

Az MSc képzés programja

a villamosmérnöki szakon

Érvényes: 2015. február 1-től felmenő rendszerben

(V 4.16)

BUDAPEST, 2025



Tartalom

I. BEVEZETÉS.....	3
II. TANTERVI KERET	5
II.1 A villamosmérnöki mesterszak tantervi hálója	6
III. TERMÉSZETTUDOMÁNYOS ALAPISMERETEK.....	8
III.1 Felsőbb matematika villamosmérnököknek	8
III.2 Elágazó természettudományos tantárgy	12
III.3 Választható természettudományos ismeretek	14
III.4 Közös tantárgyak	17
IV. GAZDASÁGI ÉS HUMÁN ISMERETEK	21
V. SZAKMAI TÖRZSANYAG.....	23
V.1 Beágyazott információs rendszerek főspecializáció (MIT).....	23
V.2 Irányítórendszerek főspecializáció (IIT)	29
V.3 Mikroelektronika és elektronikai technológia főspec. (EET-ETT).....	33
V.4 Multimédia rendszerek és szolgáltatások főspecializáció (HIT)	38
V.5 Számítógép-alapú rendszerek főspecializáció (AUT)	42
V.6 Vezetéknélküli rendszerek és alkalmazások főspecializáció (HVT)	46
V.7 Villamosenergia-rendszerek főspecializáció (VET).....	51
VI. SZAKMAI TÖRZSANYAG VÁLASZTHATÓ ISMERETEI.....	55
VI.1 Mellékspecializációk.....	55
VI.1.1 Alkalmazott elektronika mellékspecializáció (AUT)	55
VI.1.2 Alkalmazott szenzorika mellékspecializáció (ETT).....	58
VI.1.3 E-mobilitás mellékspecializáció (VET-VG).....	61
VI.1.4 Épületvillamosság mellékspecializáció (VET-NF)	64
VI.1.5 Hang- és stúdiótechnika mellékspecializáció (HIT).....	66
VI.1.6 Intelligens robotok és járművek mellékspecializáció (IIT).....	68
VI.1.7 Okos város mellékspecializáció (TMIT)	71
VI.1.8 Optikai hálózatok mellékspecializáció (HVT)	75
VI.1.9 Programozható logikai áramkörök alk.technikája m.spec. (MIT)	77
VI.1.10 Smart Systems Integration mellékspecializáció (EET)	80
VI.1.11 Nukleáris rendszertechnika mellékspecializáció (VIK)	82
VI.2 Projektantárgyak.....	85
VII. SZABADON VÁLASZTHATÓ TANTÁRGYAK	91

I. Bevezetés

A képzés célja olyan mérnökök képzése, akik a villamos, elektronikus és számítástechnikai eszközökhöz, berendezésekhez és rendszerekhez kapcsolódó magas szintű természettudományos és specifikus műszaki ismeretek birtokában képesek új villamos, elektronikus és számítástechnikai rendszerek, berendezések és eszközök tervezésére, fejlesztésére és integrálására, a szakterületen kutatási-fejlesztési feladatok ellátására, koordinálására, alap- és alkalmazott kutatási feladatok kidolgozásában való részvételre, tanulmányaik PhD képzés keretében való folytatására.

Felvétel a villamosmérnöki mesterszakra: a mesterképzésbe történő belépés előzményeként elfogadott szak a villamosmérnöki (BSc) alapszak. A mesterfokú diplomához a mintatantervben szereplő kreditek megszerzésén felül szükséges, hogy a hallgatónak a kredit megállapításának alapjául szolgáló ismeretek – felsőoktatási törvényben meghatározott – összevetése alapján elismerhető legyen legalább 80 kredit a korábbi tanulmányai szerint az alábbi ismeretkörökben:

<i>természettudományos ismeretek</i> matematika (min. 12 kredit), fizika, villamos ipari anyagismeret;	20 kredit
<i>gazdasági és humán ismeretek</i> közgazdaságtani és menedzsment ismeretek, környezetvédelem, minőségbiztosítás, munkavédelem, szaknyelv, társadalomtudomány;	10 kredit
<i>elektrotechnikai, elektronikai és informatikai ismeretek</i> elektrotechnika, jelek és rendszerek, elektronika, digitális technika, informatika, programozás;	30 kredit
<i>villamosmérnöki szakmai alapismeretek</i> híradástechnika, méréstechnika, irányítástechnika, mikroelektronika, elektronikai technológia, villamos energetika, laboratórium.	20 kredit

A táblázat szerinti ismeretkörökben korábban megszerzett kreditek elismerése az előzményként elfogadott szak esetében automatikusan teljesül. Más szakokról történő jelentkezés esetében az elismerés elsősorban a következő alaptanulmányokkal rendelkezők esetében lehetséges: a gépészmérnöki, a közlekedésmérnöki, a mechatronikai mérnöki, a had- és biztonságtechnikai mérnöki, az energetikai mérnöki és a mérnök-informatikus alapszak.

A mesterképzésbe való felvétel feltétele, hogy a felsorolt ismeretkörökben legalább 50 kredittel rendelkezzen a hallgató. A hiányzó krediteket a mesterfokozat megszerzésére irányuló képzéssel párhuzamosan, a felvételtől számított két féléven belül, a felsőoktatási intézmény tanulmányi és vizsgaszabályzatában meghatározottak szerint meg kell szerezni.

A mesterképzés során megszerzendő ismeretek (120 kredit):

<i>természettudományos alapismeretek</i> matematika, fizika, számítástudomány, rendszerelmélet, valamint szakmaspecifikus alaptárgyak;	20-35 kredit
<i>villamosmérnöki szakmai ismeretek</i> villamos, elektronikus és számítástechnikai eszközök, berendezések, továbbá összetett rendszerek fejlesztéséhez, tervezéséhez, kivitelezéséhez, gyártásához és minőség-ellenőrzéséhez, és az ezekkel létrehozott komplex szolgáltatásokhoz kapcsolódó, a szakterületi mesterképzést megalapozó, átfogó elméleti ismeret, amely a villamosmérnöki szakma képzésében reprezentált szakterületei valamelyikének műveléséhez szükségesek;	15-35 kredit
<i>a szakmai törzsanyag kötelezően választható ismeretkörei</i> a választható specializációkat is figyelembe véve a villamosmérnöki szakma képzésben reprezentált szakterületei valamelyikének műveléséhez szükséges anyag-, eszköz-, készülék-, berendezés-, rendszer-, technológiai és tervezési ismeret területeiről szerezhető speciális ismeret. Szakmaspecifikus szakterületek: a beágyazott információs rendszerek, az energiaátalakító rendszerek, az infokommunikációs rendszerek, az irányítórendszerek és robotinformatika, a mikroelektronika és elektronikai technológia, a számítógép-alapú rendszerek, a multimédia rendszerek és szolgáltatások, a villamosenergia-rendszerek, a folyamatok automatizálása és informatikája, a távközlés és ipari kommunikáció; diplomamunka (30 kredit);	40-60 kredit

gazdasági és humán ismeretek gazdasági, vezetési és menedzsment ismeretek, minőségbiztosítás, ergonómia, kommunikációelmélet, műszaki tudományok kultúrtörténete, környezetvédelem;	10-20 kredit
szabadon választható tantárgyak ismeretkörei	min. 6 kredit

A szak orientációja: kiegyensúlyozott (a gyakorlati jellegű ismeretátadáshoz aránya 40-60 százalék).

Előtanulmányi rend:

A kar által kötelezően előírt MSc előtanulmányi rend szerint

- Az egyes specializáció-tantárgyak adatlapjai előtanulmányi rend előírásokat tartalmazhatnak, elsősorban természettudományos, közös és korábbi specializáció-tantárgyakra vonatkozóan.
- Az Önálló labor 1, Önálló labor 2, Diplomatervezés 1 és Diplomatervezés 2 tantárgyak
 - csak az adott szak MSc képzésének hallgatói számára vehetők fel,
 - csak a felsorolás sorrendjében vehetők fel, a felsorolásban őket megelőző tantárgyak kreditjeinek teljesítése után.
- A Diplomatervezés 2 tantárgy felvételének feltétele
 - a mintatantervnek megfelelően 84 kredit teljesítése,
 - Felsőbb matematika, az egyik Közös tantárgy, a Választható természettudományos tantárgy és a Diplomatervezés 1 tantárgy kreditjeinek megléte.
- További előírásokat a „BME VIK MSc diplomaterv, záróvizsga, oklevél szabályzata” tartalmazhat.

Specializálódás, specializáció váltás:

A szakon a képzés teljes ideje alatt a hallgatók fő- és mellékspecializációkhoz kapcsolódva végzik tanulmányaikat. A specializációkra a jelentkezésüket (a választani kívánt fő és mellékspecializációk sorrendjét) még felvételük előtt, a felvételi írásbeli ill. szóbeli alkalmával kell leadniuk.

A hallgató egy alkalommal, a specializációba kerülés kezdetétől számított fél éven belül, a BME Tanulmányi és Vizsgaszabályzatában meghatározott tanulmányi nyilvántartó rendszerben (TR) benyújtott kérvénnyel kérheti specializációja megváltoztatását. A kérelem elfogadása esetén a hallgató a következő félévtől kikerül az eredeti specializációról, és átkerül az általa megjelölt új specializációra (amennyiben az elindult). A specializációt váltó hallgatónak az eredeti specializáción elvégzett tantárgyai ügyében a Kari Kreditátviteli Bizottság hoz döntést.

Szakmai gyakorlat:

A képzés hallgatói számára a diploma megszerzésének feltétele egy legalább 4 hetes egybefüggő szakmai gyakorlat sikeres teljesítése is. A szakmai gyakorlat lehetséges időpontjait, helyszíneit, tartalmát és lebonyolításának rendjét, a kar szabályzatai határozzák meg.

II. Tantervi keret

A mesterszak tantervi hálóját két változatban készült el annak érdekében, hogy a tanulmányok a tavaszi és az őszi félévben is megkezdhetőek legyenek, de a tantárgyakat – kevés kivétellel – ne kelljen mindkét félévben meghirdetni. Ezzel biztosítani tudjuk, hogy a BSc képzést 7 (ill. páratlan számú) félév alatt teljesítő hallgatók félévkihagyás nélkül megkezdjék MSc tanulmányaikat.

A tanulmányaikat a tavaszi félévben megkezdő hallgatók mintatantervének féléveit 1-től 4-ig sorszámoztuk. Ugyanez a számozás az őszi félévben induló képzésnél 0-tól 3-ig terjed, ily módon valamennyi tavaszi félévet páratlan, valamennyi őszi félévet páros szám jelöl. A tantárgyakat igyekeztünk a különböző félévekben induló, de egyébként azonos szakon zajló képzések esetében úgy elhelyezni, hogy egy-egy tantárgy lehetőleg csak páros vagy csak páratlan félévben forduljon elő. Ezzel elérhető lett az a racionális cél, hogy az adott tantárgyat mindkét képzés számára csak évente egyetlen alkalommal (vagy tavasszal, vagy ősszel) kelljen meghirdetni. Amennyiben ugyanaz a tantárgy nem azonos sorszámu, de azonos párosságú félévben fordul elő a két mintatantervben (pl. 0 és 2), a fentiek alapján azt jelenti, hogy a tantárgynak a többi tantárgyhoz viszonyított helyzete („a tantárgyak sorrendje”) megváltozik ugyan a kétféle kezdés szerinti képzés mintatanterveiben, a tantárgy mégis közösen tartható meg a kétféle képzés (eltérő évfolyamai) számára.

