáció alapelveinek bemutatása, mind a vezetékes, mind a vezeték nélküli hálózatokra kiterjedően, különös hangsúlyt fektetve az útvonalválasztási algoritmusokra, illetve a csoportos kommunikációra (multicast). Végül cél a szállítási rétegbeli legismertebb protokollok bemutatása is, illetve kitekintést nyújtani a kommunikációs hálózatok jövőbeli fejlődési irányaira.
A tantárgyat sikeresen teljesítő hallgató képes lesz:
- összehasonlítani különböző vezetékes hozzáférési technológiákat, műszaki és gazdasági szempontból;
- megérteni a különböző útválasztási algoritmusok működési alapelveit;
- megérteni a csoportos kommunikáció céljait és megvalósítási lehetőségeit, különböző rétegekben;
- megérteni a legismertebb szállítási rétegbeli protokollok működését.

2. A tantárgy tematikája
Vezetékes hozzáférési hálózati technológiák
Általános bevezető. Mi a szerepe egy hozzáférési hálózatnak. Különböző DSL megoldások: ADSL(2+), VDSL(2), G-Fast.
Kábelnet
Architektúra, spektrumkiosztás, versenyhelyzetes feltöltés szabályozása, szolgáltatásminőség biztosítása. Szabványosítás. DOCSIS (1.0 – 4.0).
Ethernet
Működési elvek. Keretformátum. Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, Bridging, VLAN. Ethernet szolgáltatások, Metro Ethernet.
Spanning Tree Protocol
STP működése, előnyei és hátrányai. RSTP, MSTP, Shortest Path Bridging (SPB).
Optikai hálózatok
Többmódusú és egymódúsú optikai szálak. FTTC, FTTH, passzív és aktív architektúra, TDM-PON, WDM-PON.
Kommunikáció a hálózati rétegben
IPv4 címzés, subnetting, virtuális magánhálózatok. Együttműködés az L2/L3 rétegek között.
IPv6
IPv6 címzés, fejlécek, IPv4-IPv6 áttérési stratégiák – dupla verem, alagutazás, fordítók. 8. Útvonalválasztás Tartományokon belüli útvonalválasztás. Távolság-vektor alapú (RIP). kapcsolat-állapot alapú (OSPF). Tartományok közötti útvonalválasztás. A BGP protokoll. Az MPLS protokoll.
Csoportos kommunikáció
Csoportos kommunikáció előnyei a hálózati rétegben. IP Multicast. Csoportmenedzsment protokollok (IGMP, MLD).
Multicast útválasztó protokollok
DVMRP, MOSPF, PIM-SM, PIM-DM. IP Multicast vs Applications Layer Multicast – előnyök, hátrányok.
A szállítási réteg
A TCP protokoll működése, csomagformátum. Megbízható átvitel, torlódás-vezérlés.
TCP és UDP
Különböző TCP változatok. Az UDP protokoll és alkalmazásai.
Kitekintés a kommunikációs hálózatok fejlődési irányaira

Time Sensitive Networking (TSN), Software Defined Networking (SDN), felhő kommunikáció, tárgyak internete stb.

Infokommunikációs technológiák és alkalmazások laboratórium
(VITMAC10, 6. szemeszter, 0/0/3/f/5 kredit, TMIT)
Ágazati laboratórium

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy elvégzése során a hallgatók a gyakorlatban is megismerhetik a helyhez kötött és mobil szélessávú hálózatok működését és vizsgálati módszereit. Az egyes laboratóriumi mérések témakörei lefedik az infokommunikációs hálózatok valamennyi rétegét, illetve a vizsgálati eszközök között előkerülnek szoftveresek és hardveresek egyaránt. Az egyes témakörök feldolgozása során kiemelt hangsúlyt kap az, hogy az alsóbb rétegek mérhető jellemzői, a rétegekben zajló folyamatok milyen hatással vannak az alkalmazási rétegre és szolgáltatások felhasználó által tapasztalható minőségére.
2. A tantárgy tematikája
Linux hálózati alapozó
A mérésen a hallgatók megismerkednek egy tipikus Linux rendszer parancssori felületével. A munka során áttekintik a fájlkezelést, jogosultságszabályzást és megtanulják a hálózati kapcsolatok beállítását. Megismerik továbbá a legfontosabb parancssori eszközöket, a csővezetékezést és az alapszintű script programozást.
Programfejlesztő eszközök
A mérés során a hallgató elsajátítja a hardverközeli, alacsony szintű programfejlesztés eszközeit. Megismeri a fordításhoz használt GNU eszközláncot, és egy egyszerű de moduláris program előállításához szükséges technológiai láncot. Sor kerül az elkészült szoftver szerkezetének statikus, illetve futás közbeni dinamikus vizsgálatára is. A hallgató egy kommunikációs modul illesztésén keresztül megismeri a beágyazott rendszerek moduljainak fejlesztését.
Hálózati forgalomelemzés
A hallgatók megismerkednek a hálózat-monitorozó (WireShark, tcpdump) eszközök használatával és élő forgalmi minták rögzítése során betekintést nyernek a forgalomvizsgálatba és a protokollok elemzésébe.
Mérések lokális számítógéphálózaton
Az alapozó mérés magába foglalja egy helyi hálózat Ethernet szegmenseinek fizikai rétegbeli oszcilloszkópos vizsgálatát. A ráépülő mérés során a hallgatók menedzselt eszközök vagy hálózatszimulátor segítségével alhálózatokat konfigurálnak, ahol a már tanult eszközökkel megfigyelik a konfigurációs és menedzsment forgalmat.
GPON hálózatok és a 3play szolgáltatás
A mérés célja, hogy megismertesse a hallgatókat a laboratórium G-PON hálózatának felépítésével és működtetésével a mérési utasításban megadott feladatsor végrehajtásán keresztül, amely egy minimális 3Play (gyors internet, telefónia, televízió) szolgáltatást hivatott kiépíteni az előfizetői oldal számára.
LTE hálózat konfigurációja
A mérés során a hallgatók megismerkednek az LTE mobil távközlő hálózat elemeivel és a berendezések közötti távközlési interfészekkel. A telepített teszthálózaton elsajátítják az üzembe helyezés és konfiguráció lépéseit. A jelzés- és a felhasználói csatorna vizsgálatával megismerkednek a végberendezés és a hálózat közötti távközlési protokollok alapvető procedúráival.
Voice over IP szolgáltatás felépítése
A mérés során a hallgatók megismerkednek a VoIP hálózatok tipikus építőelemeivel, a VoIP kapcsolatok vezérlésével, beszédkódoló típusokkal, átjárókkal. A mérőcsoportok egy VoIP mintahálózatot építenek fel és konfigurálnak, méréseket végeznek a VoIP hálózaton átvitt beszélgetéseken.
Médiakódolás és átvitel
A mérés célja, hogy mozgókép- és hangkódolási eljárások segítségével megismertesse a hallgatókat a QoS és QoE fogalmakkal. A mérés keretében többféle mozgókép- és hangkódolót vizsgálnak meg és megfigyelik a kódolás paraméterei közötti összefüggéseket, a tipikus kódolási hatásokat. A mérés

második felében videó és hang folyamok átvitelét vizsgálják a hálózati elemek és más forgalmak hatásainak kitéve. Megtanulják miként működnek a hálózati eszközökön beállítható QoS paraméterek.
FPGA-alapú hálózati eszközfejlesztés
A mérés során a hallgatók betekintést kapnak az FPGA alapú eszközök működésébe, és bemutatásra kerül néhány olyan probléma, melyeket ilyen eszközökkel viszonylag egyszerűen meg lehet oldani. Az IP hálózatokban számos olyan feladat merül fel, amelyeket nagyobb adatsebességek esetén szoftveresen már nem tudunk hatékonyan kezelni, azonban célhardverekkel, vagy programozható hardver-áramkörök segítségével egyszerűen áthidalhatók.
Szolgáltatásminőség mérése és szabályozása
A mérés folyamán a hallgatók elsajátítanak olyan vizsgálati módszereket, amelyek segítségével az internet-összeköttetés szolgáltatásminőségét mérni lehet és ebből a hálózati forgalmat generáló alkalmazások érzeti minőségére következtethetünk. A mérés második részében a Linux hálózatemuláció és forgalomszabályozás eszközeit mutatjuk be.

III.5.2.4 A specializáció további tantárgyai

Mobil kommunikációs hálózatok és alkalmazásaik
(VIHIAC10, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, HIT)
Specializáció tantárgy

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja, hogy a hallgatók számára gyakorlati megközelítésben bemutassa a napjainkban legelterjedtebb korszerű 5G mobil- és vezetéknélküli hálózatok és rendszerek működését és alkalmazási lehetőségeit a digitalizációs folyamatban. A tantárgy célja továbbá a mobil és rádiós technológiák gyakorlati alkalmazási lehetőségeinek ismertetése az Internet of Things (IoT), “Vehicle-to-everything" (V2X) okos város, ipar 4.0 és az agrárdigitalizáció területeken. Az ötödik generációs mobilhálózat és vezetéknélküli hálózatok, szenzorhálózatok méretezéséhez, üzemeltetéséhez szükséges alapvető ismereteket átadása, valamint alapvető rádiós és vezetéknélküli kommunikációs megoldások és ezek lehetőségeinek, használati módjainak bemutatása konkrét példákon keresztül történik.
A tantárgyat sikeresen teljesítő hallgató képes lesz:
- mobil és vezetéknélküli hálózatok üzemeltetéséhez szükséges gyakorlati tudásanyag elsajátítására és alkalmazására,
- a mobil és rádiós technológiák gyakorlatközpontú alkalmazására, megfelelő kommunikációs technológia kiválasztására,
- összehasonlítani különböző vezetéknélküli hozzáférési technológiákat, műszaki és költséghatékonysági szempontból,
- értelmezni és alkalmazni a tantárgyban előkerülő fogalmakat és ismereteket; a későbbi tanulmányok során felismerni azokat a helyzeteket és problémákat, ahol a tantárgyban tanult ismeretek szerephez jutnak és sikerrel alkalmazni a tanultakat,
- átlátni a vezetéknélküli és mobil hálózatok működését az fizikai rétegtől az alkalmazási rétegig.

2. A tantárgy tematikája
Mobil rendszerek áttekintése, fejlődése 2G/3G tömör bemutatása.
2G/3G hálózati architektúra, főbb jellemzők; bázisállomás evolúció (röviden bemutatni a főbb változásokat, elosztott bázisállomás, felhő RAN).
Mobilhálózati alapfogalmak: hullámterjedés, cellás elv, modulációk.
4G LTE rendszerek felépítése, működése, hálózati szolgáltatások és elvek, rádiós interfész bemutatása.
5G rendszerek felépítése, működése, hálózati szolgáltatások és elvek, rádiós interfész bemutatása.
Fejlett 5G hálózati megoldások, numerológia; massive MIMO, nyalábformálás.
5G rendszerek műholdas kiterjesztése, űrinternet, kitekintés a 6G rendszerekre.
WIFI 4,5, 6, 6E hálózatok.

Kisfogyasztású szenzorhálózati kommunikációs technológiák ismertetése: Bluetooth, Zigbee, Lora, NB IoT.
A mobil és rádiós technológiák gyakorlati alkalmazási területeinek bemutatása: Internet of Things (IoT) - tipikus IoT alkalmazási területek, célok - massive IoT / mission critical IoT különbségek, edge/cloud/fog computing megközelítés, ezek támogatása a mobil hálózati architektúrában - néhány konkrét példa ismertetése ipari együttműködések, pályázatok és projektek alapján.
Járműkommunikáció, Vehicle-to-everything (V2X) - kommunikációs protokollok: 802.11p, 802.11bd, C-V2X (LTE és 5G NR Sidelink) - különféle szcenáriók bemutatása - day 1, day 2, … use cases.
Okos város és Ipar 4.0 - alkalmazási lehetőségek: okosparkolás, okosalmérők, levegőminőség monitorozása, okos hulladékgazdálkodás, okos-közvilágítás, okos közlekedés stb. - nagy területet lefedő, kisfogyasztású szenzorhálózati kommunikációs megoldások összehasonlítása az 5G alapú megközelítéssel - okos gyár kommunikációs szcenárió, gyártáslogisztika támogatása, beltéri pozícionálás, követés, azonosítás - konkrét példák ismertetése ipari együttműködések, pályázatok és projektek alapján.
Agrárdigitalizáció - monitoringrendszerek a mezőgazdasági termelésben - növénytermesztés: mit mérhetünk, mivel mérhetjük, kommunikációs igények - állattenyésztés: az állatok fejlődésének és egészségének monitorozására szolgáló megoldások és kommunikációs elvárásaik a mobilhálózatokkal szemben - hálózatok kiterjesztése MESH technológiával, különböző technológiák integrációja, gyártófüggő és nyílt megoldások együttműködése - néhány konkrét példa ismertetése ipari együttműködések, pályázatok és projektek alapján.

Űrtechnológia

(VIHVAC10, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, HVT)
Specializáció tantárgy

1. A tantárgy célkitűzése

A tantárgy áttekintést nyújt a hallgatók számára azokról a mérnöki ismeretekről, amelyek a világűrben alkalmazásra kerülő elektronikus eszközök tervezéséhez, konstrukciójához, teszteléséhez és üzemeltetéséhez kapcsolódnak. Az itt tanultak mindamellett jól hasznosíthatók a nagy megbízhatóságú, szélsőséges körülmények között üzemelő földi berendezések tervezése során is. Bemutatjuk a nagyobb űrberendezések, mint a mesterséges holdak, űrszondák rendszerszintű megvalósításának koncepcióit és módszereit, majd a kisebb részegységek kérdéseivel foglalkozunk. A műholdas kommunikáció elméleti és gyakorlati megvalósítása, a nagy megbízhatóságú elektronikák tervezési és alkatrész választási problémái, az interplanetáris tér és a radioaktív sugárzás hatásai, az űrkörnyezetbeli konstrukciós követelmények és számos, az űrtechnológiával kapcsolatos analóg és digitális áramkör tervezési probléma kerül ismertetésre. Az előadásokon hallottakat a gyakorlati órák mélyítik el egyrészt komplex feladatok áttekintésével, másrészt egy-egy kisebb részegység tervezésén, megépítésén és dokumentálási folyamatán keresztül is. A hallgatók megismerhetnek számos, a korábbi űrkutatási tevékenység során kifejlesztett berendezést, továbbá a fejlesztés során használt műszereket, speciális tesztelő-berendezéseket a gyakorlati használat során is láthatják.

2. A tantárgy tematikája

Magyarországi űrkutatási műhelyek múltja és jelene; történeti áttekintés és napjaink kutatóhelyei. Mesterséges holdak és űrszondák fontosabb alapegységei és payloadok.
Űreszközök pályái, kommunikációs problémák, telemetria rendszerek. Pályaszámításhoz szükséges adatok, TLE és OEM formátumok. Pályaszámító programok.
Alkatrészek kiválasztásának elvei űreszközök esetében. Az ESA által közreadott, támogatott alkatrészek dokumentuma.
Műholdas kommunikáció, hullámterjedés. Antennák, atmoszférikus jelenségek. Szabadtéri csillapítás, különféle csapadéktípusok okozta jelenségek, légköri gázok és felhőzet hatásai. ITU modellek.
A földi vevőállomás felépítése, feladatai. Adatátvitel a földi állomásra, link budget számítás. A kiszajú előerősítő jelentősége, zajtényező, jósági viszony, zajhőmérséklet fogalmai.

Digitális áramkörök űrbeli alkalmazása. A fedélzeti számítógép feladatai űreszközökön. Központi mérés-adatgyűjtő rendszerek. Mikroprocesszorok, mikrokontrollerek, memóriatípusok. Logikai és programozható logikai áramkörök.
A fedélzeti energiaellátás kérdései; energia egyensúly, architektúrák. Az energia előállítása, konverziója és szétosztása. Az energiabusz védelme.
Űreszközök energiaforrásai. Műholdfedélzeti energiatárolás és generálás. Telepek, akkumulátorok. Akkumulátortöltés/kisütés. MPPT szabályzás.
Tartalékolás és megbízhatósági kérdések; minőségbiztosítás. Hideg és melegtartalékolás. Elektronikus alkatrészek űrminősítésű tervezéshez. Egy pont meghibásodásra való tervezés.
Konstrukciós megfontolások, termikus és mechanikus igénybevétel, tesztelés. Anyagválasztás és mechanikai szerkezetek űreszközökben.
Nap Föld fizikai kapcsolatok: a lökéshullám fizikája. Az űridőjárás és a modern civilizáció. Az űridőjárás hatásai. Földi kéregáramok.
Az űr-projektek szervezésének folyamata az ESA "műhelyekben". Az ESA oktatási programjai. Hallgatói részvételi lehetőségek nemzetközi űr-programokban.
Űr-méréstechnika: felszíni és műholdakon végzett mérések. Természetes és mesterséges forrásokkal végzett kísérletek földi és műholdas környezetben.
Ázsiai űrkutatási koncepciók (India, Kína, Korea).

IoT kommunikáció

(VITMAC11, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, TMIT)
Specializáció tantárgy

1. A tantárgy célkitűzése

Az IoT (Internet of Things - Tárgyak Internete) rendszerek esetében alapvető követelmény, hogy a tárgyak valóban tudjanak az Internetre csatlakozni. A tárgyak egy része erőforrásban korlátozott, így a kommunikáció során előtérbe kerülnek az energiahatékony, rövid és hosszú távú rádiós megoldások. Az internetes adatátvitel és feldolgozás során a klasszikus kliens/szerver kapcsolat helyett a hirdetés/feliratkozás modell bizonyul hatékonynak. A tantárgy célkitűzése, hogy a hallgatók gyakorlati problémák megoldásán keresztül, valós IoT eszközök felhasználásával megismerjék és elsajátítsák az IoT eszközök kommunikációjának alapjait.

2. A tantárgy tematikája

Bevezetés: A tárgyak internetének világa (IoT), trendek az IoT világában. Az IoT megjelenése az okos városokban, intelligens otthonokban, iparban és mezőgazdaságban. Az IoT és a M2M (Machine-to-Machine) viszonya. IoT hálózati architektúrák. Szenzorhálózatok evolúciója az IoT területen.
Kommunikáció beágyazott rendszerekben. SPI (Serial Peripheral Interface), I2C (Inter-Integrated Circuit), RS-232, RS-422 és RS-485 szinkron és aszinkron kommunikáció.
Egy és többugrásos kommunikáció az IoT esetében. Adat aggregáció. Lokalizáció és nyomonkövetés.
Ipari IoT kommunikációs megoldások. Ipari vezetékes kommunikációs protokollok. IoT szabványok.
Alacsony fogyasztású, rövid hatótávolságú rádiókommunikációs megoldások. Az IEEE 802.15.4 protokoll. Bluetooth LE protokoll rétegeinek bemutatása.
6LoWPAN, ZigBee, ANT+ protokollok ismertetése. Mesh hálózatok. Széles körben elterjedt rádiós modulok bemutatása.
Alacsony fogyasztású, nagy hatótávolságú rádiókommunikációs megoldások. A SigFox és a LoRa protokollok. A LoRaWAN (Low Power Wide Area Network) hálózat felépítése és működése.
NB-IoT (Narrow-Band IoT) és LTE-M (Long-Term Evolution - Machine-Type Communication), a mobil szolgáltatók megoldása. 5G és IoT.
Mérési adatok szállítása az Interneten. Szerver/kliens modell az IoT kommunikációban. A CoAP (Constrained Application Protocol). Üzenetek irányítása, szűrés, terheléskiegyenlítés a hirdetés/feliratkozás megoldások esetén.

Hirdetés/feliratkozás modellek az IoT kommunikációban. Az MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) és XMPP (Extensible Messaging and Presence Protocol) protokollok. Üzenetek irányítása, szűrés, terheléskiegyenlítés a hirdetés/feliratkozás megoldások esetén.
IoT a felhőben. Különböző IoT felhő platformok és kapcsolódásuk a fizikai szenzorokhoz. HTTP REST (Representational State Transfer) alapú kommunikáció az IoT platformokhoz.
IoT platformok felépítése, felhasználók, alkalmazások és adatok kezelése. Kommunikáció különböző platformok és komponensek között. IoT adatok tárolása és elemzése.
Esettanulmányok bemutatása: Okos város parkolási rendszerek / kis és nagy hatótávolságú rádiók együttműködése. Intelligens otthon tervezése / különböző IoT protokollok integrálása. Intelligens sportpályák / az adatok útja a sporteszköztől a megjelenítőig.
Újdonságok és a közeljövő IoT megoldásai.

III.5.3 Mikroelektronikai hardvertervezés és integráció spec. (EET, ETT)

A specializáció angol neve: Microelectronic Hardware Design and Integration

A specializáció célkitűzése:
Az elektronikai ipar több évtizedes múltra tekint vissza Magyarországon. Az elektronikai- és mikroelektronikai hardvertervezéssel, gyártással, valamint a részegységek több szinten értelmezett integrálásával és minősítésével foglalkozó vállalatok száma rohamosan gyarapszik nemzetközi szinten is. A hazai szereplők magas szintű, komplex munkalehetőséget biztosítanak, és világszínvonalú tevékenységükkel jelentős részét képezik a nemzetgazdaságnak.
A specializáción BSc diplomát szerző mérnökök multinacionális és hazai elektronikai vállalatoknál, illetve tervező cégeknél, kutatóközpontokban helyezkedhetnek el, vagy kisvállalkozási formában áramkörtervezői, fejlesztői és szolgáltató tevékenységet végezhetnek.
A specializáció kompetenciákat biztosít a mikroelektronikai eszközök (integrált áramkörök, érzékelők, integrált mikrorendszerek), valamint az elektronikai egységek (nyomtatott huzalozású lemez alapú áramkörök, részegységek, készülékek) tervezési módszerei, prototipizálási lehetőségei, előállítási technológiái és annak minőségbiztosítása területén. A specializáción belül a „mikroelektronikai tervezés és integráció” ágazat hallgatói a mikroelektronikai áramkörök és eszközök, az „elektronikai hardvertervezés és integráció” ágazat hallgatói pedig az elektronikus áramkörök és készülékek tervezéséhez, megvalósításához és validációjához szerezhetnek mélyebb elméleti és gyakorlati ismereteket. A specializáció hallgatói széleskörű nemzetközi és hazai kooperációban végzett munkákhoz kapcsolódhatnak.
A specializáció választását kiemelten javasoljuk mindazon hallgatóinknak, akik nem csak azt szeretnék tudni, hogy mi van a “doboz belsejében”, hanem abban is jártasságot szeretnének szerezni, hogy hogyan kell azt megvalósítani! A specializáció fókuszában a hardverközpontú szemlélet kialakítása áll.

A specializáció ágazatai:

Ágazatok:	Tanszék:	Ágazatfelelős:
Mikroelektronikai tervezés és integráció	EET	Dr. Bognár György
Elektronikai hardvertervezés és integráció	ETT	Dr. Krammer Olivér

III.5.3.1 Mikroelektronikai tervezés és integráció ágazat (EET)

Alkalmazott félvezetőtechnológia
(VIEEAC04, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, EET)
Ágazati főtantárgy

1. A tantárgy célkitűzése
Az Alkalmazott félvezetőtechnológia tantárgy keretében a hallgatók megismerkednek az félvezető alapú elektronikai alkatrészek és integrált áramkörök előállításának alapelveivel, gyártási technológiájával és gyakorlati alkalmazásával. A tantárgy főként az alaptantervben szereplő „Mikroelektronika”, „Elektronikai Technológia” és „Elektronikai anyagtudomány” c. tantárgyak ismereteire épülve ad átfogó képet a korszerű félvezető eszközök szerteágazó területéről.
A félvezető eszközök, élen az integrált áramkörökkel és a MEMS alapú érzékelőkkel mai világunk legösszetettebb mérnöki alkotásai közé tartoznak. Nem csak tervezésük, de előállításuk és tömeggyártásuk is komplex feladat, amely komoly szakmai felkészültséget, rendszerben való gondolkodást, valamint interdiszciplináris tudást és szemléletmódot igényel. A tantárgy egyik fontos célkitűzése, hogy kialakítsa a hallgatókban azt a szemléletet, amellyel képesek a soklépcsős előállítási folyamatokat összességében és ezzel párhuzamosan részleteiben is áttekinteni, ami kulcsfontosságú a felhasználói igényeknek megfelelő, korszerű félvezető eszközök készítésénél. A tantárgy második fő célkitűzése a félvezető eszközök alkalmazástechnikájának, illetve az alkalmazástechnika, valamint az

eszközfelépítés és a gyártástechnológia kapcsolódási pontjainak bemutatása, különösen hangsúlyt fektetve az egyes kialakítási és gyártástechnológia megoldásoknak és az eszköz felhasználási és üzemi paramétereinek összefüggésére.
Ennek érdekében a hallgatók a részleteiben megismerkednek a félvezető eszközök gyártásánál alkalmazott résztechnológiákkal és azok alapelveivel. Ezt követi az egyes félvezető eszköztípusok (integrált áramkörök, diszkrét eszközök, teljesítményeszközök, MEMS, napelemek, LED-ek, memóriák) felépítésének, jellemző gyártási folyamatainak és alkalmazási lehetőségeinek bemutatása.