A következő alfejezetben a mesterképzési szak mintatanterveit (ún. tantervi kereteit) mutatjuk be áttekintő jelleggel. Az egyes tantárgycsoportokban kötelező, kötelezően választható és szabadon választható tantárgyak is előfordulnak, ezek számát és kreditkorlátait az MSc képzés Képzési és kimeneti követelményei szabályozzák.

II.1 A villamosmérnöki mesterszak tantervi hálója

a) Kezdés a tavaszi félévben (1)

	Tárgynév	Szemeszter			
		1	2	3	4
Természettudományos alapismeretek (22 kredit)					
1	Felsőbb matematika villamosmérnököknek	2/1/0/f/3	2/1/0/f/3		
2	Elágazó term. tud. tantárgy ¹			3/1/0/v/4	
3	Választható term. tud. tantárgy		4/0/0/f/4		
4	Közös tantárgyak	3/0/0/f/4		3/0/0/f/4	
Gazdasági és humán ismeretek (10 kredit)					
5	Mérnöki menedzsment ²			4/0/0/v/4	
6	Választható gazd. hum. tantárgy			2/0/0/f/2	4/0/0/f/4
Szakmai törzsanyag kötelező ismeretkörei (28 kredit)					
7	Főspecializáció tantárgyak	2/1/0/v/4	2/1/0/v/4		
8		2/1/0/v/4	2/1/0/v/4		
9		2/1/0/v/4			
10	Főspecializáció labor		0/0/3/f/4	0/0/3/f/4	
Szakmai törzsanyag köt. választható ismeretkörei (54 kredit)					
11	Mellékspecializáció tantárgyak	2/1/0/v/4	2/1/0/v/4		
12			2/1/0/v/4		
13	Mellékspecializáció labor			0/0/2/f/2	
14	Önálló laboratórium	0/0/3/f/5	0/0/3/f/5		
15	Diplomatervezés			0/5/0/f/10	0/10/0/f/20
Szabadon választható tantárgyak (6 kredit)					
16	Szabadon választható tantárgy				6/0/0/f/6
Kritérium tantárgy (0 kredit)					
17	Szakmai gyakorlat	4 hét/a/0			
Összes heti óraszám		21	25	23	20
Előadás/gyakorlat/labor óraszám		13 / 5 / 3	14 / 5 / 6	12 / 6 / 5	10 / 10 / 0
Összes kredit-pontszám		28	32	30	30
Vizsgaszám		4	4	2	0

¹ A Fizika 3 c. tantárgy a tavaszi, az Elektromágneses terek c. tantárgy az őszi félévben kerül felkínálásra

² A Mérnöki menedzsment c. tantárgy az őszi félévekben magyar, a tavaszi félévekben angol nyelven indul.

Jelmagyarázat: előadás/gyakorlat/laboratórium/v=vizsga, f=félévközi jegy, a=aláírás/kreditpont

Összesítés: ea / gyak / lab: 49 / 26 / 14 = 89 óra (ea / gyak+lab = 49 / 40 = 55,1% / 44,9%)

b) Kezdd az őszi félévben (0)

	Tárgynév	Szemeszter			
		0	1	2	3
Természettudományos alapismeretek (22 kredit)					
1	Felsőbb matematika villamosmérnököknek	2/1/0/f/3	2/1/0/f/3		
2	Elágazó term. tud. tantárgy ¹	3/1/0/v/4			
3	Választható term. tud. tantárgy	4/0/0/f/4			
4	Közös tantárgyak		3/0/0/f/4		3/0/0/f/4
Gazdasági és humán ismeretek (10 kredit)					
5	Mérnöki menedzsment ²	4/0/0/v/4			
6	Választható gazd. hum. tantárgy	4/0/0/f/4		2/0/0/f/2	
Szakmai törzsanyag kötelező ismeretkörei (28 kredit)					
7	Főspecializáció tantárgyak		2/1/0/v/4	2/1/0/v/4	
8			2/1/0/v/4	2/1/0/v/4	
9			2/1/0/v/4		
10	Főspecializáció labor			0/0/3/f/4	0/0/3/f/4
Szakmai törzsanyag köt. választható ismeretkörei (54 kredit)					
11	Mellékspecializáció tantárgyak		2/1/0/v/4	2/1/0/v/4	
12				2/1/0/v/4	
13	Mellékspecializáció labor				0/0/2/f/2
14	Önálló laboratórium	0/0/3/f/5	0/0/3/f/5		
15	Diplomatervezés			0/5/0/f/10	0/10/0/f/20
Szabadon választható tantárgyak (6 kredit)					
16	Szabadon választható tantárgy	4/0/0/f/4	2/0/0/f/2		
Kritérium tantárgy (0 kredit)					
17	Szakmai gyakorlat	4 hét/a/0			
Összes heti óraszám		26	23	22	18
Előadás/gyakorlat/labor óraszám		21 / 2 / 3	15 / 5 / 3	10 / 9 / 3	3 / 10 / 5
Összes kredit-pontszám		28	30	32	30
Vizsgaszám		2	4	4	0

¹ A Fizika 3 c. tantárgy a tavaszi, az Elektromágneses terek c. tantárgy az őszi félévben kerül felkínálásra

² A Mérnöki menedzsment c. tantárgy az őszi félévekben magyar, a tavaszi félévekben angol nyelven indul.

Jelmagyarázat: előadás/gyakorlat/laboratórium/v=vizsga, f=félévközi jegy, a=aláírás/kreditpont

Összesítés: ea / gyak / lab: 49 / 26 / 14 = 89 óra (ea / gyak+lab = 49 / 40 = 55,1% / 44,9%)

III. Természettudományos alapismeretek

III.1 Felsőbb matematika villamosmérnököknek

A természettudományos alapismereteken belül 4 felsőbb matematika tantárgy jelenik meg a villamosmérnök mesterképzés kínálatában, melyek közül kettőt kell teljesíteni.

A felsőbb matematika tantárgyak listája:

Tantárgy neve	Tantárgykód
Haladó lineáris algebra	BMETE90MX54
Kombinatorikus optimalizálás	BMEVISZMA06
Sztochasztika	BMETE90MX55
Analízis	BMETE90MX53

Mindegyik specializáció meghatározza, hogy a négy tantárgy közül melyek alapozzák meg leginkább a szakmai programjukat. A hallgatóknak kötelező jelleggel két felsőbb matematika tantárgyat kell felvenniük a mellékelt táblázat szerint.

Főspecializáció	Felsőbb matematika 1 (tavaszi félév)	Felsőbb matematika 2 (ősz félév)
Beágyazott információs rendszerek	Haladó lineáris algebra	Sztochasztika
Irányítórendszerek	Haladó lineáris algebra	Analízis
Mikroelektronika és elektronikai technológia	Haladó lineáris algebra	Sztochasztika
Multimédia rendszerek és szolgáltatások	Kombinatorikus optimalizálás	Sztochasztika
Számítógép alapú rendszerek	Haladó lineáris algebra	Analízis
Vezetéknélküli rendszerek és alkalmazások	Haladó lineáris algebra	Sztochasztika
Villamosenergia-rendszerek	Kombinatorikus optimalizálás	Sztochasztika

Haladó lineáris algebra

([BMETE90MX54](#), 1. szemeszter, 2/1/0/f/3 kredit, TTK Algebra Tanszék)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy a lineáris algebra azon fejezeteibe nyújt bevezetést, amelyek fontosak a haladó mérnöki tanulmányok szempontjából. Fontos cél, hogy a hallgatók alkalmazni tudják a lineáris algebra módszereit, eszközeit a felmerülő szakmai problémák megoldása során. A tantárgy követelményeit eredményesen teljesítő hallgatótól elvárható, hogy értse, és konkrét feladatokban, példákön alkalmazni tudja a tanult fogalmakat, ismereteket, a gyakorlatban felmerülő helyzetekben ismerje

fel a tanult módszerek alkalmazási lehetőségeit, legyen képes a szakirodalomra támaszkodva önállóan bővíteni a kapcsolatos ismereteit.

Rövid tematika: A lineáris algebra tanult alapfogalmainak áttekintése. Vektortér, mátrix, lineáris egyenletrendszer megoldása. Mátrix determinánsa, rangja, sajátérték, sajátvektor, karakterisztikus polinom, Cayley–Hamilton-tétel, hasonlóság. Bilineáris formák, euklideszi terek. Speciális mátrixok (szimmetrikus, Hermite-, ortogonális, unitér, szemi-definit). Jordan-normálforma, főtengetyeltétel.

A Moore–Penrose-inverz és alkalmazásai. Projekciók. Az általánosított inverz mátrix fogalma, a Moore–Penrose-tétel. Inkonzisztens lineáris egyenletrendszerek közelítő megoldása. Nevezetes lineáris mátrixegyenletek ($AXB=C$, $AX-XB=C$, $AX-YB=C$) és megoldásuk az MP-inverz segítségével.

Normák és mátrixfüggvények. A spektrális és az euklideszi (Frobenius-) mátrixnorma, p -normák, kapcsolatuk, egyenlőtlenségek. Sajátértékekre vonatkozó egyenlőtlenségek (Gersgorin, Schur). Mátrixfüggvények, előállításuk polinomokkal, a mátrix-exponenciális. Mátrixfüggvények differenciálása, lineáris differenciál-egyenlet-rendszerek. A Lax-egyenlet.

Nem negatív elemű mátrixok. Pozitív, reducibilis és irreducibilis mátrixok. Frobenius és Perron tételei (irreducibilis nemnegatív mátrixokra). Egyenlőtlenségek a spektrálsugárra. Sztochasztikus és duplán sztochasztikus mátrixok. Kapcsolat a Markov-láncokkal. Birkhoff tétele, kapcsolat a párosítási feladattal, a Frobenius–König-tétel.

Szinguláris értékek szerinti felbontás (SVD). Létezése, egyértelműsége, kapcsolata a poláris felbontással. SVD és alacsony rangú közelítések, Eckart–Young-tétel. Az SVD számítása. A módszer néhány alkalmazása (pszeudoinverz számítása, homogén lineáris egyenletrendszer megoldása, legkisebb négyzetek módszere). A QR-felbontás fogalma. Householder-tükrözések, alkalmazásuk a QR-felbontás számítására.

Lineáris mátrixegyenlőtlenségek. Konvex halmazok, konvex függvények, konvex optimalizálás, konvex programok, dualitás, a Karush–Kuhn–Tucker-tétel. Az ellipszoid algoritmus. Lineáris mátrix egyenlőtlenségek, alkalmazási példák. Megoldásuk az ellipszoid-módszerrel és belső pontos algoritmusokkal.

Nevezetes alkalmazások. A lineáris algebra néhány nevezetes alkalmazása: nemnegatív és szimmetrikus mátrixok az internetes lapokat rangsoroló algoritmusokban; SVD az információkeresés gyakorlatában (vektorteres indexelés, a mögöttes szemantikájú indexelés lineáris algebrai vonatkozásai); hibajavító kódok; titokmegosztás.