2. A tantárgy tematikája

Félvezető alapok: félvezető anyagok fajtái, alapfogalmak áttekintése, összefoglalása (intrinsic és adalékolt félvezető, diffúziós hossz, töltéshordozó élettartam, sávdiagram, kilépési munka stb.), félvezető anyagok hőmérsékletfüggése, félvezető és fény kölcsönhatása: elnyelés, gerjesztés és emittálás; Félvezető eszközök típusainak csoportosítása, jellemzőik, felépítésük és alkalmazási területeik, tipikus követelmények, egyes eszközcsoportok (PV, LED, MEMS, CMOS, teljesítmény eszközök) fejlesztési stratégiai, gyártástechnológia kihívásai és kulcskérdései.
Szilícium elektromos és mechanikus anyagtulajdonságai, elektronikai tisztaságú szilícium előállítása, egy- és multikristályos alapanyagok előállítása és jellemzői (Cz-Si, FZ-Si, EFG, multikristályos és as-cut waferek), az egyes felhasználási területek alapanyagokkal szemben támasztott követelményei.
Félvezetők adalékolása: diffúzió elmélete, leíró egyenletei, diffúziós adalékolási eljárások, diffúziós források, többlépéses diffúziós folyamatok, másodlagos jelenségek, ionimplantáció fogalma, elmélete és gyakorlati megvalósítása, adalékolási és hőkezelési stratégiák, thermal budget fogalma.
Vékonyrétegek leválasztási eljárásai: PVD, CVD, elmélet, gyakorlati megvalósítások, fémrétegek leválasztása, poliszilícium, fém, oxid és nitrid rétegek leválasztása, többrétegű fémezések kialakítása, CMP, Marási eljárások: Kémiai és fizikai marások, száraz és nedves marás, marási szelektivitás és izotrópia, RIE, DRIE, egyes félvezető eszköztípusoknál használt marási eljárások követelményei és jellemzői.
Fotolitográfia: optikai alapfogalmak, litográifia folyamat, fotoreziszt lakkok, maszkillesztési, levilágítási eljárások és stratégiák, felhasznált fényforrások és hullámhosszok, nm-es csíkszélesség kialakításának kihívásai, többszörös mintázás, fázisfordító maszk, direktírás, fotolitográfia MEMS eszközöknél (kétoldalas illesztés, vastag fotorezisztek, greyscale litográfia).
Félvezető eszközök gyártási folyamatok összeállítása: alapvető gyártástechnológia folyamatfelépítés, technológia sorrendek logikája, lépések felcserélhetősége, érzékenysége és egymásra hatása, környezeti követelmények, batch és single wafer folyamatok, front-end folyamatok összehangolása thermal buddet alapján.
Post-process folyamatok: elkészült szeletek vékonyítása, darabolása, kikötése, szeletkötés, szilícium szeleten átmenő összesköttetések kialakítása (TSV), Heterogén integráció: multichip modulok, SiP/SoP, 2,5D és 3D szerkezetek, stacked die, C4, C2C és C2W flip chip eljárások.
Félvezető eszközök méréstechnológiája: gyártásközi és eszköz végminősítési eljárások, érintésmentes, kontaktos és roncsolásos eljárások félvezető anyagok minősítésére.
Diszkrét eszközok előállítása és klasszikus IC-gyártástechnológiai eljárások: p-n átmenetek (diódák) és tranzisztorok kialakítása, bipoláris integrált áramkörök, klasszikus planár CMOS integrált áramkörök gyártása.
MEMS eszközök: tömbi és felületi mikromechanika, gyártástechnológia eljárások, alkalmazási példák.
Teljesítményeszközök: Si alapú teljesítményeszközök, nagyfeszültségű tranzisztorok, VMOS, IGBT, SiGe teljesítményeszközök, tokozatlan diszkrét eszközök (bare die) alkalmazása.
Napelemek: p-n átmenet mint energiatermelő berendezés, fotovoltaikus eszközökkel szemben támasztott követelmények, tipikus felépítés, gyártástechnológiai megvalósítás, alkalmazási lehetőségek.
LED-ek: fényemittálás direkt sávszerkezetű félvezetőkben, jellegzetes LED-alapanyagok, gyártási eljárások, fejlesztési irányzatok, kiviteli formák és alkalmazási lehetőségek.
Memóriák: kivitelek, gyártási eljárások, alkalmazási lehetőségek.

Mikroelektronikai hardvertervezés laboratórium
(VIEEAC05, 6. szemeszter, 0/0/3/f/5 kredit, EET)
Ágazati laboratórium

1. A tantárgy célkitűzése
A laboratóriumban egy integrált áramkörtervezési és egy félvezető technológiai gyakorlat irányt ajánlunk fel, amelyek között a hallgatók választhatnak.
- Digitális integrált áramkör tervezése: A félév során a hallgatók feladata egy tanszéki fejlesztésű mikrokontrollerhez illeszthető perifériavezérlő áramkör szintetizálható RTL modelljének elkészítése, funkcionális verifikációja, szintézise és a szintetizált áramkör karakterizálása.
- Félvezető technológiai gyakorlatsor: Egy egyszerű félvezető eszköz gyártási lépéseinek a követése a félvezető alapanyag minősítésétől az adalékoláson, az oxidnövesztésen, a fotólitográfiai műveleteken keresztül a lapka tokba szereléséig és ellenőrző méréséig.

2. A tantárgy tematikája
Áramkörtervezési ágon
- A megtervezendő áramkör műszaki specifikálása felhasználói igények alapján.
- Részletes tervezés: az áramkör absztrakt modellezése és analízise. Regiszter-transzfer szintű modellezés (RTL kapcsolási séma és hardverleíró nyelvű modell) és logikai szimuláció.
- Szintézis, statikus időzítésvizsgálat és post-place&route időzítési szimuláció végzendő.
- Az elkészült áramköri tervek részletes műszaki dokumentációja. Ez gyakorlatilag az elkészült hardverleíró nyelvű IP mag felhasználói dokumentációját jelenti.

Félvezető technológia ágon
- A készítendő eszköz méretezésének elméleti háttere
- Gyártástechnológiai sor összeállítása és készítendő eszköz paramétereinek számítása
- Félvezető szelet előkészítése, termikus oxid növesztése
- Litográfia, bázisréteg diffúziós ablakának nyitása az oxidban, bázisréteg adalékolása diffúzióval
- Litográfia, emitterréteg diffúziós ablakának nyitása az oxidban, emitterréteg adalékolása diffúzióval
- Fémezési réteg kialakítása
- Szeletek darabolása, tokozása, tokozott chipek bemérése
- Adalékprofilok minősítése kísérőszelet alapján, eredmények összegzése és értékelése

III.5.3.2 Elektronikai hardvertervezés és integráció ágazat (ETT)

Áramkör- és készüléktervezés
(VIETAC10, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, ETT)
Ágazati főtantárgy

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célkitűzése, hogy megtanítsa azt a tervezési folyamatot, amelynek során elektronikai szempontból meghatározott körülmények között üzemeltethető áramkörök és eszközök alkothatóak, emellett gyakorlati példákon keresztül szemléltesse a tervezést befolyásoló gyárthatósági, tesztelhetőségi, zavarvédelmi, termikus szempontokat. Kiemelt fontosságú a gyakorlatias megközelítés és a felmerülő problémákra adható modern válaszok áttekintése, az ipari munka színvonalának igénye mentén.

Megszerezhető készségek, képességek: a tantárgy követelményeit eredményesen teljesítő hallgatók képesek lesznek elektronikai és mikroelektronikai alkatrészekből, részegységekből összetett, a kor műszaki technológiai színvonalának megfelelő, elektronikai termékek (moduláramkörök, készülékek, rendszerek) tervezésében részt venni, valamint más mérnöki státuszban a termékfejlesztéssel kommunikálni. Készségszintű ismereteket szereznek a számítógépes tervezőrendszerek kezelését és alkalmazását illetően.

2. A tantárgy tematikája
Bevezetés, tantárgykövetelmények, alapfogalmak tisztázása, összefoglalása.
Számítógéppel segített tervezés az elektronikában. A számítógéppel segített tervezőrendszer felépítése. Az elvi kapcsolási rajz tervezés módszerei, lehetőségei, funkciói.
Alkatrészek csoportosítása, adatlapok értelmezése, alkatrészek kiválasztása a tervezéshez, tervezői segédeszközök, külső segédeszközök, könyvtármenedzsment, alkatrészdefiníció szabványos létrehozása.
Egy tipikus áramköri modul tervezésének analízise. Részfeladatokra bontás, elektromos és elektronikus részegységek áramköri tervezése. Rendszertechnikai alapok.
Áramköri lemezek technológiai tervezési irányelvei. Szabványos tervezési alapok, technológiai korlátok, javaslatok.
Stencilek tervezési irányelvei, technológiai megvalósítások kifejtése, Design for Manufacturing (DfM) alapok.
Szerkezeti konstrukció fogalma és feladatai. Vázrendszerek. Földelési rendszerek, ergonómiai alapok. Elektronikus készülékek üzembiztonsága. Érintésvédelmi konstrukciós intézkedések. IP védettségi fokozatok. A túláram fogalma. A túláramvédelem eszközei.
Termikus konstrukció szükségessége. Termikus egymásra hatás. Termikus szimuláció. Hőátadási folyamatok: hővezetés, hőszállítás, hősugárzás. Összetett hőátadás, bordázott felületek hőátadása, hűtőbordák méretezése.
Elektromágneses zavarvédelem fogalma, emissziós és immunitási szintek. Az elektromos zavarás folyamata. Jelvezetékek védelme, potenciál-elválasztás. Árnyékolások fizikája, alkatrészek, kártyák, készülékek, helyiségek árnyékolása. Zavarérzékeny berendezések védelme.
Tápegységek, konverterek vizsgálata. Buck és boost konverterek alapjai. Alkalmazástechnikai megfontolások.
Órajel, kommunikációs buszok, perifériák. Modern építőelemek. Mikrokontroller, fejlesztőkártyák, shieldek, szenzormodulok.
Vezeték nélküli modulok tervezése. Kommunikációs szabványok, RFID, Bluetooth az áramköri hordozón.
Készüléktervezés: Mechatronikai co-design, elektronikai eszközök 3D tervezésének alapjai, szoftverek és formátumok. A megtervezett elektronikai készülékek validációja. Gyakorlati példák, esettanulmányok.
Ipari előadás a készülékfejlesztés témakörében.

Elektronikai termékek prototipizálása laboratórium
(VIETAC11, 6. szemeszter, 0/0/3/f/5 kredit, ETT)
Ágazati laboratórium

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja, hogy gyakorlati lehetőséget biztosítson az elektronikai termékek prototipizálása során felmerülő egyes kérdések, szükséges lépések, és folyamatok megismeréséhez. Továbbá, hogy gyakorlati ismereteket szerezzenek a hallgatók az elektronikai prototípusok és kész termékek villamos, mechanikai és termikus tulajdonságainak vizsgálati lehetőségeiről.
2. A tantárgy tematikája
3D tervezőrendszerek megismerése, elemi példák elsajátítása, választott terv elkészítése (előre kiadott formák alapján), 3D nyomtatásra való előkészítés.
Tervek felkészítése 3D nyomtatásra, egyes tervek betöltése, szeletelés, nyomtatás, optikai, mechanikai vizsgálat.
Alkalmazott szenzorok az elektronikai gyártásban: Arduino IDE megismerése, Arduino alapszintű felprogramozása, Arduinohoz való analóg szenzor illesztése (hőméréshez), Arduinohoz való digitális szenzor illesztése, különböző szenzorok validációja.
Gyártástechnológiák validálásához alkalmas Arduino shield/break out elemek illesztése és programozása, pl. sensor klaszterek, LCD kijelzők, vezeték-nélküli modulok, RTC.

Elektronikai gyártásban alkalmazott Ipar4.0 dashboardok, távfelügyeleti rendszerek fejlesztése Arduino Cloud rendszerben.
Lézeres anyagmegmunkálás a prototipizálásban. 3D struktúrák, hajlékony hordozók.
Elektronikai hordozók és alkatrészek statikus mechanikai vizsgálata végeselem modellező szoftverben.
Csatolt termomechanikus vizsgálat disszipáló felületszerelt alkatrészek példáján.
Különböző SMD alkatrészek kivezetésének nedvesítési vizsgálata különböző forrasztásifelület-geometriák esetére, forraszprofilok számítása.
Számított forraszprofilok elkészítése: kézi beültetés, forrasztás, optikai és keresztcsiszolat analízis.

III.5.3.3 A specializáció további tantárgyai

Mikroelektronikai áramkörtervezés
(VIEEAC06, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, EET)
Specializáció tantárgy

1. A tantárgy célkitűzése
A tárgy megismerteti a modern digitális áramkörök tervezésének eszközeit és módszereit. Az összetett digitális funkciót megvalósító rendszerek tervezésének menetét a különböző elvonatkoztatási szinteken használatos formális nyelvű modellek jellegzetességeinek és az azok feldolgozásához használt EDA szoftverrendszerek működésének ismertetésén keresztül mutatja be. A tárgy továbbá áttekintést nyújt az áramköri tervek funkcionális verifikációjának módszereiről, valamint fizikai megvalósításuk lehetséges technológiáiról, beleértve a standard cellás ASIC és programozható logikai áramköröket.
2. A tantárgy tematikája
Digitális rendszertervezés: Absztrakciós szintek, optimalizációs szempontok, a tervezés folyamata, tervezésifolyamat-modellek, iterációk a tervezésben.
Digitális funkció modellezése magas szintű programozási nyelvekkel: Esettanulmány - Objektumorientált áramköri modellek: OO ISA szimulátorok, alkalmazás-specifikus utasításkészletű processzorhoz illeszthető gyorsító áramkör klaszteranalízis alkalmazásokhoz.
Hardverleíró nyelvek, regiszter-transzfer szintű tervezés I.: RTL alapfogalmak, erőforrás-allokáció és ütemezés, a hardverleíró nyelvek (HDL-ek) eredete, a HDL-ek szerepe napjainkban, terminológia, ABEL, VHDL, SystemVerilog, HDL-ek szintetizálható részhalmaza, HDL példák: logikai kapu, félösszeadó, multiplexer, prioritásos enkóder, aritmetikai áramkörök, tri-state buffer.
Hardverleíró nyelvek, regiszter-transzfer szintű tervezés II.: Egyidejűség és sorrendiség modellezése, szintézis eszközök kódolási konvenciói, HDL példák: D flip-flop, regiszter, shift-regiszter, regisztertömbök, FIFO, éldetektorok, szinkron aritmetika + register balacing, watchdog, késleltetésmérő, FSK modulátor / demodulátor.
Hardverleíró nyelvek, regiszter-transzfer szintű tervezés III.: Állapotgépek leírási módjai, jellegzetességeik szimulációs és szintézis szempontból, adatfeldolgozó rendszerek modellezése, újrafelhasználhatóság, technológiafüggetlenség, IP-alapú tervezés, a modularitás, lokalitás és regularitás elve az IP tervezésben, RTL tervezési és szintézis technikák űripari alkalmazásokban, nagymegbízhatóságú (fail-safe) állapotgépek, FSM holtpont, egyedi / automatizált H2/3 állapotkódolások.
Funkcionális verifikáció I.: A verifikáció fogalma, célja és jelentősége, beépülése a digitális rendszertervezés folyamatába, black-box, grey-box, white-box verifikáció, a gerjesztés előállításának módjai (irányított, random, szűkített random tesztek).
Funkcionális verifikáció II.: Önellenőrző tesztkörnyezetek, regressziós tesztelés, verifikációs komponensek, debug és error injection interfész, a verifikáció minősítése, lefedési mérőszámok, naplózás, riportgenerálás, verifikációs terv.
A digitális áramkörök időzítési kérdései: A késleltetések fizikai háttere CMOS áramkörökben, a Liberty adatbázis, a metastabilitás jelensége, kapcsolástechnikai magyarázata dinamikus master/slave D flip-flop esetén, lokális adatutak szerkezete, kritikus út fogalma, időzítési kényszerek típusai, órajelfeltétel, órajel-

elcsúszás, lokális jitter, bemeneti/kimeneti késleltetés, időzítési kényszerek formális rögzítése, az SDC formátum.
Metastabilitás órajeltartományok határán: CDC, órajel-szinkronizálók: double flopping + éldetektorok, statikus jelek átvitele, visszacsatolatlan és visszacsatolt vektorszinkronizálók, aszinkron dual-clock FIFO, reset-szinkronizálás, fan-out kiegyenlítés, reset-szekvenciák.
Digitális funkció megvalósításának technológiái: Full-custom ASIC, standard cellás ASIC, PLD-k: konfigurálható összeköttetések, PROM, PLA, CPLD, FPGA.
RTL szintézis és optimalizáció I.: Az RTL szintézis fogalma, kézi RTL szintézis példák, RTL optimalizációs módszerek, állapotkódolások.
RTL szintézis és optimalizáció II.: Technológiafüggetlen logikai optimalizáció (constant folding, logikai minimalizálás, factorization, flattening), technológiafüggő logikai optimalizáció (register balacing, komplex kapuk, scan-path insertion), a fizikai szintézis algoritmusai.
(Tartalék előadás) RTL optimalizáció és timing closure esettanulmányok I.: szorzó modul optimalizációja, FSM kimeneti logika optimalizációja, hosszú számlánc optimalizációja
(Tartalék előadás) RTL optimalizáció és timing closure esettanulmányok II.: FPGA-k dedikált órajelelosztó hálózatai

Elektronikai gyártás és minőségbiztosítás
(VIETAC12, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, ETT)
Specializáció tantárgy

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja, hogy bemutassa és megismertesse a hallgatókkal az összetett funkciókat megvalósító áramköri modulok gyártásához kapcsolódó folyamattervezési, minőségellenőrzési, minőségbiztosítási, és gyártásszervezési módszereit, eszközeit és berendezéseit, továbbá a gyártásban való gyakorlati alkalmazás tipikus példáit.
2. A tantárgy tematikája
Bevezetés, tantárgykövetelmények, elektronikai szerelés és annak folyamatainak tervezési irányelvei, gyártási folyamatokat leíró modellek osztályozása, szabályzási modellek (idő- ill. állapot orientált szabályzás).
Elektronikai gyártási folyamatok fizikai háttere, forraszpaszták reológiai tulajdonságai, fűtési tényező, nedvesítési alapok, intermetallikus vegyületképződés Az elektronikai gyártás automatizált ellenőrzési módszerei, automatikus optikai ellenőrzés (AOI), automatikus forraszpaszta ellenőrzés (SPI), röntgensugaras ellenőrzés (X-ray).
Elektronikai anyagok és kötések minősítő módszerei (nedvesítési vizsgálatok, mechanikai vizsgálatok).
Folyamatok kimeneti függvényeinek vizsgálata, mérőeszközök ismételhetőségi és reprodukálhatósági vizsgálata, tűrésszámítás, méretezés, képeségi mutatók.
Kísérlettervezés- és kísérleti eredmények kiértékelésének módszerei; számítógéppel segített kísérlettervezés, technológiai kísérletek szisztematikus tervezése, paraméterterek feltérképezése, lényeges paraméterek meghatározása, kísérleti terv összeállítása; kísérleti eredmények vizualizálása, kiértékelése.
A minőségügyi rendszerek kialakulása, az ISO 9000 minőségügyi rendszer szerinti minőségbiztosítás.
Teljeskörű minőségbiztosítási rendszerek (SPC, 6sigma, szabályozókártyák, General Electric módszer stb.), minőségbiztosítási technikák, minőségkapacitás.
Technológiai folyamatok optimalizálása, optimalizációs ciklus, optimalizálás több célfüggvényre.
Gyártási folyamatok ütemezési problémái és ütemezés-optimalizációja, rövidtávú termeléstervezés, késéses munkák minimalizálása, átfutási idő minimalizálása, MRP I-es és és MRP II-es algoritmusok.
Hibaanalitika eszközei az elektronikai áramkörök működése közben fellépő hibák gyökérokainak elemzésére, hibaanalitikai vizsgálatok típusai, vizsgálóeszközök lehetőségei és korlátai.
Toyota és lean módszerek („5S”, Kanban). Elektronikai gyártósorok kiszolgálás menedzsmentje, Az elektronikai gyártás környezetének kialakítása (+ESD). Elektronikai szerelőüzemek gyártásszervezése.
Ipari meghívott előadó.

III.5.4 Fenntartható villamos energetika specializáció (VET)

A specializáció angol neve: Sustainable Electric Energetics

A specializáció célkitűzése:
Az emberiség előtt álló egyik legnagyobb kihívás a fenntartható, környezetbarát technológiák fejlesztése és alkalmazásukra történő áttérés, valamint a klímaváltozással kapcsolatban megfogalmazott emissziós célok elérése. Ezen célok megvalósításában a villamos energetika szerepe meghatározó jelentőségű. Napjainkban paradigmaváltás zajlik a villamosenergia-termelés, továbbítás és felhasználás területein. E változásoknak köszönhetően a villamos energetika számos korszerű technológia (teljesítményelektronika, IT technológiák, telekommunikáció, nanotechnológia) egyik legnagyobb felhasználójává, ugyanakkor további fejlődési irányuk egyik meghatározó tényezőjévé vált.
A Fenntartható villamos energetika specializáció célja, hogy az érdeklődő hallgatókat megismertesse az átalakulóban lévő villamos energetikai rendszerek és eszközök felépítésével, új technológiai megoldásaival és a digitalizáción alapuló módszereivel. A specializáción olyan mérnököket képzünk, akik átfogó képpel rendelkeznek a villamosenergia-átvitel és -elosztás megbízható működéséről és rendellenes állapotairól. Széleskörű szakmai és gyakorlati ismeretekkel rendelkeznek a korszerű villamos gépek és hajtások, mint fogyasztói berendezések területén. Tisztában vannak a villamos energetikában alkalmazott berendezések működésének fizikai alapjaival, valamint a megbízható és fenntartható működésüket biztosító szigeteléstechnikai és diagnosztikai módszerekkel.
Az elméleti és gyakorlati ismeretek szélesíthetők az érdeklődési körnek megfelelően választott szakterületen (ágazaton), ahol a hallgatók tovább mélyíthetik ismereteiket, és a laboratóriumi és projekt tantárgyakban a gyakorlatban is alkalmazhatják azokat.
A specializáció ágazatai:

Ágazatok:	Tanszék:	Ágazatfelelős:
Innovatív technológiák és berendezések	VET-NF	Dr. Tamus Ádám
Villamos gépek és hajtások	VET-VG	Dr. Veszprémi Károly
Smart grid	VET-VM	Dr. Raisz Dávid

III.5.4.1 Innovatív technológiák és berendezések ágazat (VET-NF)

Villamos berendezések és szigetelések
(VIVEAC11, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, VET-NF)
Ágazati főtantárgy

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja megismertetni a hallgatókat a villamosenergia-hálózat alkotóelemeivel, azok szerkezeti felépítésével, szerepével, alkalmazási követelményeivel és a legfontosabb fizikai jelenségekkel. A gyakorlatok a fenti jelenségekkel kapcsolatos számítási feladatokat veszik végig, kisebb mértékben új anyagokkal bővítve a tanultakat. Tárgyaljuk a szabadvezetékek, kábelek, kapcsolókészülékek, túlfeszültség-korlátozók és transzformátorok felépítését. A nagyfeszültségű technika és a szigeteléstechnika alapjait, beleértve a szigetelések igénybevételeit és a szigetelőanyagokban lezajlódó folyamatokat mind kis-, mind nagy villamos térerősségek esetén. Az átütéshez vezető folyamatokat, illetve a villamos ív tulajdonságain keresztül a kisülésfizikát. A villamos áram okozta melegedés számítását zárlati és normál üzemi körülmények között. A villamos áram által okozott erőhatásokat. A kapcsolókészülékek és a hálózat kölcsönhatásait.
2. A tantárgy tematikája
A villamosenergia-hálózat berendezéseivel kapcsolatos általános követelmények
A villamosenergia-hálózatot alkotó berendezés típusok, ezek közös jellemzői, specifikációja. Megbízhatósággal kapcsolatos elvárások.