Kombinatorikus optimalizálás

([BMEVISZMA06](#), 1. szemeszter, 2/1/0/f/3 kredit, SZIT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy az operációkutatás és a kombinatorikus optimalizálás néhány területére nyújt bevezetést. A téma legfontosabb algoritmusainak, módszereinek és korlátainak ismertetése mellett célul tűzi ki, hogy ezek műszaki alkalmazásaiba is betekintést nyújtson. A szemeszter első felében olyan átfogó, általános módszereket mutat be, amelyek a gyakorlati élet számtalan területén eredményesen alkalmazhatónak bizonyultak. Így terítékre kerül a lineáris programozás, a matroidelmélet, a közelítő algoritmusok, valamint az ütemezési algoritmusok témaköre. A félév második felében három olyan műszaki esettanulmányt tárgyal, amelyek részben a fenti általános módszerek, részben a kombinatorikus szemléletű megközelítés eredményességét és hatékonyságát illusztrálják. Így betekintést nyújt a megbízható hálózatok tervezése, a villamos hálózatok klasszikus elmélete és a nagy bonyolultságú hálózatok huzalozása kapcsán felmerülő kombinatorikus jellegű feladatokba. A tantárgy további célja, hogy a villamosmérnök BSc képzés A számítástudomány alapjai című tantárgya során korábban megszerzett ismereteket alkalmazza, elmélyítse, azok elméleti hátterét jobban megvilágítsa. A tantárgy követelményeit eredményesen teljesítő minden hallgatótól elvárható, hogy: értse és konkrét feladatokban, példákon alkalmazni tudja a tárgyalt fogalmakat és ismereteket, a gyakorlati élet által felvetett problémákban felismerje a tanult módszerek alkalmazási lehetőségeit, példákon keresztül illusztrálni tudja a kombinatorikus optimalizálás gyakorlati alkalmazási lehetőségeit.

Rövid tematika: Lineáris programozás: A lineáris programozás alapfeladata. Farkas-lemma, a lineáris programozás dualitástétele. Egészértékű programozás, a feladat bonyolultsága, korlátozás és

szétválasztás (Branch and Bound). Totálisan unimoduláris mátrixok és alkalmazásuk páros gráfokra, illetve hálózati folyamokra.

Matroidelmélet: Matroidelméleti alapfogalmak (alaphalmaz, függetlenség, bázis, kör, rang). Mohó algoritmus matroidon. Dualitás, minorok, direkt összeg, összeg. Matroidelméleti algoritmusok (partíciós és metszet-algoritmusok, orákulumok).

Közelítő algoritmusok: Additív és relatív hibával közelítő algoritmus fogalma. Halmazfedési feladat, a Steiner-fa probléma, utazó ügynök probléma, nevezetes heurisztikák az utazó ügynök probléma euklideszi esetére.

Ütemezési algoritmusok: Ütemezési feladatok típusai. Egygépes ütemezések, listás ütemező algoritmus párhuzamos gépek esetén, Hu algoritmus, Coffman és Graham algoritmus.

Megbízható hálózatok tervezése: Lokális élısszefüggőség és élısszefüggőségi szám fogalma. Nagamochi és Ibaraki algoritmus, Karger algoritmus. Minimális méretű 2-élısszefüggő, illetve 2-élısszefüggő részgráfok keresése, Khuller és Vishkin algoritmus, Cheriyan és Thurimella algoritmus. Gráfok 2-élısszefüggővé növelése, Plesnik algoritmus.

Nagybonyolultságú hálózatok huzalozása: A részletes huzalozás feladata. Egyetlen pontsor huzalozása a Manhattan modellben, Gallai algoritmus. Csatornahuzalozás 2 rétegen a megszorítás nélküli, illetve több rétegen a Manhattan modellben. Switchboxhuzalozás több rétegen. Éldiszjunk huzalozás.

Hálózatelméleti alkalmazások : Klasszikus villamos hálózatok egyértelmű megoldhatósága, Kirchhoff tételei. Általánosítás a transzformátorokat vagy girátorokat is tartalmazó hálózatokra, algoritmusok a feltételek ellenőrzésére. Általánosítás lineáris sokkapukat tartalmazó hálózatokra. Villamos hálózatok duálisa.

Sztochasztika

([BMETE90MX55](#), 2. szemeszter, 2/1/0/f/3 kredit, TTK Sztochasztika Tanszék)

A tantárgy célkitűzése: A valószínűségszámítás és sztochasztikus folyamatok elmélete néhány haladóbb témakörének bemutatása a villamosmérnöki mesterképzésben résztvevő hallgatóknak. A hangsúlyokat a jelenségek megértésére és az alkalmazásokra helyezzük. Széles körben (a tantárgy témakörén kívül is) alkalmazható technikákat prezentálunk, rávilágítunk más matematikai és matematikán kívüli természettudományos és műszaki területekkel való összefüggésekre. Alapelv: minden egyes témához sok konkrét példát, számolást, konkrét alkalmazást mutatunk be. Bizonyításokat többnyire csak vázlatosan prezentálunk, viszont hangsúlyt helyezünk a szemléletre és a (matematikai és egyéb) jelenségekre.

Rövid tematika: Valószínűségszámítási alapok ismételése, eloszlások "függvénytana" : Valószínűségi változó, eloszlásfüggvény, sűrűségfüggvény. Várható érték, szórásnégyzet, magasabb momentumok. Nevezetes eloszlások. Együttesen értelmezett valószínűségi változók, együttes eloszlás- és sűrűségfüggvény. Várható érték vektor, kovariancia mátrix, alaptulajdonságai, Cauchy-Schwarz-egyenlőtlenség. Nevezetes többdimenziós eloszlások. Sűrűségfüggvények transzformációja leképezésekkel. Többdimenziós normális eloszlás.

Generátor- és momentumgeneráló függvények. Határeloszlások és nagy eltérések: Generátorfüggvény, alaptulajdonságai. Konvolúció és keverék-eloszlások generátorfüggvénye. Alkalmazások, elágazó folyamatok. Momentumgeneráló függvény, tulajdonságok. Centrális határeloszlás tétel. Nagy eltérések elemei: Bernstein- egyenlőtlenség, Chernoff-korlát, Höeffding-egyenlőtlenség, Kramer-tétel. Alkalmazások sorbanállási problémákra és kapacitás méretezésre.

Sztochasztikus folyamatok elemei: Markov-láncok és Markov-folyamatok. Mi is egy sztochasztikus folyamat? Véges állapotterű Markov-láncok, állapotok osztályozása, irreducibilitás, periódus, aperiodicitás. Stacionárius mérték, hosszú idejű viselkedés, ergodicitás. Megszámálható állapotterű Markov-láncok. Alkalmazás születési-halálozási folyamatokra és sorbanállási problémákra. Folytonos idejű Markov-láncok elemei: Poisson folyamat, ugrási ráták, szemléletes jellemzés. Kolmogorov-Chapman egyenletek, infinitezimális generátor. Sorbanállási alkalmazások.

A matematikai statisztika elemei: Mintavétel, becslések, hipotézisek, statisztikai próbák: u-próba, t-próba, F-próba, khi-négyzet-próba. Maximum likelihood becslés. Lineáris és nemlineáris regresszió.

Gyengén stacionárius folyamatok: spektrál-felbontás, spektrál-elmélet elemei: Gyengén stacionárius folyamatok Z -n, R -en, jellemzésük a kovariancia-függvénnyel, realizációjuk Gauss-folyamatként. Trigonometrikus folyamatok, autoregresszív és mozgó átlag folyamatok. Stacionárius folyamat spektrális felbontása. Példák. Szűrés, példák szűrőkre.

Analízis

([BMETE90MX53](#), 2. szemeszter, 2/1/0/f/3 kredit, TTK Analízis Tanszék)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy a lineáris algebra azon fejezeteibe nyújt bevezetést, amelyek fontosak a haladó mérnöki tanulmányok szempontjából. Fontos cél, hogy a hallgatók alkalmazni tudják a lineáris algebra módszereit, eszközeit a felmerülő szakmai problémák megoldása során.

Rövid tematika: Numerikus optimalizálás: Numerikus gyökkeresés nemlineáris egyenletek és egyenletrendszerek esetén (intervallumfelezési eljárás, szelőmódszer, egyszerű iteráció, Newton-módszer és változatai, csak megemlítve). Minimalizálás egy- és többdimenzióban (gradiens-alapú módszerek, Newton-módszerek, Gauss-Newton módszer). A SVD szerepe az optimalizálásban (legkisebb négyzetek módszere, általánosított inverz, összehasonlítás a QR felbontáson alapuló megoldással).

Hardy terek: Hardy-terek a jobb és bal félsíkon, norma. Nemtangenciális limesz a számegegyenesen. A függvény visszaállítása a határfüggvényből Poisson- és Cauchy-integrállal. A H^2 Hardy-tér jellemzése Fourier-transzformációval (Paley-Wiener tétel). Projekció H^2 -re, Toeplitz operátor, Hankel operátor. Nehari tétele a Hankel-operátor normájáról.

Waveletek: Fourier-transzformált és inverze. Ablak Fourier-transzformáció. Alkalmazás az időbeli frekvencia lokalizációjára. Rekonstruálási formula. Jelfeldolgozás az idő-frekvencia tartományban. Folytonos wavelet-transzformációk: waveletek transzformálásának célja és definíciója. Rekonstruálási formulák. Frekvencia lokalizációja. Diszkrét idő-frekvencia analízisének és mintavételezése. Shannon-féle mintavételi tétel. Mintavételezés az idő-frekvencia tartományon.

Differenciálgeometria: Vektormezők fogalma, Lie-derivált, vektormezők Lie-algebrája. k -dimenziós részsokaság (submanifold), érintő tér (tangent space), k -dimenziós disztribúció, teljesen integrálható disztribúció, involutív disztribúció. Frobenius-tétel: Egy disztribúció teljesen integrálható akkor és csakis akkor, ha involutív.

Fixponttételek, maximumelv: Banach fixponttétele, Brouwer- és Schauder-fixponttétel. Euler-Lagrange egyenletek (többváltozós függvényekre is). Pontrjagin-féle maximumelv, alkalmazási példák. Diszkrét vezérlési feladatok, Bellman-egyenletek. Tyihonov-funkcionál.

III.2 Elágazó természettudományos tantárgy

A felsőbb fizikai ismeretekben belül 2 tantárgy közül választhatnak a hallgatók. A képzéshez egy tantárgyat kell kötelező jelleggel teljesíteniük, érdeklődés esetén a másik kötelezően választható természettudományos vagy szabadon választható tantárgyként vehető fel.

Az elágazó természettudományos tantárgyak a következők:

Tantárgy neve	Tantárgykód
Fizika 3	BMETE11MX33
Elektromágneses terek	BMEVIHVMA08

Fizika 3

([BMETE11MX33](#), tavaszi szemeszter, 3/1/0/v/4 kredit, TTK Fizika Tanszék)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy a modern fizika azon fejezeteibe nyújt bevezetést, amelyek fontosak a haladó mérnöki tanulmányok szempontjából. Fontos cél, hogy a hallgatók alkalmazni tudják a modern fizika módszereit, eszközeit a felmerülő szakmai problémák megoldása során.

A tantárgy követelményeit eredményesen teljesítő hallgatótól elvárható, hogy értse, és konkrét feladatokban, példákban alkalmazni tudja a tanult fogalmakat, ismereteket, a gyakorlatban felmerülő helyzetekben ismerje fel a tanult módszerek alkalmazási lehetőségeit, legyen képes a szakirodalomra támaszkodva önállóan bővíteni a kapcsolatos ismereteit.

Rövid tematika: A Kvantummechanikában használt matematikai eszközök rövid összefoglalása: Az (absztrakt) Hilbert tér és fontosabb jellemzői. Kötött és nem kötött állapotok tárgyalása. A klasszikus mechanika és a kvantummechanika kapcsolata. Az atomok elektronszerkezete. Az elektron-spin és leírása Pauli mátrixokkal. Atomok mágneses térben. Az „egyrészecske” közelítés. Kötéstípusok. Molekulapályák.

A kvantumstatistikák, Fermion- és Bozon- rendszerek. A „fotongáz”. Rugalmas hullámok és a fononok. Szilárd testek fajhője alacsony hőmérsékleten. Kristályos anyagok sáv szerkezete, vezetők, szigetelők, félvezetők. „Kristályelektronok” fogalma és azok viselkedése külső tér hatására. Az Ehrenfest tétel alkalmazása. A Boltzmann egyenlet stacionárius esetben. A relaxációs idő és a lineáris közelítés. Az elektromos vezetőképesség meghatározása kvantummechanikai modellben.