Ívfizika, ívvédelem
A villamos ív definíciója és elhelyezése a különböző kisülés típusok között. Az ív kialakulásának fennmaradásának és oltásának fizikája. A villamos ív, mint áramköri elem. A villamos ív veszélyei az emberre és az azok elleni védekezés.
Az átviteli hálózat készülékei
Nagyfeszültségű megszakítók, szakaszolók és tokozott kapcsolóberendezések felépítése. A kén-hexafluorid gáz jellemzői és kezelése.
Középfeszültségű berendezések és olvadóbiztosítók
Középfeszültségű épített cellás, illetve fémtokozott kapcsolóberendezések felépítése. Középfeszültségű kisolajterű, illetve vákuummegszakítók felépítése. Olvadóbiztosítók felépítése és működése.
Kisfeszültségű készülékek, kiválasztási szempontok
Kisfeszültségű hálózaton előforduló kapcsolókészülék típusok és azok szerepe. A szelektivitás fogalma és megvalósításai.
Nagytranszformátorok felépítése és szigetelési rendszere
Nagytranszformátorok részei és a benne alkalmazott szigetelőanyag-típusok. A főszigetelés és az átvezető szigetelők felépítése.
Szabadvezetékek és kábelek
Szabadvezetékek szerkezeti elemei, sodrony típusok. A szabadvezetéki szigetelők típusai. Kompozit szigetelők felépítése. Kábelek felépítése és a különböző feszültségszinteken megoldandó fizikai problémák. Szigetelések feladatai, igénybevételei.
Szigetelési szintek koordinálása
A szigetelőanyagokat érő környezeti, villamos, mechanikai és termikus igénybevételek. Többlépcsős túlfeszültség koordináció. A szigetelőanyagokat érő villamos igénybevétel számítása, a villamos tér optimalizálása.
A szigetelésekben végbemenő folyamatok kis térerősségek esetén (vezetés, polarizáció)
A szigetelőanyagokban bekövetkező vezetés fizikai folyamata és függősége különböző környezeti paraméterektől. A polarizáció globális és mikrojellemzői, valamint frekvenciafüggése.
Kisülési jelenségek gázszigetelőkben
Nem önfenntartó és önfenntartó kisülések. Töltéshordozó keletkeztető és megszüntető folyamatok. Koronakisülés, pamatos kisülés és az átütés Townsend illetve Raether-Meek. elmélete.
A folyékony és szilárd szigetelőanyagokban végbemenő folyamatok nagy térerősségek esetén
Folyadékok átütése technikai tisztaságú és szennyezett szigetelőanyagokban. A szilárd szigetelőanyagok tisztán villamos és hő-villamos átütése.
Túlfeszültség-levezetők és korlátozók felépítése és működése
Szikraközös túlfeszültség-levezetők felépítése. Fémoxid túlfeszültség-korlátozók felépítése és működésének fizikája.
Nagyfeszültség előállítása és mérése
Nagy váltakozó, egyen és impulzusfeszültség előállítása. Kapacitív, rezisztív és kompenzált osztók. Effektív és csúcsérték mérése nagyfeszültség esetén. Generátor elven működő voltmérők.

Innovatív elektrotechnika laboratórium
(VIVEAC14, 6. szemeszter, 0/0/3/f/5 kredit, VET-NF)
Ágazati laboratórium

1. A tantárgy célkitűzése
A gyakorlati alkalmazóképesség fejlesztése, a fizikai összefüggések és a számítási modellek összhangjának megértése, elméleti ismeretek elmélyítése. A villamosenergia-hálózatban alkalmazott kapcsolókészülékek működtetésekor a kapcsolókészülékek és a hálózatok között fellépő kölcsönhatások, valamint a villamos ív tulajdonságainak laboratóriumi vizsgálata, a mérési és számítási eredmények összehasonlításával. A hallgatók a gyakorlatban is megismerkednek a különféle villamos gépek

diagnosztikai eljárásaival. A laboratórium kiegészítő módon támogatja a specializáció elméleti tantárgyait.

2. A tantárgy tematikája

Fogyasztók hálózati visszahatása épületenergetikai rendszerekben

A hallgatók KNX rendszeren megvizsgálják az egyes fogyasztói típusoknak a rendszerre gyakorolt hatásait. A mérés célja, hogy rámutasson a különböző fogyasztók visszahatására, amelyek torzítják a feszültség és áram görbéket, ez által felharmonikusokat generálva.

Elektroadhéziós vizsgálat

A hallgatók a mérés során gyakorlatban megismerkednek az elektroadhézió jelenségével. A megfogási erő villamos paraméterektől és anyagjellemzőktől való függését egy elektroadhéziós megfogón vizsgálják.

Szinkron és aszinkron gép vizsgálata – kapcsolási tranziensek vizsgálata

A hallgatók a mérés során megismerkednek a kisteljesítményű szinkron és aszinkron hajtásokkal, motorokkal, amiket épületgépészeti rendszerekben is használnak. A mérés során felveszik a motorok karakterisztikáját, és összehasonlítják dinamikai és alkalmazási szempontból.

Innovatív elektromechanikus átalakítók vizsgálata

A laboratóriumi gyakorlat során a hallgatók megismerkednek a piezoelektromos alapjelenségekkel. Egy piezoelektromos átalakító villamos- és elektromechanikus jellemzőit vizsgálják, karakterisztikáját felveszik.

Egyen- és váltakozóáramú áramkörök ki- és bekapcsolása

A hallgatók a mérés különböző elosztott paraméterű áramköröket vizsgálnak ki- és bekapcsolási tranziensekre. A mérés célja, hogy a hallgató tisztában legyen a kapcsolási túlfeszültségek hatásaival, és létrejöttének folyamatával.

Villamos ív tulajdonságainak és megszakításának vizsgálata

A hallgatók megismerkednek az egyenáramú, illetve a váltakozó áramú ívekkel. A mérések során karakterisztikát vesznek fel az ívmegszakítás folyamatáról, és összevetik az elméletben tanultakkal.

Olvadó biztosítók és kismegszakítók működésének vizsgálata

A hallgatók a mérés során megismerik a különböző, kisfeszültségű hálózat védelmi rendszereit, úgy mint kismegszakítók és olvadó biztosítók. A mérés során felveszik ezek karakterisztikáit, és működés közben vizsgálják az eszközöket.

Szigetelőanyagok és disszipatív anyagok vizsgálata. Elektrosztatikus munkahely kialakítása

A hallgatók megismerkednek az elektrosztatikusan védett munkahelyek kialakításának alapelveivel. Mérésekkel ellenőrzik az ott alkalmazott anyagok villamos tulajdonságait és az elektrosztatikus feltöltődés elleni védőintézkedések hatékonyságát.

Termoelektromos átalakítók vizsgálata

A laboratóriumi gyakorlat célja, hogy a hallgatók megismerkedjenek a termoelektromos átalakítókkal. A mérés során egy termoelektromos átalakító villamos jellemzőit valamint az átalakítás hatásfokát vizsgálják.

Részkisüléseken és reflektometrián alapuló szigetelésvizsgálati módszerek

A hallgatók a mérés során áramváltó transzformátoron villamos mérést végeznek részkisülések detektálása céljából. A mérés második felében reflektometriai vizsgálatokat hajtanak végre a hibahely meghatározása céljából kábeles rendszerek esetén.

Nagyfeszültség előállítása

A hallgatók megismerkednek és mérést végeznek különböző feszültségszintek előállítási módszereivel, egyaránt egyen- és váltakozó feszültségekre.

Indukciós hevítés fizikája, a villamos áram által okozott erőhatások

A mérés során a hallgatók az indukciós hevítés technikáját vizsgálják, mérik az átalakítás hatásfokát az induktor-betét rendszer villamos paramétereit határozzák meg.

III.5.4.2 Villamos gépek és hajtások ágazat (VET-VG)

Villamos gépek és hajtások
(VIVEAC10, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, VET-VG)
Ágazati főtantárgy

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja a villamos forgógépek és hajtások témakörével kapcsolatos azon lényeges szakmai ismeretek oktatása, amelyek a Fenntartható Villamos Energetika specializáción tanuló és a későbbiekben ezen a szakterületen elhelyezkedni szándékozó villamosmérnök hallgatóknak szükségesek. A tantárgy az üzemi állapotok tanulmányozásán keresztül bemutatja a gyakorlatban alkalmazott modellezési és számítási módszereket, továbbá közvetíti a villamos forgógépes rendszerek üzemeltetésével kapcsolatos átfogó szakmai ismereteket. Tárgyalja a jellegzetes és a korszerű, valamint a jövőben várható alkalmazásokat. Elméleti és gyakorlati megalapozást nyújt azok részére, akik MSc képzésben e területen folytatják tanulmányaikat. Célja az elektromechanikus energiaátalakítás alapelveinek, a legfontosabb villamos forgógép-típusok felépítésének és működésének, helyettesítő áramkörének, villamos és mechanikai jelleggörbéinek megismerése; háromfázisú gépek állandósult üzemállapotának vizsgálata szimmetrikus és aszimmetrikus táplálás esetén; a térvektoros módszerek alapjainak és a villamos hajtástechnika alapjainak és jellegzetes alkalmazásainak bemutatása.

2. A tantárgy tematikája
Forgógépek tekercselései, erő- és nyomatékszámítás, nyugalmi és mozgási indukálás
Heteropoláris gépek erő- és nyomatékszámítása az elektromágneses rendszerekben. Villamos forgógépek koncentrált és hornyokban elosztott tekercseinek kialakítása, a tekercsekben indukálódó feszültség számításának részletei. A feszültségszint, a horonyalak és az alkalmazható szigetelési rendszer összefüggései. A tekercsekben folyó áram által létesített légrésmező (főmező) és szórási mező modellezése. A forgómezős tekercselések tervezésének alapjai. Villamos és mágneses igénybevételek meghatározása.
Szinkron gépek
A hengeres forgórészű és a kiálló pólusú szinkron gép koncentrált paraméterű helyettesítő áramköre és nyomatékképzése. Motoros és generátoros üzemállapot. Statikus stabilitás, terhelhetőség, a gerjesztés szabályozásának célja és folyamata. Járulékos veszteségek modellezése. Reluktancia elvű, állandómágneses és hibrid forgórész topológiák. Szinkron lineáris motorok.
Aszinkron gépek
Az indukciós gép koncentrált paraméterű helyettesítő áramköre és nyomatékképzése. Analógiák a transzformátor helyettesítő áramkörével. Mélyhornyú és kétkalickás forgórészű gépek. A kalickás és a tekercselt forgórész összehasonlítása. A térbeli felharmonikusok hatása. Indítási és fordulatszám változtatási módszerek. Járulékos veszteségek modellezése. Egyfázisú és segédfázisos tekercselésű gépek. Aszinkron lineáris motorok.
Egyenáramú gépek
Egyenáramú gép armatúratekercselései. Gerjesztőtekercs és állandómágneses pólusok kialakítása. A nyomaték- és fluxusképző áramkomponensek elmélete. A segédpólus és a kompenzáló tekercselés szerepe. Mechanikus és elektronikus úton megvalósított kommutáció. Külső, soros, párhuzamos és vegyes gerjesztésű generátorok és motorok jelleggörbéi állandósult üzemállapotban. Motorok indítása és a fordulatszám változtatása.
Korszerű számítási módszerek alkalmazása
A végeselem módszer (FEM) felhasználásának elméleti alapjai az elektromágneses térszámításban (térbeli diszkretizálás hálózási módszerekkel, Poisson egyenlet, Lagrange interpolációs polinomok, Dirichlet és Neumann peremfeltételek). Egyszerű 2D elektromágneses problémák modellezése FEMM szoftverrel, példák forgógépek állandósult állapotának vizsgálatára.
Villamos hajtások - Villamos hajtások kinetikája
Nyomatékok és tömegek átszámítása közös tengelyre. A villamos hajtások mozgásegyenlete. A hajtás stabilitásának feltétele. Időállandók definíciója.