A szilárd anyagok optikai tulajdonságainak atomi elmélete, az oszcillátor-modell. Fémek optikai tulajdonságai. A Plazmafrekvencia. Elektromágneses hullám terjedése vezetőkben. Transzmissziós tényező. Atomok dia-mágnessége, a szabad elektrongáz paramágnessége. A paramágneses szuszceptibilitás, a ferromágnesség átlagtér elmélete. A szupravezetés kísérleti alapjai, a Meissner effektus. Fenomenológikus elmélet A BCS elmélet alapgondolata és kísérleti igazolása, fluxuskvantálás. Kvantum-interferometria.

A kvantum-optika és a lézerfizika alapjai.

Elektromágneses terek

([BMEVIHVMA08](#), őszi szemeszter, 3/1/0/v/4 kredit, HVT)

A tantárgy célkitűzése: A tárgy fő célkitűzése az elektromágneses jelenségek kvalitatív és kvantitatív tárgyalása deduktív módon, a Maxwell-egyenletekből kiindulva. Az elektromágneses terek elméletének magasabb szintű tárgyalása, az alapképzésben megszerzett ismeretek elmélyítése. Az elektromágneses mezők számítógépes szimulációjára alkalmazott módszerek megismertetése, egyes modellezési kérdések tárgyalása. A modellezés alapján történő eszköz tervezési folyamat megismertetése. Néhány elektromágneses eszköz működési elvének ill. tétel elméleti alapjainak bemutatása az alacsony frekvenciás, villamosenergetikai alkalmazásoktól a nagyfrekvenciás, mikrohullámú eszközökön keresztül egyes optikai és nanoelektronikai alkalmazásokig bezárólag.

Rövid tematika: Bevezető rész: A Maxwell-egyenletek rendszere. Erőhatások és energia-átalakulások az elektromágneses térben. Elektromágneses tér anyag jelenlétében. Elektromos és mágneses polarizáció, komplex permittivitás és permeabilitás. Szigetelők és fémek optikai tulajdonságai. Anizotrop, nemlineáris és aktív anyagmodellek. Az anyagparaméterek változása a nanométeres tartományban. A Maxwell-egyenletek megoldása potenciálok bevezetésével: elektromos és mágneses skalárpotenciál, mágneses vektorpotenciál, áram-vektorpotenciál, dualitás, a vektoriális Poisson-egyenlet, mértékválasztás. Kvázistacionárius közelítés. Homogén és inhomogén hullámegyenlet, retardált potenciálok. Peremértékfeladatok, peremfeltételek, a megoldás egyértelműsége, a peremfeltételek értelmezése. A sugárzási feltétel.

Numerikus módszerek: Az időbeli véges differenciák módszere (FDTD). Green-függvények, az integrálegyenletek módszere. Súlyozott maradék-elv, a Laplace-Poisson-egyenlet gyenge alakja, a végeselem-módszer (FEM). Térszámító szoftverek tipikus kezelőfelülete. A diszkretizálás kérdései. Skalár- és vektormezők, hullámterek megjelenítése. Periodikus struktúrák modellezése. Térszámítási és hálózati modellek összekapcsolása. Optimalizálási és inverz feladatok.

Vegyes alkalmazások: Mágneses körök. Indukálási jelenségek. Örvényáramok, áramkiszorítás. Örvényáramú anyagvizsgálat. Gerjesztett hullámok: a Hertz-dipólus, közel- és távotér, iránykarakterisztika, sugárzási ellenállás, irányhatás, nyereség. Vezetett hullámok: csőtápvonal, TE és TM módusok, határfrekvencia, fázis- és csoportsebesség, téglalap keresztmetszetű csőtápvonal módusai. Üregrezonátorok, jósági tényező. Nyitott hullámvezetők: mikroszalag-vonalak, dielektromos hullámvezetők. Metaanyagok: vékony fémes nanohuzalok, rezonáns struktúrák. Elektromágneses hullámok negatív törésmutatójú metaanyagokban. Fotonikus kristályok: két- és háromdimenziós periodikus szerkezetek, diszperziós egyenletek, optikai tiltott sávok. Fotonikus kristály alapú optikai kábelek, hullámvezetők, üregrezonátorok és modulátorok.

III.3 Választható természettudományos ismeretek

Választható természettudományos ismeretek területén a hallgatónak az alábbi listában szereplő tárgyak közül egyet kell kötelező jelleggel teljesítenie. Ha az elágazó természettudományi tantárgynál valaki az Elektromágneses terek c. tantárgyat teljesítette, akkor választható természettudományos tantárgyként az Elektromágneses terek c. tantárgy nem vehető fel még egyszer.

A választható természettudományos tantárgyak listája:

Tantárgy neve	Tantárgykód
Elektromágneses terek	BMEVIHVMA08
Fotonikai eszközök	BMEVIETMA06
Kvantum-informatika és kommunikáció	BMEVIHIMA14
Nanotudomány	BMEVIETMA07
Villamos szigetelések és kisülések	BMEVIVEMA14

Elektromágneses terek

([BMEVIHVMA08](#), 0. vagy 2. szemeszter, 3/1/0/v/4 kredit, HVT)

A tantárgy célkitűzését és rövid tematikáját lásd az Elágazó természettudományos tantárgyaknál.

Fotonikai eszközök

([BMEVIETMA06](#), 0. vagy 2. szemeszter, 4/0/0/f/4 kredit, ETT)

A tantárgy célkitűzése: A tárgy a fotonika anyagaival, eszközeivel és alkalmazásaival kívánja megismertetni a hallgatókat.

Rövid tematika: Bevezetés: a fotonika fizikai és technológiai alapjai, optikai adatátvitel és jelfeldolgozás, passzív elemek fizikája, aktív elemek fizikája, kritikus technológiák.

Fényforrások és érzékelők. Nem koherens fénnel működő szerkezetek: izzók, lumineszcens elemek, fotóvezetők, LED, PD, PT napelemek. Koherens fénnel működő eszközök: szilárdtest lézerek, lézer diódák, szuperrácsok.

Passzív elemek anyagai és tulajdonságai: üvegek, kristályok, polimerek.

Aktív optikai elemek anyagai és tulajdonságai: modulátorok, deflektorok; polarizátorok, szűrők; frekvenciaváltoztatók; bistabil elemek, kapcsolók; szolitonok az adatátvitelben; folyadékkristályos eszközök.

Fényérzékeny anyagok és optikai memória: az adatrögzítés paraméterei, ezüsthalogenid alapú rendszerek, ezüstmentes anyagok, magnetooptika.

Optikai adatátviteli és adatfeldolgozó rendszerek: fényszáloptika és adatátvitel, képfeldolgozás optikai szenzorok

Összegzés, kitekintés.

Kvantum-informatika és kommunikáció

([BMEVIHIMA14](#), 0. vagy 2. szemeszter, 4/0/0/f/4 kredit, HIT)

A tantárgy célkitűzése: Napjaink számítástechnikai eszközei teljesítőképességük elvi határához éreztek, mivel az áramköri elemek a jelenlegi technológiával tovább nem csökkenthetők lényegesen. Ugyanakkor egyre több informatikai és távközlési feladat vár megoldásra, melyeket a jelenlegi számítástechnikai kapacitásokkal reménytelen megoldani, csupán szuboptimális megoldások alkalmazhatók. E kettős problémakörre kínál megoldást a kvantummechanikai alapokra épülő ún. kvantum informatika és

kommunikáció, mely egyfelől atomi méretekre zsugorítja az áramköri elemeket, másfelől nagyfokú párhuzamosíthatóságot tesz lehetővé, ezáltal lényegesen redukálva a számítási időt, harmadrészt pedig a klasszikus világban szokatlan megoldási lehetőségeket is kínál (pl. teleportálás). A tantárgy célja, hogy megismertesse a hallgatóságot a kvantum informatika fogalomrendszerével, információ elméleti vonatkozásaival és alkalmazási példákon keresztül informatikai és távközlési környezetben való alkalmazhatóságával. A tárgy röviden ismerteti a gyakorlati megvalósítás alapjait is.

Rövid tematika: Bevezetés. Motivációk, Moore-törvény. Hogyan nyerjünk vetélkedőt (egy szemléletes példa), feladvány a hallgatóknak, egyéni és csapatverseny meghirdetése. A gyök NOT kapu rejtélye. A kvantummechanika rövid története.

Kvantum informatika alapjai 1. Kvantummechanika posztulátumai, Hilbert-tér és a kvantummechanika kapcsolata, egyszerűsített leírás; Qbit, qregiszter: jelölések, definíciók; komplex valószínűségi amplitúdók bevezetése; szuperpozíció és jelentősége.

Kvantum informatika alapjai 2. Összefonódás (entanglement), mint lírai és kvantummechanikai jelenség ; irány az Alfa Centauri – vagy mégsem? A kvantum interferométer működése – a kvantumszakember esete a lepkével. A dekoherencia jelensége és következményei.

Mérési technikák: Projektív: mérés merőleges bázisban, avagy hogyan menjünk biztosra? POVM: mérés nem merőleges bázisban, avagy mit tegyünk, ha a természet nem engedi, hogy biztosra menjünk? POVM: paraméterek optimalizálása: a tűzoltókat kéméljük, vagy inkább ne égjen le a házunk? Méréstípusok kapcsolata és megfeleltethetősége.

Egyszerű kvantum algoritmusok : Szupersűrűségű tömörítés. Teleportálás: lehetőségek és korlátok. Deutsch-Jozsa-algoritmus, avagy Könyves Kálmán tévedett és mégis vannak a boszorkányok? Simon-algoritmus: beszélgetés a többdimenziós boszorkányokkal.

Kvantum Fourier-transzformáció, QFT. Származtatása a klasszikus DFT-ből. Dekompozíciója és megvalósítása elemi kvantum kapukból 1. Dekompozíciója és megvalósítása elemi kvantum kapukból 2. Komplexitása és kvantum használatának lehetőségei.

Infokommunikációs problémák kvantum alapú megoldásai 1. Prímtényezőre bontás klasszikus eszközökkel. A Shor-algoritmus elméleti háttere. A Shor-algoritmus megvalósítása QFT-vel. A Shor-algoritmus elemzése, komplexitása, értékelése.

Infokommunikációs problémák kvantum alapú megoldásai 2. Keresés rendezetlen adatbázisban. A Grover-algoritmus elméleti háttere. A Grover-algoritmus megvalósítása iteratív módon. A Grover-algoritmus elemzése, komplexitása, értékelése.

Infokommunikációs problémák kvantum alapú megoldásai 3. Kvantum számlálás elméleti háttere. Kvantum számlálás elemzése, komplexitása, értékelése. Minimum/maximum keresés elméleti háttere. Minimum/maximum keresés elemzése, komplexitása, értékelése.

Kvantum kriptográfia: támadás és védekezés kvantum eszközökkel. Kvantum kriptanalízis Grover-algoritmussal. Kvantum kriptanalízis Shor-algoritmussal. Kvantum kulcsszétosztó protokollok 1. Kvantum kulcsszétosztó protokollok 2.

Kvantum logikai kapu rendszerek és ezek ekvivalenciája. Kvantum algoritmusok klasszikus szimulációja. Elemi kvantum logikai kapu halmazok. Kvantum algoritmusok dekompozíciója elemi kvantum kapukra 1. Kvantum algoritmusok dekompozíciója elemi kvantum kapukra 2.

Információelmélet kvantuminformatikai alapokra helyezése. Kvantum mechanika és információelmélet kapcsolata, paradigmaváltás a bizonyítás terén. Rendszertípusok I.: Determinisztikus, Valószínűségi (probabilistic): pl. neurális, genetikus, stb., Kvantum. Rendszertípusok II.: Klasszikus, Kvantum támogatású klasszikus, Tiszta kvantum. A kvantumszámítógép: Deutsch-féle tételek és bizonyításai.

Kvantum információelmélet. Feltételes entrópia és információ általánosítása. Kvantum csatornák kapacitása. Kvantum zaj és hibajavítás. Kvantum forráskódolás.

Kvantum számítógépek, hol tart ma a világ. Foton, elektron, atom, molekula alapú megközelítések. A Bevezetésben feladott feladvány megoldása, a beadott megoldási javaslatok értékelése. Filozófiai kitekintés. Összefoglalás

Nanotudomány

([BMEVIETMA07](#), 0. vagy 2. szemeszter, 4/0/0/f/4 kredit, ETT)

A tantárgy célkitűzése: A nanotechnológia elméleti megalapozása. A 0,2...100 nm-es tartományba tartozó rendszerek vizsgálata. Jelenségek szerves és szervetlen rendszerekben, amelyek rendszerek néhány százától néhány millió atomból állhatnak. A tantárgy elméletileg megalapoz egy nanotechnológia jellegű tárgyat.

Rövid tematika: A nanotudomány által használt fogalmak definiálása. A nano mint mérettartomány. Kvantumjelenségek, ezek fizikai háttere: diffúzió nanoméreteken, szórási jelenségek, transzportfolyamatok (hő, elektromos). Újdonságok a nanovilágban: miért nem „kicsi mikro” a nano? Bottom-up, top-down technikák. Self-assembly.

A szén allotrop módosulatai (gyémánt, grafit, fullerének, nanocsövek). Kristálytani leírás. Szilárdtestfizikai jellemzők. Makroszkopikus fizikai jellemzők (mechanikai, elektromos, egyéb), ezek mikroszkopikus értelmezése. Alkalmazási területei a nanotechnológiában: elektronikai (passzív és aktív) építőelemek; szén alapú kompozitok, ezek mechanikai tulajdonságai; grafén alapú felületi elektronika víziója; nanocsövek alkalmazása a szenzorikában.

Egy-, két- és háromdimenziós nanoobjektumok. Nanostruktúrák osztályozása anyaguk alapján, az egyes csoportok fő „nano” jellegzetességei: elemi félvezetők, vegyületfélvezetők, oxidok.

Elektromos és fotonikai alkalmazások. Az eszközök működésének fizikai alapjai (LED, lézer, tranzisztorok, logikai kapuk). Többrétegű nanoszerkezetek, mágneses anyagok. Szerves és szervetlen nanorendszerek együttműködése. Fénykeltés nanoobjektumokkal. Mechanikai érzékelők, bioszenzorok.

Különleges anyagi rendszerek. A SiO₂-protein rendszer. A DNS mint nano-építőelem. Biomolekulák.

Vizsgálati módszerek. Mikroszkópia: pásztázószondás, pásztázó és transzmissziós elektronmikroszkópia (röviden). Spektroszkópiai módszerek. Optikai közeltér-mikroszkóp.

Villamos szigetelések és kisülések

([BMEVIVEMA14](#), 0. vagy 2. szemeszter, 4/0/0/f/4 kredit, VET)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy a levegőtől az olajon, fán, papíron keresztül, a PVC-n, a polietilénen, teflonon át a legmodernebb technológiai szigetelőknél, az intelligens anyagokig, a mikro- és nanotechnológiák szigeteléséig, valamint az élő szövetekig mutatja be a szigeteléseket és a bennük kialakuló villamos kisüléseket.

Megismerteti a hallgatót az ipari villamos szigetelések alapvető feladataival, a szigetelések igénybevételeivel, a szigetelőanyagok legfontosabb tulajdonságaival, a szigetelések roncsolásos és roncsolásmentes diagnosztikájával kapcsolatos nélkülözhetetlen ismeretekkel. Bemutatja a különböző kisüléstípusokat, kialakulásukat, az általuk okozott problémákat azok megoldási lehetőségeit.

A multimédiás technikára, a fényképekre, videóklippekre és animációkra építve a tárgy bemutatja és megtanítja a villamos szigetelőanyagok és szigetelések (szigetelők), mint a villamosmérnöki és a műszaki informatikai tudományok és a villamosipari módszerek egyik (második) legfontosabbikának a szigetelőanyagoknak elméleti és gyakorlati ismereteit.

Rövid tematika: Szigetelésteknikai alapfogalmak, alapvető szigetelőtípusok. A szigetelőket érő igénybevételek (környezeti, mechanikai, kémiai, villamos). Az igénybevételek hatására kialakuló folyamatok, polarizáció, vezetés. Szigetelők nedvesedése, sérülése és öregedése. Bevezetés a modern szigetelésdiagnosztikába. Szigetelők kiválasztásának szempontjai. Szigetelések és szigetelők kiválasztása és cseréje, feszültség alatti munkavégzés (FAM).

A töltéshordozókat termelő és fogyasztó fizikai folyamatok. A villamos kisülések kialakulása (az ütközési, foto- és hőionizációs kialakulása, törvényszerűségei), villamos ív. Részleges kisülések: koronakisülések (elektronlavina, pamatos kisülés, csatorna kisülés), üregkisülések, kúszókisülések, villámszerű kisülések. Teljes kisülések: átütés és átívelés, szikrakisülés, villamos ív. Az elektrosztatikus kisülések. A kisülések okozta káros hatások (tüzek, robbanások, ESD). A kisülések ipari alkalmazása.

III.4 Közös tantárgyak

A természettudományos alapismereteken belül öt közös tantárgy jelenik meg a villamosmérnöki mesterképzés programjában. A közös tantárgyak a következők:

Tantárgy neve	Tantárgykód
Hírközléelmélet	BMEVIHVMA07
Méréselmélet	BMEVIMIMA17
Minőségbiztosítás a mikroelektronikában	BMEVIETMA05
Szoftvertervezés	BMEVIIIIMA15
Váltakozó áramú rendszerek	BMEVIVEMA13

Az öt tantárgy közül mindegyik specializációhoz tartozik egy, amelyet a hallgatóknak kötelező jelleggel fel kell venniük a specializáció szakmai programjának megalapozása érdekében. A kötelezően választandó tantárgyat az alábbi táblázat tartalmazza. A másik tantárgyat a hallgatók szabadon választhatják ki a felsorolásban szereplő másik négy közül.

Főspecializáció	Kötelező közös tantárgy
Beágyazott információs rendszerek	Méréselmélet
Irányítórendszerek	Szoftvertervezés
Mikroelektronika és elektronikai technológia	Minőségbiztosítás a mikroelektronikában
Multimédia rendszerek és szolgáltatások	Hírközléelmélet
Számítógép alapú rendszerek	Méréselmélet
Vezetéknélküli rendszerek és alkalmazások	Hírközléelmélet
Villamosenergia-rendszerek	Váltakozó áramú rendszerek

Hírközléelmélet

([BMEVIHVMA07](#), 1. vagy 3. szemeszter, 3/0/0/f/4 kredit, HVT)

A tantárgy célkitűzése: A híradástechnika, a hírközlés szerteágazó fogalmai és feladatai többé-kevésbé egységes elmélet segítségével írhatók le. A tárgy célkitűzése bemutatni ennek az elméletnek az alapfogalmait, alapjait és gondolkodásmódját. A tárgy elsősorban az információelmélet, a döntés- és becslélmélet, valamint a digitális hírközlés alapjaival foglalkozik. Ennek keretében a hallgatók megismerkednek fontos fogalmakkal (illetve egyes, már megismert fogalmakkal mélyebben foglalkoznak). A fogalmak alkalmazását a rádióhírközlésből és az optikai hírközlésből vett gyakorlati példák részletes tárgyalásával mutatjuk be. Az előadások, a gyakorlófeladatok és a számonkérés módszere együttesen arra törekszik, hogy a hallgatók a megismert elemeket, módszereket és eljárásokat egyrészt alkotó módon tudják alkalmazni, másrészt elegendően sok fix pontot kapjanak ahhoz, hogy a számukra újdonságnak tűnő vagy ténylegesen új hírközlő rendszereket kevés utánolvasással, utánjárással megértsék. A tárgy így megalapozza a későbbi szakirányú tárgyakban oktatott digitális hírközlési ismereteket, valamint az analóg hírközlés önálló elsajátítását.

Rövid tematika: Matematikai bevezetés: A sztochasztikus folyamatok elemei. A komplex burkoló fogalma, bevezetése.

Az információelmélet alapjai: Alapfogalmak (források, információelméleti alapfogalmak stb.) definíciója, bemutatásuk példákön. Forráskódolás, Huffman-kód, LZW-kód.

A döntélmélet alapjai: Döntési feladatok a hírközlésben. Bináris döntés. A Bayes-féle (min. risk) döntés, kiterjesztés M hipotézisre. MAP kritérium, ML kritérium. Elégséges statisztika.

A becslélmélet alapjai: Becslési feladatok. Bayes, MMSE, MAP, ML becslések. Becslők jellemzése. A Cramer-Rao egyenlőtlenség, CRB.

Digitális jelek átvitele analóg csatornán: Kétdimenziós jelkészletek, PSK és QAM moduláció. Több dimenziós (ortogonális, biortogonális, szimplex) jelterek. Optimális vétel AWGN csatornában, vevőstruktúrák. Zaj hatása a PSK és QAM átvitelre, modulációk összehasonlítása. Sávkorlátozott csatornák, jelalakok megválasztása, Nyquist-kritérium. Nemlineáris torzítás. A kiterjesztett spektrumú átvitel alapjai, DS és FH rendszer.

Csatornák, csatornakódolás, csatornakapacitás: Additív Gauss-zajos csatorna. Kódolás Gauss-zajos csatornán, csatornakapacitás. Lineáris kódok; blokk-kódolás; a Reed-Solomon kód. Optikai csatorna, zaj, diszperzió, nemlinearitás. Fadinges csatornák, a Rayleigh- és Rice-csatorna, hibaarány fadinges csatornán; diverziti, kombinálás. A kapacitás fogalma fadinges csatornában – ergodikus és kiesési kapacitás. Kódolás Gauss-zajos és fadinges csatornán. MIMO, többfelhasználós, és üzenetszóró csatornák.

Méréselmélet

([BMEVIMIMA17](#), 1. vagy 3. szemeszter, 3/0/0/f/4 kredit, MIT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy a környező anyagi világ megismerését, valamint kvantitatív és kvalitatív jellemzését segítő mérnöki módszerek elméleti háttérét mutat be. Jel- és rendszerelméleti, becslés és döntéelméleti továbbá adat- és jelfeldolgozási módszereket tekint át azzal az igénnyel, hogy elősegítse komplex mérési, modellezési és információfeldolgozási feladatok megoldását. Elsősorban folytonos és hibrid rendszerekhez kapcsolódóan jelentős mértékben fejleszti a tudatos modellalkotási és problémamegoldó készséget. Mindezt a mérési és modellezési problémák egységes szemléleti keretbe helyezésével éri el. Ez a keret a jelátviteli rendszerek alapkonceptjeit is befogadja. A tárgy keretében elsajátított módszerek megalapozásként és háttérként szolgálnak kutatási és fejlesztési feladatok megoldásához.