Egyenáramú szaggatóról táplált egyenáramú hajtások
Egy negyedes kapcsolások. Vezérlési módok. Az áramlüktetés vizsgálata. 4/4-es kapcsolás. Vezérlési módok.
Frekvenciaváltós aszinkronmotoros hajtások
A frekvenciaváltók típusai (AC/DC/AC konverziós lánc, DC/AC konverzió). Általános, hálózatról üzemelő hajtások lehetséges felépítése, közvetlen DC betáplálású hajtások. Kétszintű és háromszintű közbülső egyenáramú körös frekvenciaváltó felépítése. Szabályozáshoz szükséges jelek érzékelése, megvalósítása. Félvezetők vezérlése (Gate driverek, vezérlési holtidő és annak hatása a rendszerre) Inverter vezérlési módszerek áttekintése, jellemzése és megvalósítása (egyszerű inverter vezérlés, PWM módszerek). Vektoros leírásmód. Harmonikus analízis. U/f jelleggörbe. Mezőgyengítés. Kitekintés mezőorientált szabályozásokra. Alkalmazások: járművek, szélgenerátorok.

Villamos gépek és hajtások laboratórium
(VIVEAC13, 6. szemeszter, 0/0/3/f/5 kredit, VET-VG)
Ágazati laboratórium

1. A tantárgy célkitűzése
A gyakorlati alkalmazóképesség fejlesztése, a fizikai összefüggések és a számítási modellek összhangjának megértése, elméleti ismeretek elmélyítése. A villamosenergia hálózatban alkalmazott kapcsolókészülékek működtetésekor a kapcsolókészülékek és a hálózatok között fellépő kölcsönhatások, valamint a kapcsolási ívek tulajdonságainak laboratóriumi vizsgálata, a mérési és számítási eredmények összehasonlításával. A hallgatók a gyakorlatban is megismerkednek a különféle villamos gépekkel, hajtásokkal, azok működésével. A laboratórium kiegészítő módon támogatja a szakirány elméleti tantárgyait.
2. A tantárgy tematikája
Villamos energiarendszerek témakörben
Fogyasztók hálózati visszahatása. Villamos energia minőség egyes jellemzőinek mérése, számítása, szabvány szerinti kiértékelése.
Túláramvédelem. Beállításszámítás, beállítás és tesztelés hálózati modellen, különböző helyeken fellépő különböző zárlattípusok esetén. Visszakapcsoló automatika működés.
Villamos kapcsolókészülékek és berendezések témakörben
Egyen és váltakozóáramú zárlatok ideális kikapcsolása. Koncentrált paraméterű modellben lévő kapcsoló sarkain fellépő feszültség (független visszaszökő feszültség) mérése és számítása. A hálózat paramétereinek hatása.
Villamos ív tulajdonságainak és megszakításának vizsgálata. Feszültség-áram, feszültség-ívhossz karakterisztika mérése, összevetése az ívmodellekből nyert számítási eredményekkel. Váltakozó- és egyenáramú ív megszakítása.
Olvadó biztosítók és kismegszakítók működésének vizsgálata. Biztosító modell, biztosító és kismegszakító működési karakterisztikájának felvétele.
Villamos gépek témakörben
Aszinkron gép vizsgálata. Üresjárási és rövidzárási jelleggörbék felvétele, terhelési mérés.
Szinkrongép vizsgálata. A szinkrongép üresjárási és rövidzárási jelleggörbéinek felvétele, a szinkron gép hálózatra kapcsolása. Áram-munkadiagram és a V görbék felvétele.
Egyenáramú gép vizsgálata. Egyenáramú generátor külső jelleggörbéjének felvétele, üresjárási veszteségek mérése, az egyenáramú motor sebességi (fordulatszám-áram) jelleggörbéjének felvétele.
Háromfázisú transzformátor vizsgálata. A háromfázisú transzformátor helyettesítő kapcsolásának meghatározás, üresjárási, rövidzárási és terhelési mérések. Kapcsolási csoport meghatározása.
Villamos hajtások témakörben
Egyenáramú szaggatós DC szervo hajtás vizsgálata. Szabályozott hajtás vizsgálata. A hajtás terhelési tulajdonságainak mérése. Az áramkorlátozás hatásának vizsgálata.

Négynegyedes egyenáramú hajtás vizsgálata. Gyújtásszög vezérlés, hídváltás, fedés vizsgálata. Motoros és generátoros üzem vizsgálata. Hálózatoldali és motoroldali mennyiségek vizsgálata.
Frekvenciaváltós aszinkronmotoros hajtás vizsgálata. Park-vektorok oszcillografálása. U/f karakterisztika mérése. Az impulzusszélesség moduláció vizsgálata. Nyílt hurkú vezérlés és zárt hurkú szabályozás vizsgálata.

III.5.4.3 Smart grid ágazat (VET-VM)

Intelligens hálózatüzemeltetés eszközei és módszerei
(VIVEAC09, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, VET-VM)
Ágazati főtantárgy

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy bevezeti a hallgatókat a villamosenergia-rendszer hálózatüzemeltetésében alkalmazott intelligens eszközöknek, módszereknek a világába. A megújuló energiaforrások, e-mobilitás, elektrifikáció hálózati integrációjával kapcsolatosan a hallgatók betekintést nyerhetnek a helyi és központi döntéstámogatást, valamint automatizálást lehetővé tévő rendszerekbe. Továbbá a tantárgy betekintést ad a smart grid intelligens eszközeinek területébe és infrastrukturális vonatkozásaiba, úgy, mint a teljesítményelektronikai csatlakozás - inverterek képességei; okos mérés - mérő, adatgyűjtő rendszerek, hálózati szenzorok képességei, felhasználása; fogyasztás/termelés befolyásolása – elektromobilitás, tárolás, elektrifikáció nyújtotta lehetőségek; védelmi és automatika rendszerek- TMOK, recloser, intelligens hibahely-behatároló; digitalizáció – adatok, üzemirányítási rendszerek; nem konvencionális hálózati eszközök – FACTS, IVR.
2. A tantárgy tematikája
A villamosenergia-rendszer számítógépi modellesének elvei, rendszer elemek és paraméterezés, rendszermodell. Modellezés elmélete, rendszermodell, szimuláció és emuláció. Alkalmazott algoritmusok (load-flow, zárlatszámítás).
Üzemirányítás, üzemeltetés, érzékelés. Üzemirányítás feladata, hierarchiája. Üzemirányítás ICT infrastruktúrája. SCADA és kapcsolódó rendszerek. Kiberfizikai rendszerek. Megfigyelhetőség, szenzorok, okos mérők. Szabályozás, algoritmusok, MI lehetőségek. Kiberbiztonság.
Alállomások, védelmek, kapcsoló elemek. Gyűjtősín kialakítások, alállomási védelmi sémák, ICT infrastruktúra. Védelmek feladata, alapfogalmai, követelményei, felépítése, érzékelési elvek. Védelmi alap típusok. Beállítások, koordinálás. Hibahely behatárolás. Hagyományos és digitális szekunderezés. IEC 61850 alapjai. TMOK, Recloser, intelligens eszközök.
Megbízhatóság és rendelkezésre állás, szolgáltatás minőség. Alapvető megbízhatósági struktúrák számítása. Hálózati és alállomási topológiák rendelkezésre állása. Szolgáltatás, kereskedelmi, műszaki minőség, mutatók. Feszültség minőség, feszültségletörés.
Teljesítményelektronikai eszközök. Teljesítményelektronikai csatlakozás fizikai jellemzői. Teljesítményelektronikai eszközök képességei, szabályozhatósága. Regulációs környezet.
Hálózati integráció. E-mobilitás, tárolás, fogyasztói befolyásolás, terhelési görbék. FACTS eszközök szabályozási célú felhasználása. Rugalmasság, rendszerszintű szolgáltatások. Feszültségszabályozás, elosztó hálózati szerepkörök, tipizált elemek.

Smart grid laboratórium
(VIVEAC12, 6. szemeszter, 0/0/3/f/5 kredit, VET-VM)
Ágazati laboratórium

1. A tantárgy célkitűzése
Az ágazati labor azon hallgatók érdeklődésére épít, akik az intelligens elosztóhálózatok üzemeltetésével, tervezésével, a megújulók hálózati integrációjával, az energiafelhasználás és -tárolás kérdéseivel

kapcsolatos ismereteiket a gyakorlatban is alkalmazható mérési, számítási, tervezési módszerek készségszintű elsajátításával szeretnék elmélyíteni. A laboratóriumi mérések és a számítógépes tervezési gyakorlatok célja a gyakorlati alkalmazás fejlesztésén túlmenően a fizikai összefüggések és a számítási modellek összhangjának megértése. A tantárgyhoz tartozó mérések betekintést adnak az elosztóhálózatok üzemirányító rendszereinek működésébe és üzemzavar érzékelési és elhárítási módszerek sajátosságaiba. Bemutatják az elosztott energiatermelés és felhasználás modern eszközeit, az energiatárolás és az elektromobilitás hálózati hatásait, az elosztóhálózatokon alkalmazott kapcsolókészülékek és a hálózatok között fellépő kölcsönhatásokat. A hallgatók megismerkednek a villamosenergia-termelésben és felhasználásban jelentős részarányt képviselő statikus és forgógépes energiaátalakítók és villamos hajtások működésével, villamos és mechanikai jellemzőinek mérésével.

2. A tantárgy tematikája

12 laboratóriumi, illetve számítógép termi foglalkozás, az alábbi témák közül:

- A fogyasztók hálózati visszahatása, villamos energia minőségi jellemzők mérése.
- Áramirányítók hálózati visszahatása, háztartási fogyasztók harmonikusainak mérése, meddőkompenzálás, szűrőtervezés. PV inverter hálózati csatlakozási feltételeinek ellenőrző mérése.
- AC/DC átalakító kapcsolások vizsgálata.
- Digitális túláramvédelem működése elosztott energiatermelés, kétirányú energiaáramlás esetén.
- Alállomási EMC vizsgálata.
- Mikrogrid management, inverter szigetüzem, megújuló termelés és fogyasztók egyensúlya. · Smart mérők vizsgálata: felparaméterezés, pontosság ellenőrzése, lopás-detektálás.
- HKV/RKV vizsgálata. Villamos hálózati jelátvitel (PLC/BPL) vizsgálata: hálózati impedancia mérés, átviteli jellemző mérés, spektrum vizsgálat (Smart mérő kommunikáció).
- Egyen és váltakozó áramú zárlatok ideális kikapcsolása koncentrált paraméterű hálózatmodellen. A kapcsolás során fellépő független visszaszökő feszültség mérése és számítása. A hálózati paraméterek hatásának elemzése.
- Szünetmentes tápegységek működésének vizsgálata, a működésből fakadó jellegzetességek megismerése, a hálózati és fogyasztói feszültség és áram jelalakok vizsgálata.
- SCADA rendszerek vizsgálata: A hallgatók megismerkedhetnek az üzemirányításban használt SCADA rendszerekhez kapcsolódó alapvető (alarmok, logok, sémák, aktív elemek), valamint néhány iparági specifikus (load-flow, kontingencia, állapotbecslés) funkciókkal.
- Villamosenergia rendszerek számítógépes szimulációjára használt szoftverek alkalmazása.
- Üzemirányítási rendszerek IT architektúráinak megismerése, vizsgálata: A hallgatók megismerkedhetnek a az analóg mérések helyi és központi rendszerekhez való eljuttatásának módjával (jel fizikai útja, protokollok, feldolgozások), az iparági specifikusságokkal. Például védelmi kioldás jelzés eljutása a megszakítóhoz, vagy az alállomási mérés/jelzés eljutása a központi SCADA rendszerhez.

III.5.4.4 A specializáció további tantárgyai

Innovatív technológiák az elektrotechnikában
(VIVEAC17, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, VET-NF)
Specializáció tantárgy

1. A tantárgy célkitűzése

A XXI. században az emberiség egyik legnagyobb kihívása az egyre növekvő energiaigény mellett a fenntartható növekedés biztosítása. A villamos energetika területén használt hagyományos technológiák lassan korlátokba ütköznek, így a fenntarthatóság biztosításához elengedhetetlen innovatív technológiák alkalmazása a villamosenergia-termelés, -elosztás, -tárolás és felhasználás területén. Az kurzus célja, hogy bemutassa az elektrotechnika, illetve a villamos energetika területén alkalmazott innovatív technológiákat és megoldásokat. Különös figyelmet fordítunk a dielektromos és elektrosztatikus alapjelenségeken alapuló technológiákra, mind a termelői, mind a felhasználói oldalon. Részletesen

tárgyaljuk a meglévő hálózati berendezések élettartamát megnövelő technológiai megoldásokat. Kitérünk az energetikához kapcsolódó villamos és mágneses erőterek, elektromágneses terek élettani hatásaira is.

2. A tantárgy tematikája

Dielektromos alapjelenségek, valamint főbb szigetelőanyagok áttekintése.
Különleges szigetelőanyagok I.: környezetbarát és biodegradálódó szigetelőanyagok.
Különleges szigetelőanyagok II.: a szigetelőanyagok tulajdonságait feljavító megoldások, kompozitok és nanokompozitok.
Szigeteléseket érő igénybevételek, öregedés különböző igénybevételek hatására, és az öregedés kimutatásának módszerei.
A villamos energetika berendezéseinek kihasználását és élettartamát javító megoldások, különböző karbantartási módszertanok.
Elektrosztatika alapjai. Elektrosztatikus feltöltődések és kisülések. A kisülések okozta veszélyek.
Különleges elektrosztatikai alkalmazások I.: porleválasztás, szeparátorok működése és alkalmazása.
Különleges elektrosztatikai alkalmazások II.: elektroadhézió, elektroadhéziós robotok működésének alapjai mikorelektromechanikai rendszerek (MEMS) alkalmazása.
Szuperkapacitások felépítése és működésének alapjai és energetikai alkalmazásaik.
Ferroelektromos, piezoelektromos, piroelektromos jelenségek és alkalmazásaik.
Különleges villamosenergia-termelési megoldások I.: elektrosztatikus generátor, dielektromos elasztomer generátor (DEG).
Különleges villamosenergia-termelési megoldások II.: termoelektromos (TEG) megoldások.
Villamos melegfejlesztési eljárások. Dielektromos és indukciós hevítés alapjai és alkalmazásaik.
Elektrotechnikai alkalmazások által keltett erőterek és azok élettani hatásai.

Villamos hajtások szabályozása

(VIVEAC16, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, VET-VG)
Specializáció tantárgy

1. A tantárgy célkitűzése

Általános, valamint különleges célokra alkalmas villamos hajtások modern szabályozási és vezérlési módjainak megismerése, és adott hajtási feladathoz az optimális megoldások kiválasztása és alkalmazása. Ehhez megismerteti a hallgatókat a villamos gépek tranziens alapegyenleteivel, az alkalmazott teljesítményelektronikai eszközökkel, a beavatkozási módszerekkel, a szükséges szabályozástechnikai elvekkel. Részletesen tárgyalja a hajtásspecifikus áram/nyomaték szabályozás megvalósítását skalár (DC) és vektoros (AC) esetekre. A tantárgy nagyobb részben foglalkozik a gyakorlatban is szélesebb körben használt váltakozóáramú gépekkel: a kalickás forgórészű aszinkrongépre és az állandómágneses szinkrongépre tárgyalja a mezőorientált áramvektor szabályozások különféle formáit, koordinátarendszereit, különféle megvalósításait. Foglalkozik röviden a fölérendelt feladatspecifikus fordulatszám és pozíció szabályozásokkal is.

2. A tantárgy tematikája

Hajtás specifikus és feladat specifikus hajtásszabályozások. Alárendelt szabályozási struktúra. Egyenáramú gépek tranziens egyenletei és hatásvázlatai.
Hálózati kommutációs áramirányítós egyenáramú hajtások hatásvázlata folytonos és szaggatott vezetésre, áramszabályozása 1/4-es, 2/4-es és köráramos, ill. köráramментes 4/4-es üzemre. Adaptív áramszabályozás. Mezőgyengítéses üzem szabályozása. 4/4-es szaggatós egyenáramú hajtás hiszterézises és ISZM modulátoros áramszabályozása.
Háromfázisú szinkron és aszinkron gépek tranziens üzemének Park-vektoros egyenletei természetes és tetszőleges koordináta-rendszerben. Helyettesítő vázlatok fluxusokra és feszültségekre. Park-vektoros nyomaték-egyenletek.
Kalickás aszinkron gép mezőorientált szabályozásának sajátosságai feszültség- és áramgenerátoros tápláláskor. Dinamikus és energiatakarékos üzem. Közvetlen és közvetett rotorfluxus szabályozás,

rotorfluxust és fordulatszámot előállító gépmodellek. Feszültséginverteres kalickás aszinkron motoros hajtás mezőorientált hiszterézises és ISZM vezérlős áramvektor szabályozása.
Állandómágneses szinuszmezős szinkron gépes hajtás normál és mezőgyengítéses üzeme, feszültséginverteres hiszterézises és ISZM modulátoros áramvektor szabályozása.
Alárendelt körös fordulatszám szabályozás és alárendelt körös poziciószabályozás. A szabályozók típusának megválasztása és optimális beállítása.

Smart villamos hálózatok felépítése
(VIVEAC15, 5. szemeszter, 2/2/0/v/5 kredit, VET-VM)
Specializáció tantárgy

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja a hallgatók megismertetése a villamosenergia-rendszer felépítésével és működésével. A félév során a hallgatók találkoznak az átviteli és elosztó hálózat üzemeltetése során felmerülő fontosabb problémákkal és egyes üzemviteli kérdésekkel, megtanulják, hogyan lehet a hálózatot elemeire bontva leképezni, számítani különböző transzformációkat alkalmazva. A villamosenergia-rendszer felépítésének tárgyalása során sorra vesszük a hálózati topológiákat, a különböző alállomási képeket és gyűjtősín-kialakításokat, az egyes transzformátor és távvezeték típusokat és a jellemző csillagpontkezelési módszereket, valamint ezek hatását az ellátásbiztonságra. Az órákon szó lesz az állandósult állapoti teljesítmény és feszültségviszonyokról, a villamosenergia-átvitel hálózati veszteségeiről, valamint a rendellenes üzemállapotok számításának módjáról. A hallgatók megismerik az elosztottan elhelyezkedő (megújuló) termelők és a tárolók hálózati hatásainak számítási módszereit.
2. A tantárgy tematikája
Gyűjtősín-kialakítások, alállomások kapcsolási képe. A kialakítás szempontjai. Gyűjtősínek, leágazások készülékek, mérőváltók. Kettős gyűjtősínek, másfél megszakítós gyűjtősín, egyéb kapcsolások. Alállomás típus-kialakítások.
Szabadvezeték (soros) impedanciái, kapacitásai, 4 vezetős modell. Ön- és kölcsönös impedanciák, kapacitások. Szimmetrikus összetevő impedanciák, kapacitások. Vezeték aszimmetriák, szimmetrizálás. Szabadvezeték soros impedanciák, kapacitások számítása. Szabadvezeték oszlopképek, konstrukciók. Szabadvezeték induktivitásainak, soros impedanciáinak számítása. A védővezető áramköri szerepe, hatása. Kétrendszerű távvezeték jellemzői, csatolás zérus sorrendben.
Erősáramú kábelek. Kábelek szerkezeti felépítése, villamos paraméterek. Kábelek melegedése. NAF távvezeték üzeme. Elosztott paraméterű modell, vezetékállandók. Töltő teljesítmény, természetes teljesítmény. Jellemző villamos paraméterek. Koncentrált elemű Pi és T modell, U-I fazorábrák. Q-áramlás közelítő számítása. NAF távvezeték üzemállapotok elemzése: (1) üresjárás, feszültségprofil; (2) hatásos teljesítmény áramlása, szögelfordulás. Veszteségek az átviteli hálózaton: értelmezések, veszteség-összetevők.
A teljesítményátvitel korlátai. Áramterhelés, feszültség stabilitás, szinkronstabilitás. Az átvivőképesség növelése. Határkeresztező átviteli kapacitások: értelmezések, meghatározások. HVDC átvitel. Egyenáramú betét Átvitel nagyfeszültségű AC és DC rendszeren. A HVDC előnyei, hátrányai. Egyenáramú betét üzeme, szabályozása.
Szabályozások NAF transzformátorral. Söntfojtók kapcsolása. NAF transzformátor hossz és keresztszabályozás hatása hurkolt hálózatban. Fázistoló transzformátor: Söntfojtók ki/bekapcsolásának hatása.
KÖF és KIF hálózatok, feszültségszabályozás, veszteségek. Elosztó hálózat szerepkörök. Tipizált transzformátor paraméterek, vezető keresztmetszetek, jellemző villamos paraméterek KÖF, KIF hálózatok kialakítása, feszültségviszonyok, előírások, feszültségesés. Feszültségszabályozás. KÖF és KIF veszteségek. Meddőkompenzálási módszerek, feszültségszabályozás meddőkompenzálással.
NAF hurkolt hálózatok számítása. Hálózatszámítási modellek, alapösszefüggések. A csomóponti I=Y*U és U=Z*I egyenlet értelmezése, alkalmazása. Az Y és Z meghatározása, „mérése”. Egyenértékű modellek Z alapján. Hálózatredukció.

Teljesítményáramlás számítása NAF hurkolt hálózaton. A feladat nemlineáris jellege, iterációs megoldások elve. A feladat megfogalmazása, adatok, paraméterek, csomóponti típusmodellek. Alapegyenletek, megoldó alapeljárások. Eredményábrázolás.
Zárlatok, kikapcsolások szimmetrikus összetevőkkel. Leképezés és számítás szimmetrikus összetevőkkel. Zárlatok összehasonlítása. A zárlati áram korlátozásának elvei. Kikapcsolások leképezése szimmetrikus. összetevőkkel. Szimultán hibák számítási elve. Aszimmetrikus terhelés 0.4 kV-on, háztartási méretű kiserőművek csatlakozásának hatása. Megoldások abc fázismennyiségekkel, 012 szimmetrikus. összetevőkkel. Értelmezések, elemzések. Transzformátor kapocszárlata. Áramerősségek, az Yd, Dy kapcsolás hatása az áramképre. Csillagpontképző transzformátor. Kialakítása, szerepe. Távvezetéki zárlat áram- és feszültségképe. Áramok és feszültségek négyvezetős modell alkalmazásával. Fazorábrák, szimmetrikus. összetevők.
Hálózati csillagpontföldelés. A csillagpontföldelés alapharmonikus hatása fázis-föld zárlatkor, áram-feszültség fazorábrák. Hálózati csillagpontföldelések gyakorlata.
Feszültségletörés, fáziskimaradás 120/KF/0.4 kV sugaras hálózaton. Fázis-föld zárlat, 1f kikapcsolás feszültségtorzító hatása, a hatások „terjedése”., az Yd és Dy transzformátorok szerepe. Sántaüzem, földzárlatos üzem. 3F rövidzárlati áram, zárlati teljesítmény, feszültségletörés.
Hálózati visszahatás. Felharmonikusok keletkezése, terjedése, hálózati rezonancia kialakulása.
Hálózatfejlesztés. Tervezési előírások (ENTSO-E, Üzemi Szabályzat, Elosztói Szabályzat), módszertan, számítások. Az európai villamosenergia-rendszer hálózata. Fő jellemzők, térképes ábrázolások, a magyar VER-től eltérő jellegzetességek. Hálózatra csatlakozás. Előírások, szerződések, díjtételek, szabályozási hierarchia.

III.6 Projekttantárgyak

A specializációk keretein belül a hallgatók ún. projekttantárgyakat vesznek fel, melyek a 6. szemesztertől kezdődően az Önálló laboratórium, Szakmai gyakorlat (kritérium tantárgy) és a Szakdolgozat-készítés. Ezen tantárgyakban a hallgatók néhány fős csoportokban, vagy önállóan oldanak meg nagyobb méretű műszaki feladatokat (projekteket), egy-egy téma akár több tantárgy keretein is átívelhet (minden egyes tantárgy számára konkrét, önállóan értékelhető részfeladatot megfogalmazva). A projekttantárgyakat a hallgatók kizárólag valamelyik specializációra való besorolásukat követően vehetik fel, a Specializáció ágazati főtantárgy teljesítését követően (ld. előtanulmányi rend).