Rövid tematika: Bevezetés: A mérés és a modellezés kapcsolata. A modellillesztéssel (identifikáció és adaptáció) szemben támasztott követelmények. Paramétereiben adaptív rendszerek, struktúrájukban adaptív rendszerek, hibrid, és hierarchikus modellel jellemzett rendszerek. Az intelligens mérő és információ-feldolgozó rendszerekkel szemben támasztott követelmények. Autonóm és beágyazott rendszerek mérési feladatai.

Modell-alapú jelfeldolgozás: Jelmodellek: a jeltér fogalma, determinisztikus és sztochasztikus jelek leírása, jel reprezentációk. Időtartomány, transzformált tartomány. Jeltranszponálás, sáv-szelektív feldolgozás. A megfigyelő-elmélet alapjai. Megfigyelők állapotbecslésre. A Kalman prediktor. A jelreprezentációs technikák és a megfigyelők kapcsolata. Rekurzív transzformációk megvalósítása. Megfigyelők jelfeldolgozási feladatokra. Transzformált tartománybeli jelfeldolgozás. Az ortogonalitás és a passzivitás szerepe jelfeldolgozó struktúrákban.

Modellillesztés: A regressziós feladat általánosítása: identifikáció/adaptáció/tanulás. Illesztési kritériumok, illesztési eljárások globális, ill. lokális információ alapján: a Gauss-Newton eljárás, gradiens alapú, ill. közelítőleg gradiens eljárások. Az eljárások stabilitása/konvergenciája, a konvergencia sebessége. Adaptív véges impulzusválaszú (FIR) szűrők. Transzformált tartománybeli adaptív szűrés. Adaptív végtelen impulzusválaszú (IIR) rendszerek.

Becslés- és döntéelmélet: Becslések és döntések jellemzői, minősítésük. Bayes becslők. Maximum likelihood becslők. Legkisebb négyzetes hibájú becslők. Lineáris becslések. Wiener szűrés. Rekurzív becslések: a Kalman szűrés. A Gauss-Markov becslő. A legkisebb négyzetes hibájú lineáris becslő. A döntéelmélet alapjai.

Jelátviteli rendszerek: Jelgenerálás: vizsgálójel, ill. átviendő információ. Jelátvitel: moduláció-demoduláció, csatornamodellek. Jeldetektálás: információ rekonstrukció/"mérés". Analitikus jel fogalma, determinisztikus és sztochasztikus jelek leírása komplex amplitúdók segítségével, sáváteresztő típusú rendszerek alapsávi ekvivalens modelljei. Hibadetektálás, hibaarány.

Nemlineáris, dinamikus rendszerek: Identifikáció és szabályozás nemlineáris, dinamikus rendszerekben. Szakaszosan lineáris, dinamikus rendszerek. Kvalitatív modellezés és szabályozás. Jelfeldolgozás újrakonfigurálható rendszerekben. Átkapcsolások tranziens jelenségei. A tranziensek befolyásolásának módszerei.

Hibadetektálás és diagnosztika): Folyamat-felügyeleti rendszerek jelfeldolgozási feladatai. A változásdetektálás módszerei. A detektált változás okának feltárása: hibadiagnózis, hibalokalizálás. Döntési eljárások a hiba következményeinek elhárítására. Tesztelés, diagnosztika. Mérőrendszerek: Intelligens mérő- és információ-feldolgozó rendszerek kialakításának kérdései: modell-építés, kísérlettervezés, eredmény-interpretálás és beépülésük a mérő, ill. a jelfeldolgozó eszközbe.

Minőségbiztosítás a mikroelektronikában

([BMEVIETMA05](#), 1. vagy 3. szemeszter, 3/0/0/f/4 kredit, ETT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy célkitűzése megismertetni a hallgatókat a minőségbiztosítás, minőségirányítás fogalmával, eszmerendszerével és szükséges eljárásaival. Bemutatja az elektronikai anyagok villamos jellemzőinek, mikromechanikai tulajdonságainak vizsgálatára alkalmas villamos és nem villamos módszereket. Foglalkozik az elektronikai alkatrészipar és az elektronikai szerelőipar jellegzetes minőségbiztosítási feladataival, módszereivel. A minőségbiztosítás általános fogalmainak és módszereinek megismerése után a tárgy kitér a mikroelektronika speciális minősítési módszereinek tárgyalására. Tárgyalja a legfontosabb eszközvizsgálati módszereket, és azok eszközeit. Bemutatja a mikroelektronikai tesztelhetőre való tervezés fontosságát ill. annak elemeit. A hallgatók megismerkednek a megbízhatóság előrejelzésének matematikai módszereivel és a hibamechanizmusok felderítésére alkalmas legfontosabb vizsgálatokkal.

Rövid tematika: A teljes körű minőségbiztosítás fogalomrendszere.

A minőségbiztosítás informatikai háttere. Roncsolásmentes tesztelési és hibaanalitikai módszerek. Az elektronikai alkatrészipar minőségbiztosítási feladatai. Az elektronikai szerelő ipar jellegzetes minőségbiztosítási módszerei. Az integrált áramkörök minősítési módszerei. A mikroelektronikai struktúrák vizsgálati módszerei. Eszközvizsgálati módszerek. Áramkörök tesztelhetőre tervezése. A technológia tesztelése: Mikroelektronikai tesztelő struktúrák tervezése. Minőségbiztosítás az integrált áramkörök tervezése során. Szerelt áramköri részegységek villamos. Termikus teszt. Termékek megbízhatósága. Egyszerű és összetett struktúrájú rendszerek megbízhatósága.

Szoftvertervezés

([BMEVIIIIMA15](#), 1. vagy 3. szemeszter, 3/0/0/f/4 kredit, IIT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy célja a szoftverfejlesztés elméleti és gyakorlati vonatkozásainak bemutatása. A fejlesztési folyamat vizsgálatakor mindazon eljárásokat, módszereket, lépéseket, termékeket, dokumentációkat, erőforrásokat, szervezeteket és személyeket számba kell venni, amelyek a termék létrehozásához, üzembe állításához és karbantartásához szükségesek. A tervezés, fejlesztés során látni és ismerni kell a megoldási lehetőségeket – tervezési teret – és döntések sorozatát kell meghozni, amíg eljutunk a kész rendszerig. Az elméletet tekintve a hallgatók megtanulják a szoftvertechnológia alapelveit és korszerű módszereit, kitérve az elosztott és beágyazott rendszerekre is. A hallgatóság egyszerű gyakorlati fejlesztési feladatok megoldásával szerez tapasztalatokat a technológia egyes lépéseinek idő- és erőforráskorlátok közötti precíz végrehajtásában, beleértve a szabványos dokumentálást.

Rövid tematika: Bevezetés és áttekintés. A szoftver életciklusa. Követelmények kezelése. Objektumorientált modellezés. Az objektumorientált fejlesztés életciklus modellje. Viselkedési modell építése. Objektumorientált tervezés. Tervezési minták. XML bevezetés. Servlet-alapú felület-fejlesztés. Verifikálás és validálás. Konfigurációs menedzsment. Valósídejű rendszerek fejlesztése.

Váltakozó áramú rendszerek

([BMEVIVEMA13](#), 1. vagy 3. szemeszter, 3/0/0/f/4 kredit, VET)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy célja a váltakozó áramú áramkörök és hálózatok, valamint a villamos-energia átalakítók állandósult és átmeneti állapotaira vonatkozó alapismeretek rendszerezése, célirányos, magas szintű bővítése annak érdekében, hogy a hallgatók az adott tárgykörben rendelkezzenek az elméleti alapokon nyugvó alkalmazási készséggel.

Rövid tematika: Egyfázisú RLC áramkörök áram-, feszültség-, teljesítmény- és energetikai viszonyai: értelmezések, alapösszefüggések, időfüggvények, fazorok, időben változó fazor. Háromfázisú áramkörökben áram, feszültség, teljesítmény értelmezések, alapösszefüggések. Álló és forgó koordinátarendszer, transzformációk háromfázisú rendszerekhez: szimmetrikus (012), Clarke($\alpha\beta$), Park (dq) összetevők, aszimmetriák. Gyakorlati példák RLC áramkörök átmeneti folyamatainak meghatározására, be- és kikapcsolás, tranziensek, rezonancia, csillapodás, állandósult állapot, a folyamatok energetikája.

Felharmonikusok definíciója, keletkezése, terjedése, hatásai. Csökkentési módszerek. Passzív és aktív felharmonikus szűrés. A hálózat harmonikus mérésponti impedanciája. Felharmonikusok mérése, szimmetrikus összetevői, teljesítmények értelmezése. Szubharmonikusok és közbenső harmonikusok definíciója, keletkezése, terjedése, mérése.

A Park-vektoros számítási módszer elve és alkalmazása: A Park-vektoros számítási módszer, mint a háromfázisú, háromvezetékes rendszerek (hálózatok, villamos gépek, teljesítményelektronikai berendezések, villamos hajtások) szemléletes vizsgálati módszere. Többfázisú rendszerek leírása. A Park-vektor definíciója, alkalmazása feszültség, áram és fluxus leírására. A fázis- és a vonali mennyiségek Park-vektora, vetület szabály, a pillanatértékek szemléltetése. A Park-vektorok forgó koordinátarendszerben, szimmetrikus háromfázisú áramkörök vizsgálata, a teljesítmény pillanatértéke, a hatásos- és a meddőteljesítmény számítása, pozitív- és negatív sorrendű üzem. Állandósult szinuszos aszimmetrikus üzem számítása. Periodikus nem-sinuszos állapot leírása, harmonikus analízise. A Park-vektorok oszcillografálása. A villamos gépek Park-vektoros leírása, számítása. Áramirányító kapcsolások hálózati visszahatása.

Váltakozó mágneses mező: Az alapfogalmak áttekintése. A mágneses tér jellemzői, anyagi közeg jelenléte, elektromágneses alaptörvények és alkalmazásuk, ferromágneses anyagok, állandó mágnes és szupravezető anyagok, ön- és kölcsönös indukció, erőhatások, nyomtérkép-képzés, energia. A mágneses tér számítási módszerei, mágneses körök, numerikus módszerek, szinuszos árammal táplált tekercs ferromágneses közegben. A villamos gépek mágneses tere és körei, aszimmetrikus állapotok vizsgálata. Ferromágneses anyagot tartalmazó áramkörök jellegzetességei.

A váltakozó villamos erőterek: A villamos erőterek jellemzői. Erőhatások villamos erőterekben. A váltakozó villamos terek analitikus és numerikus számítása. Villamos szigetelőanyagok változó erőterben, vezetés és polarizáció. Rétegezett szigetelések. A szigetelők villamos anyagjellemzői, azok frekvencia- és hőmérsékletfüggése. Villamos veszteségek. Váltakozó villamos erőterek előállítása és mérése. Generátor elven működő műszerek. Nagyfeszültségű kábelek és távvezetékek erőtere.

IV. Gazdasági és humán ismeretek

A mérnökinformatikus MSc képzésben a gazdasági és humán ismeretek tantárgyblokkja két részből tevődik össze: egy kötelező tantárgyból (ez a 4/0/0/v/4 kiméretű Mérnöki menedzsment c. tantárgy) és a hallgatók által kötelezően választható tantárgylista további 3 x 2/0/0/f/2 kiméretű tantárgyából. A kötelezően felveendő tantárgy kari tanszék (TMIT) gondozásában van, a választható tantárgyak a Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar (GTK) valamint a Villamosmérnöki és Informatikai Kar (VIK) által kerülnek felkínálásra.

Kötelezően felveendő gazdasági és humán ismeret tantárgy:

Tantárgy neve	Tantárgykód
Mérnöki menedzsment	BMEVITMMB03

Mind a BSc, mind az MSc képzésben szerepelnek kötelezően választható tantárgyak a gazdasági és humán ismeretek témakörében. A két tantárgylista (egyetlen tantárgy kivételével) különböző tantárgyakat tartalmaz, a hallgatók csak a saját képzési formájuknak megfelelő listából választhatnak. A mindkét listán szereplő Pénzügyi technológiák (FinTech) alapjai (BMEVITMAK50) c. tantárgy csak az egyik képzési szinten teljesíthető. A választható gazdasági és humán ismeretek tantárgyak listája:

Tantárgy neve	Tanszék	Tantárgykód
Befektetések	Pénzügyek	BMEGT35M004
Érvelés, tárgyalás, meggyőzés	Filozófia- és Tudománytörténeti	BMEGT41MS01
Információs társadalom joga	Üzleti Jog	BMEGT55M005
Minőségmenedzsment	Menedzsment és Vállalatgazdaságtan	BMEGT20M002
Projektmenedzsment	Menedzsment és Vállalatgazdaságtan	BMEGT20M400
Vállalati jog	Üzleti Jog	BMEGT55M002
Vezetői számvitel	Pénzügyek	BMEGT35M005
Pénzügyi technológiák (FinTech) alapjai	Távközlési és Médiainformatikai	BMEVITMAK50

A felsorolt tantárgyak tematikái a Kar és a GTK honlapján megtalálhatók.

Mérnöki menedzsment

([BMEVITMMB03](#), 4/0/0/v/4 kredit, TMIT)

A tantárgy az őszi félévekben magyar, a tavaszi félévekben angol nyelven indul.

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy célja a villamosmérnök, mérnök- és gazdaságinformatikus, valamint egészségügyi mérnök szakok hallgatói számára technológia- és innovációmenedzsment módszerek, üzleti stratégiák, döntési modellek ismertetése, a jellemző mérnöki vezetői szerepek, feladatok, helyzetek és eszközök bemutatása, valamint a sajátos technológiák és piac szabályozási elveinek és modelljeinek tárgyalása, életszerű példák felsorakoztatása, mindezekkel a sikeres pályakezdés elősegítése.

Rövid tematika: Mérnöki menedzsment a tudásgazdaságban: A mérnöki menedzsment általában: helye, szerepe, területei. Az információs, kommunikációs és média technológia (ICT) sajátosságai, trendje, kihívásai és mérnöki menedzsmentje. A digitális ökoszisztéma kialakulása. A mérnöki tevékenység menedzsment elemei. A vezetői tevékenység jellegzetességei, összetevői, a sikeresség komponensei. Vezetési helyzetek és módszerek. Stratégiai menedzsment. A stratégiák felépítése és alkotóelemei. Üzleti stratégiatervezési módszerek. Versenystratégiák osztályai. Stratégiai példák: az Internet jövőképe, a digitális üzleti stratégia. A stratégia megvalósítása: sikertényezők, az előrehaladás követése. Stratégiai

irányítás és kontroll módszerei. Összetett mérnöki döntési problémák megoldása, ügyfél- és rendszerszemléletű megközelítések, a játékelmélet alkalmazása. Erőforrások tervezése, allokálása. Multiprojekt-menedzsment. Szervezet menedzsment. Szervezetek vezetése, szervezet típusok. Szervezetek életciklusa, döntési kultúrája, változtatások menedzselése. Vezetés a gyakorlatban. Vezetési stílusok és kultúrák. Mikor, hol melyik vezetési stílus a hatásos? Tudásmenedzsment. Tudásfolyamatok. Szakmai kompetencia. Tudásmegosztás. Tudásalapú rendszerek. Tudásmenedzsment rendszer bevezetése egy piaci vállalatnál. A szellemi tulajdon fajtái, védelmének alapelvei. Szabad hozzáférésű szoftverek. A szellemi tulajdon hasznosítása. Szellemi közjavak.

ICT specifikus mérnöki menedzsment: Technológia menedzsment. Technológiai tervezés, előrejelzés, transzfer, bevezetés, beépítés és váltás. Technológiai jövőkép-készítés, hajtóerő elemzés, scenáriók összevetése. Technológia-hajtott üzleti stratégiák. Vállalati ICT funkciók. Az ICT alkalmazása: új üzleti stratégiák, globális munkafolyamatok, hatékonyabb szervezeti struktúrák kialakítása. Innováció menedzsment. A kutatás-fejlesztés és innováció célkitűzései. Innovációs modellek és metrikák. Az innovációs folyamat, a kutatás-fejlesztés és a minőség menedzselése, a kockázatok kezelése. Innovációs lánc. A K+F+I menedzsment többszintű szervezete, összekapcsolódó cselekvései. Az innováció finanszírozása. Technológiai inkubátorok, innovációs centrumok, start-up cégek, technológiai konzorciumok. Termékmenedzsment. A termékfejlesztés célkitűzései és folyamata. Az ICT termékek és szolgáltatások piaci helyzete. A piac szereplői. A piaci versenykörnyezet. Piacszegmentálás. A termékek életfázisai, a termék-életciklus menedzselése. A termékek árazása, a fogyasztók árérzékenysége. Marketing-kutatási, termékértékesítési és értékesítés-támogatási módszerek. Üzleti folyamatok menedzselése. Folyamatok elemzése, tervezése, szabályozása, javítása, átalakítása. Folyamatok fejlesztésének módszerei. Informatika a vállalati értékteremtésben. Ügyfélkapcsolatok menedzselése. Működéstámogató rendszerek. Az ellátási lánc menedzselése. Üzletmenet folytonosság menedzselése. Egy szolgáltató cég informatikai rendszerének általános felépítése.

A szabályozási környezet: Az ágazati szabályozás. A szabályozás célja, elvei általában, valamint a hálózatos ágazatokban. Versenyszabályozás, fogyasztóvédelem. A szabályozás intézményei és eljárásai, ex-ante és ex-post szabályozás. Önszabályozás, egyezmények, szabványok. Az ICT szektor technológiai és piacsabályozásának modelljei. A verseny és a digitális konvergencia kibontakoztatásának szabályozási feladatai. Az elektronikus hírközlő hálózatok és szolgáltatások, az informatika és a média közösségi és hazai keretszabályozása. Szolgáltatók együttműködésének szabályai. Korlátos erőforrások gazdálkodásának szabályozása, frekvencia- és azonosító-gazdálkodás. Adatvédelem, információbiztonság és tartalom szabályozása.

V. Szakmai törzsanyag

A képzés hallgatóinak hét főspecializáció közül kell egyet elvégezniük. A főspecializációk mindegyike egy-egy szakmai területre fókuszálva ad át elméleti és gyakorlati ismereteket és alakít ki készségeket. A főspecializáció valamennyi tárgyából meg kell szerezni a kreditet az MSc fokozat elnyeréséhez. Valamennyi főspecializációban a témakörre alkalmazva kerülnek tárgyalásra a képzésben kötelező olyan elméleti alapok, mint

- tervezői szintű elektronikai alkatrész- és mikroelektronikai ismeretek,
- analóg és digitális áramkörök analízise, tervezése és kivitelezése,
- rendszermodellezés, méréstervezés, adat- és jelfeldolgozás tervezése,
- irányítástechnikai eszközök és rendszerek ismerete, tervezése,
- híradástechnikai és infokommunikációs rendszerek ismerete, tervezése,
- a villamos energiaellátás és -átalakítás folyamatának ismerete, tervezése,
- főbb villamosipari anyagok és technológiák ismerete, fejlesztése,
- számítógép-hardver és -szoftver ismeretek, számítógépek és számítógép-hálózatok alkalmazástechnikája,
- elektronikai berendezések és számítógépes rendszerek tervezése, analízise,
- technológiai gépek és folyamatok illesztési, biztonsági funkcióit ellátó rendszerek ismerete, tervezése,
- alkalmazásszintű ismeretek (tervezés, fejlesztés, integrálás, üzembe helyezés, gyártás, minőségbiztosítás, üzemeltetés, szolgáltatás, karbantartás) a kiválasztott szakterületen,
- a fogyasztóvédelem, a termékfelelősség, az egyenlő esélyű hozzáférés elve és alkalmazása, a munkahelyi egészség és biztonság, a műszaki és gazdasági jogi szabályozás, valamint a mérnöketika alapvető ismeretei.

A hallgatóknak a főspecializáció mellett a felkínált tizenegy mellékspecializáció egyikét is el kell végezni. A mellékspecializációk célja egy szűkebb szakterületen hasonló, mint a főspecializációké. A mellékspecializációk esetén is valamennyi tárgyból meg kell szerezni a kreditet az MSc fokozat elnyeréséhez. A fő- és mellékspecializációk tetszőlegesen párosíthatók.

V.1 Beágyazott információs rendszerek főspecializáció (MIT)

1. A specializáció megnevezése:	Beágyazott információs rendszerek (Embedded Systems)
2. MSc szak:	villamosmérnöki
3. Specializációfelelős tanszék:	Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszék (MIT)
4. Oktató tanszékek:	MIT, AUT
5. Specializációfelelős oktató:	Dr. Dabóczi Tamás egyetemi docens (MIT)

6. A specializáció célkitűzése:

A beágyazott rendszerek olyan processzor alapú informatikai eszközök, amelyek érzékelőkkel, beavatkozókval és intenzív információs kapcsolattal csatlakoznak a környező (fizikai és informatikai) világhoz. Ma már ilyen eszközökkel találkozunk az élet minden területén: gyártás, logisztika, közlekedés, egészség (e-Health, AAL), szórakozás, intelligens otthon/város, energiagazdálkodás (smart energy/smart grid) stb. Ezen eszközök további rohamos elterjedése prognosztizálható. A mai eszközökkel nagy bonyolultságú és magas szintű információfeldolgozás valósítható meg az egyre komplexebb beágyazott processzoroknak, egychipes mikrorendszereknek és újrakonfigurálható architektúráknak köszönhetően. Az informatikai technológiák közül számos új elem beépül a beágyazott rendszerekbe. A legújabb fejlesztések a fejlett informatikai rendszerekkel, adott esetben felhő (cloud) számítástechnikával integrálják a beágyazott rendszereket: tárgyak internete (IoT), illetve kiberfizikai rendszerek (CPS). Az alkalmazások bonyolultsága az egyszerűtől a nagy komplexitásúig terjed. Magyarországon a

gazdaságban elfoglalt meghatározó szerepe miatt kiemelt figyelmet érdemel az autóipar, melynek sajátosságait szintén tárgyalja a specializáció.