Önálló laboratórium
(6. szemeszter,0/0/3/f/5 kredit)

1. A tantárgy célkitűzése
A tantárgy célja a specializációban tanult ismeretek elmélyítése és gyakorlati tapasztalatok megszerzése egy szűkebb, a hallgató egyéni érdeklődésének megfelelő tématerületen. Alapvető célkitűzés, hogy erről a szűkebb szakterületről a hallgató az átlagos hallgatói ismereteket meghaladó felkészültséget szerezzen, és a tantárgy keretében végzett munkáját – megfelelő előrehaladás esetén – a szakdolgozat keretében is hasznosítani, illetve folytatni tudja.
2. A tantárgy tematikája
Az önálló laboratórium félévét megelőző vizsgaidőszakban a hallgatók a specializáció- és ágazatválasztásuknak megfelelően jelentkeznek a meghirdetett konkrét témákra, vagy témacsoportokra, lehetőleg a leendő konzulenssel egyeztetve a feladatot.
A tantárgy részletes tematikáját, lebonyolításának módját a témavezető az első oktatási héten megtartandó első gyakorlat alkalmával határozza meg. Ennek a témától függő fázisai a következők lehetnek: irodalmazás, rendszertervezés, tervek készítése, kísérletek végzése és kiértékelése, deszkamodell szintű berendezések készítése, ellenőrző mérések végzése, végleges megoldás megtervezése és elkészítése, tesztelés, dokumentálás.
A szorgalmi időszak utolsó hetében mindenkinek be kell számolnia a félév során végzett munkájáról. A beszámoló formája egy 10-15 perces előadás. Az előadásokhoz számítógépes kivetítőhöz előkészített anyagok (prezentációk) használatát várjuk el a hallgatóktól. Az előadásokat úgy szervezzük meg, hogy a hasonló témájú feladatokon dolgozó hallgatók (általában 8-12 fő) lehetőleg egy csoportba kerüljenek. Az adott csoporton belül a hallgatók és a konzulensek az összes előadást meghallgatják.
A szorgalmi időszak utolsó napjáig el kell készíteni, és be kell adni a féléves munkáról szóló írásos beszámolót, illetve a magyar és angol nyelvű (1/2 - 1 oldalas) tartalmi összefoglalót.

Tantárgykód	Tantárgynév	Tanszék
BMEVIAUAL05	Önálló laboratórium	AUT
BMEVIEEAL05	Önálló laboratórium	EET
BMEVIETAL05	Önálló laboratórium	ETT
BMEVIHIAL05	Önálló laboratórium	HIT
BMEVIHVAL05	Önálló laboratórium	HVT
BMEVIIIAL05	Önálló laboratórium	IIT
BMEVIMIAL05	Önálló laboratórium	MIT
BMEVISZAL05	Önálló laboratórium	SZIT
BMEVITMAL05	Önálló laboratórium	TMIT
BMEVIVEAL05	Önálló laboratórium	VET

Szakmai gyakorlat
(6.-7. szemeszter,0/0/0/a/0 kredit)

1. A tantárgy célkitűzése

A szakmai gyakorlat általános célja, hogy a hallgatók alapvető ismereteket szerezzenek a specializációjuknak megfelelő gyakorlati mérnöki feladatokból, megismerkedjenek egy vállalat szervezeti és szakmai felépítésével, valós körülmények között készüljenek későbbi mérnöki munkájukra. A hat hetes szakmai gyakorlat során a hallgatók a tanszéki és vállalati konzulens által meghatározott feladatot oldanak meg. Feladatuk kapcsolódhat szakdolgozatukhoz, TDK dolgozatukhoz, önálló labor feladatukhoz, de azoktól jól elkülöníthetőnek kell lennie.

2. A tantárgy tematikája

Hat hét (harminc munkanap) kiméretű szakmai gyakorlóhelyen teljesítendő szakmai gyakorlati munka. A gyakorlat során a gazdálkodó szervezet, illetve a vállalati konzulens által meghatározott, részletesen specifikált feladatot kell megoldani. A lehetséges helyszínekről és időpontokról, valamint a konkrét teendőkről a szakmai gyakorlat lebonyolításra vonatkozó szabályzat rendelkezik.
A hallgatók a szakmai gyakorlat alatt a vállalati konzulens felügyelete és irányítása mellett dolgoznak. A munkakezdésre, befejezésre a vállalati munkarend előírásai a mértékadók. A hallgatók a szakmai gyakorlat alatt napra lebontott munkanaplót vezetnek. A munkanapló hitelességét a szakmai gyakorlat végén a vállalati konzulens aláírásával igazolja.
A szakmai gyakorlat végén a hallgatók írásos beszámolót készítenek. A beszámoló a BME bármely oktatási nyelvén megírható (magyar, angol, francia, német és orosz nyelven), függetlenül attól, hogy a szakmai gyakorlat mely országban valósult meg, amennyiben a tanszéki/kari felelős ehhez előzetesen hozzájárul. A beszámolót a vállalati konzulens aláírásával igazolja, a munkáról rövid értékelést készít. A munkanaplót, a beszámolót és az értékelést arra a tanszékre kell benyújtani, amely a témát kiírta. A beadási határidőt a tanszéki szakmai gyakorlati felelős határozza meg, figyelembe véve az egyetemi munkarendet (pl. nyári leállás).

Tantárgykód	Tantárgynév	Tanszék
BMEVIAUAS01	Szakmai gyakorlat	AUT
BMEVIEEAS01	Szakmai gyakorlat	EET
BMEVIETAS01	Szakmai gyakorlat	ETT
BMEVIHIAS01	Szakmai gyakorlat	HIT
BMEVIHVAS01	Szakmai gyakorlat	HVT
BMEVIIIAS01	Szakmai gyakorlat	IIT
BMEVIMIAS01	Szakmai gyakorlat	MIT
BMEVISZAS01	Szakmai gyakorlat	SZIT
BMEVITMAS01	Szakmai gyakorlat	TMIT
BMEVIVEAS01	Szakmai gyakorlat	VET

Szakdolgozat-készítés
(7. szemeszter,0/8/0/f/15 kredit)

1. A tantárgy célkitűzése

A hallgatónak az oklevél megszerzéséhez BSc szinten szakdolgozatot kell készítenie. A szakdolgozattal azt kell igazolni, hogy jelölt önálló mérnöki munkára alkalmas, ismeri és alkalmazni tudja a mérnöki

munkamódszereket, képes a feladatkiírást értelmezni, továbbá a választott megoldást értékelni és elemezni.

2. A tantárgy tematikája

A szakdolgozat témája a kar valamely (lehetőleg a hallgató által felvett specializációnak, és ha van, ágazatának megfelelő) tanszékén a tanszékvezető jóváhagyásával meghirdetett témák közül választható.
Más kar vagy egyetem, illetve külső vállalat (gazdasági szervezet) által adott téma csak akkor fogadható el, ha a kar valamely szakmailag illetékes tanszékének vezetője azt támogatja, és ahhoz tanszéki konzulenst biztosít. A külső konzulens – tanszékvezetői jóváhagyással – egyetemi végzettségű illetve mester (MSc) fokozattal rendelkező szakember lehet. A szakdolgozat témáját úgy kell kiválasztani, illetve a dolgozatot úgy kell elkészíteni, hogy a vállalat (gazdasági szervezet) érdekeit sértő információk dokumentálása nélkül is elbírálható legyen a szakdolgozat készítőjének tevékenysége.
A szakdolgozat készíthető a külső konzulens irányításával külső vállalat (gazdasági szervezet) telephelyén is. Amennyiben a hallgatónak szakmai gyakorlatot is kell teljesítenie az oklevél megszerzéséhez, és szakmai gyakorlatát a szakdolgozat témáját kiíró vállalatnál (gazdasági szervezetnél) teljesíti, a szakdolgozat elkészítésére, illetve a szakmai gyakorlat teljesítésére vonatkozó tevékenységnek elkülöníthetőnek kell lennie.
A szakdolgozat külföldön is készíthető. Ilyen esetben a témát és a teendőket a külső szakdolgozathoz hasonló módon előre egyeztetni kell a kar valamely szakmailag illetékes tanszékével. A szakdolgozatnak meg kell felelnie az itthoni előírásoknak. A jelölt munkájáról és a szakdolgozatról a külföldi konzulenstől rövid írásos véleményt kell kérni, melyet a záróvizsga bizottsághoz kell eljuttatni. A külföldön készült szakdolgozatot ugyanúgy meg kell védeni a záróvizsgán, mint az itthon készült dolgozatokat.
Szakdolgozatot magyar nyelven kívül a BME valamely idegen oktatási nyelvén (angol, francia, német és orosz nyelven) is lehet készíteni, amennyiben a tanszéki konzulens ehhez hozzájárul.
Két vagy több hallgató részére közös témájú szakdolgozatot is lehet kiadni, de csak különválasztva, névre szólóan, ha a tevékenység és a munka eredménye egyértelműen elkülöníthető. A feladatkiírásban egyértelműen meg kell nevezni az önállóan, illetve a közös témán dolgozó többi hallgató által kidolgozandó részfeladatokat.
A szakdolgozatban a hallgatónak nyilatkoznia kell arról, hogy az saját munkájának eredménye. Közös témájú szakdolgozat esetében egyértelműen meg kell jelölni a nem önállóan megoldott részfeladatokat.

Tantárgykód	Tantárgynév	Tanszék
BMEVIAUAT03	Szakdolgozat-készítés	AUT
BMEVIEEAT03	Szakdolgozat-készítés	EET
BMEVIETAT03	Szakdolgozat-készítés	ETT
BMEVIHIAT03	Szakdolgozat-készítés	HIT
BMEVIHVAT03	Szakdolgozat-készítés	HVT
BMEVIIIAT03	Szakdolgozat-készítés	IIT
BMEVIMIAT03	Szakdolgozat-készítés	MIT
BMEVISZAT03	Szakdolgozat-készítés	SZIT
BMEVITMAT03	Szakdolgozat-készítés	TMIT
BMEVIVEAT03	Szakdolgozat-készítés	VET

III.7 Szabadon választható tantárgyak

A szabadon választható tantárgycsoportban a hallgatók ismereteik bővítésére általuk szabadon választott tantárgyakat vesznek fel - minimum 10 kreditpont kiméretben - a Kar, más karok, vagy más egyetemek tantárgyainak kínálatából.

A szabadon választható tantárgyakat a képzések szakbizottságai három kategóriába sorolják: **Ajánlott** egy tantárgy, ha azt a szakbizottság a hallgató szakmai ismereteit bővítő tantárgynak ítéli. **Befogadott** egy tantárgy, ha az a hallgató általános érdeklődésére tarthat számot, de szakmailag kevésbé kapcsolódik a képzéshez. **Tiltott** egy tantárgy, ha az a képzésben szereplő tantárgyakkal a TVSz-ben megengedett mértéknél nagyobb átfedést tartalmaz, így teljesítése kredittel nem elismerhető.

A kari honlapon található, szakonként elkülönülő táblázatok és a Neptun Egységes Tanulmányi Rendszerben található mintatanterv szabadon választható tantárgyi blokkja az ajánlott tantárgyakat tartalmazza. A befogadott tantárgyakat a Neptunban az intézményi tantárgyak között találja, a tiltott tantárgyak (egy részének) felvételét a Neptun megakadályozza.

Felhívjuk figyelmét, hogy az összes intézményi tantárgy listájában szereplő tantárgyak több-kevesebb átfedést is tartalmazhatnak más tantárgyakkal. Ha a mintatantervben szereplő kötelező, illetve a tantervi követelmények teljesítéséhez már figyelembe vett egyéb tantárgyak ismeretei együttesen egy tantárgy tananyagának nagyobb hányadát tartalmazzák, úgy a tantárgy felvehető ugyan, de a tantervhez kapcsolódó követelmények teljesítéséhez nem vehető figyelembe [NFTv 49.§ (5)]. Ezt a Neptun nem tudja ellenőrizni, ezért a megfelelő tantárgyfelvétel minden hallgató saját felelőssége: ha a tantárgyi adatlap alapján ez nem egyértelmű, kérjük, hogy felvétel előtt ki-ki konzultáljon közvetlenül a tantárgy előadójával vagy felelősével, szükség esetén a Kari Kreditátviteli Bizottsággal.