Megszerezhető kompetenciák:

A specializáció a beágyazott információs rendszerek kialakításához és kivitelezéséhez ad rendszermérnöki ismereteket, illetve fejleszt mérnöki készségeket. Ennek főbb területei az alábbiak:

- beágyazott rendszerek architektúráinak ismerete, tervezése,
- nagyteljesítményű processzorok ismerete,
- újrakonfigurálható architektúrák, egychipes mikrorendszerek, multicore architektúrák tervezése,
- valós idejű (real-time) rendszerek tervezése és futási idő analízise,
- biztonságkritikus rendszerek tervezése és verifikációja,
- beágyazott operációs rendszerek alkalmazása,
- HW és SW rendszertervezési módszerek ismerete,
- elosztott rendszerek tervezése
- digitális jelfeldolgozási, intelligens információfeldolgozási módszerek alkalmazása,
- modell alapú SW-fejlesztés alkalmazása, webes technológiák ismerete,
- beágyazott virtualizáció, szenzor virtualizáció alkalmazása,
- CPS (kiberfizikai) rendszerek tervezése és analízise,
- fejlesztés – verifikálás – tesztelés – gyártmánykövetés,
- eszközök és technológiák alkalmazói ismerete gyakorlati használat alapján.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgykód
Rendszerarchitektúrák	BMEVIMIMA08
Beágyazott rendszerek szoftvertechnológiája	BMEVIMIMA09
Beágyazott operációs rendszerek	BMEVIAUMA08
Információfeldolgozás	BMEVIMIMA10
Rendszertervezés és -integráció	BMEVIMIMA11
Beágyazott rendszerek fejlesztése laboratórium	BMEVIMIMA12
Információfeldolgozás laboratórium	BMEVIMIMB03

Rendszerarchitektúrák

([BMEVIMIMA08](#), 1. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, MIT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy a beágyazott számítógépes rendszerek felépítését, architektúráját mutatja be, átfogóan, a limitált képességű, egyszerű célfeladatokat ellátó mikrokontrolleres egységektől (pl. IoT, Internet of Things) a nagyteljesítményű beágyazott számításokat is biztosító összetett rendszerekig. Részletesen ismerteti az alkalmazható számítási modelleket, az ezekhez választható feldolgozó egységeket mint az architektúra legfontosabb alkotóelemeit. Fontos célkitűzés a beágyazott rendszerekben alkalmazható elemek széles körének alkalmazási szempontok szerinti bemutatása, a használati elvárások, fejlesztési lehetőségek, a teljesítőképesség és hatékonyság elemzése. Ennek kapcsán értékeli a különböző architektúrájú egyedi és többmagos processzorokon alapuló megoldásokat, és az áramkörön kialakítható komplex SoC (System-on-a-Chip) rendszereket, bemutatva a heterogén, processzorokat és konfigurálható logikai eszközöket is tartalmazó megoldásokat. Elemzi az SoC rendszerek belső kommunikációs megoldásait, a külvilághoz kapcsolódó vezetékes és vezeték nélküli interfészek jellemzőit, és ezek legfontosabb adatátviteli tulajdonságait.

Rövid tematika: A beágyazott rendszerek jellemző alkalmazási területeinek áttekintése, a fontosabb területek követelményeinek, teljesítményigényeinek, elvárásainak elemzése. A beágyazott rendszerek általános felépítésének bemutatása, rendszerszintű komponensek, modulok funkcióinak ismertetése. A célfeladatokhoz illeszkedő elemkészlet, a vezérlési, adatfeldolgozási, multimédia és kommunikációs szempontok figyelembevétele a különböző architektúrák kialakításánál. A korszerű nagyteljesítményű

beágyazott processzortípusok felépítésének (RISC, DSP, VLIW), a többmagos, homogén és heterogén processzortömböket tartalmazó nagyteljesítményű rendszerek kialakításának, jellemző tulajdonságainak elemzése. Az alkalmazásfüggő szempontok megjelenése a központi egységek felépítésének kialakításában, a konfigurálható utasításkészletű processzorok és programozható logikákban realizált lágymagos egységek alkalmazásának előnyei. A hardveres gyorsítók, célfeladatot ellátó funkcionális egységek (IP, Intellectual Property) használata a nagyteljesítményű rendszerekben. A komplex, egyetlen áramkörön belül realizált rendszerek (SoC, System-on-a-Chip) tervezési kérdései, áramkörön belüli kommunikációs megoldások kialakítási lehetőségei. A hierarchikus buszrendszerek, áramkörön belüli hálózati topológiák tulajdonságainak elemzése. A beágyazott rendszer és környezetének kapcsolata, a legfontosabb külső interfészek, memóriaillesztési feladatok áttekintése. A beágyazott rendszerek egymás közötti, M2M kommunikációs lehetőségeinek rövid áttekintése, a vezetékes és vezeték nélküli megoldások ismertetése.

Beágyazott rendszerek szoftvertechnológiája

([BMEVIMIMA09](#), 1. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, MIT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy a beágyazott szoftverek fejlesztése során alkalmazandó, szoftverminőséget javító modern technológiák ismertetésével és gyakorlati bemutatásával foglalkozik. Ennek megfelelően részletesen bemutatja a szoftverrendszerek bonyolultságának okait és következményeit, mint a szoftverfejlesztési folyamat alapproblémáit, valamint részletesen foglalkozik a szoftverminőség kérdésével, elsősorban a beágyazott rendszerekre összpontosítva. Ezek után részletesen ismerteti, és gyakorlatok során bemutatja a beágyazott rendszerekben alkalmazható szoftverfejlesztési folyamat kézlbenttarthatóságát és a szoftverminőséget javító modern technológiákat és azok tulajdonságait.

Rövid tematika: A tárgy először részletesen ismerteti a szoftverek, ezen belül is a beágyazott szoftverek bonyolultságának okait és következményeit, különös tekintettel a humán aspektusokra. Ezek után felsorolja a programozási paradigmákat, azok fejlődését és tipikus alkalmazási környezeteket, elsősorban az imperatív (procedurális) nyelvekre összpontosítva, de röviden bemutatva a deklaratív megközelítést is. A témakört a biztonságos programozás, programozási nyelv szabványok (pl. MISRA) ismertetése zárja le. Ezt követi az objektumorientált modellezés és programfejlesztés bemutatása a modell alapú fejlesztésre is kitérve, az UML és a SysML nyelvek gyakorlati alkalmazására és az azokat használó fejlesztőrendszerekre összpontosítva, elsősorban AUTOSAR platformon demonstrálva azokat. A következő fő témakör a beágyazott rendszerekben egyre nagyobb szerepet játszó virtualizációs technikák oktatása és alkalmazásának gyakorlati megismertetése, beleértve a platformvirtualizációtól a szenzorvirtualizációig számos, alapvetően szoftveres megoldást. A kommunikációs megoldások beágyazott szoftver aspektusainak, beleértve WEB technológiák (XML, JSON, BER, HTTP, SOAP stb.), köztes rétegek (middleware) bemutatása is fontos részét képezi a tárgynak. A tantárgyat a 4GL fejlesztőkörnyezetet, valamint a GUI- és kommunikációsfelület-fejlesztés egyes aspektusait, az ilyen szoftverrendszerek belső működését tárgyaló rész zárja le.

Beágyazott operációs rendszerek

([BMEVIAUMA08](#), 1. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, AUT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy célkitűzése bemutatni azokat a platformokat, technikákat és eszközöket, amelyek szükségesek a valós idejű követelményeknek megfelelő rendszerek alkalmazás és rendszer szintű szoftverének megírására és futtatására. A tantárgy középpontjában a hardvertervezés során létrehozott eszközök szoftverrendszerének kialakítása áll. A beágyazható operációs rendszerek (Linux, Windows család, QNX, stb.), és az általuk biztosított programozási-, és rendszerszolgáltatásainak bemutatását az adott rendszerek meghajtóprogram-modelljeinek részletes ismertetése, illetve a szinkronizálás és párhuzamos végrehajtás problémáinak vizsgálata követi.

A hallgatók alkalmasak lesznek arra, hogy megértsék és alkalmazzák a valós idejű, és a beágyazott rendszerek tervezésével és megvalósításával kapcsolatos alapkoncepciókat. A kialakítandó rendszerekkel kapcsolatos eszközmeghajtó-modellek megfelelő alkalmazásával hozzáférhetővé tudják

tenni a jelenlegi és jövőbeli operációs rendszerek programozói felülete számára az általuk tervezett és elkészített hardverelemeket. A hallgatók képesek lesznek olyan valós idejű rendszereket implementálni, amelyek megfelelnek a vele támasztott funkcionális és időkövetelményeknek.

Rövid tematika: Beágyazott operációs rendszerek alapvető szolgáltatásai, alapfogalmak.

Kisteljesítményű beágyazott operációs rendszerek. A uCOS-II és a FreeRTOS operációs rendszerek. Ütemező algoritmus, taszkok nyilvántartása, elérhető szolgáltatások, taszkok közötti kommunikáció.

A Linux rendszer létrejötte, jelentősége napjainkban. A Linux rendszerek felépítése. A normál és a valós idejű kernel különbségeinek elemzése. A beágyazott Linux rendszer összeállításának bemutatása. Linux alkalmazások fejlesztése. Az állományabsztrakciós felület, folyamatok, szálak és hálózatkezelés. Iránymutatások a valós idejű alkalmazások fejlesztéséhez. Linux kernelmodulok fejlesztése.

QNX operációs rendszer felépítése. Kernelszolgáltatások, ütemezés, megszakítások kezelése, hálózatkezelés. Beágyazott rendszerek készítése QNX operációs rendszerrel. QNX operációs rendszer felhasználói szemmel. Alkalmazások fejlesztése QNX operációs rendszerrel.

A Windows helye a beágyazott eszközök világában. A Windows Embedded és Windows Embedded Compact felépítése, szolgáltatásai. Ütemezés, szinkronizációs objektumok, megszakítások kezelése. BSP-ben megvalósítandó feladatok, driver modellek. Natív WinAPI alkalmazás felépítése.

Információfeldolgozás

([BMEVIMIMA10](#), 2. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, MIT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy a környező anyagi világból származó információ (mérési eredmények, mért jelek stb.) jellemzésével, kinyerésével, és komplex feldolgozásával foglalkozik - alapvetően beágyazott rendszerekben előforduló alkalmazásokra koncentrálva. Áttekinti a digitális jelfeldolgozás alapvető módszereit, eszközkészletét (mintavételezés, kvantálás, átlagolás, DFT, modellillesztés, tanuló rendszerek, szenzorfüzió). Megismertet a sztochasztikus folyamat alapú leírással és ezek jelei feldolgozásának speciális megoldásaival. Példán bemutatja a jelfeldolgozási algoritmusok implementálását, és a limitált erőforrásból, illetve véges szóhosszból eredő problémákat. Valós idejű viselkedés szempontjából elemzi a megvalósításhoz szükséges szoftverarchitektúrákat, és analízis-módszereket mutat be a futási idő és a válaszidő számítására. Megismertet az elosztott rendszerekben való valós idejű szinkron viselkedés alapvető eszközkészletével.

Rövid tematika: Az információ optimális kinyerése: maximum likelihood módszer, kapcsolata a legkisebb négyzetek módszerével. Jelek típusai és feldolgozásuk. Sztochasztikus folyamatok. Mintavételezés, kvantálás/kerekítés, átlagolások, méréstervezés. a DFT tulajdonságai sztochasztikus bemenetnél, spektrumanalízis, periodogram, komplex demoduláció. Cirkularitás és korrelációbecslés. Lineáris és nemlineáris szűrések, ezek implementálása mikrokontrollereken, DSP-n. Fuzzy rendszerek. Tanuló rendszerek: neurális hálózatok. Szenzorfüzió (komplementer szűrő, Kalman szűrő).

Valós idejű rendszerekben alkalmazott szoftver struktúrák elemzése, ütemezhetőségi analízis, futásiidő-számítás. Óraszinkronizálás elosztott valós idejű rendszerekben.

Rendszertervezés és -integráció

([BMEVIMIMA11](#), 2. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, MIT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy célja azoknak a módszereknek a bemutatása, amelyek szükségesek beágyazott rendszerek szisztematikus fejlesztéséhez. Hangsúlyos szerepet kapnak a fejlesztési életciklus modellek (pl. V-modell, iteratív modellek), valamint olyan, a teljes fejlesztési folyamatot átfogó megoldások, mint a minőségbiztosítás, a projekttervezés, valamint a követelmények, verziók és konfigurációk kezelése. A rendszertervezési módszerek között, építve a korábban megismert építőelemekre és technológiákra, a tantárgy bemutatja a hardver és szoftver együttes tervezés, valamint a komponensintegrálás technikáit, ezek között kitérve a modell alapú fejlesztésre is. A tárgy hangsúlyosan tárgyalja azoknak a beágyazott rendszereknek a tervezési specialitásait is, amelyek működése hozzájárulhat veszély, illetve adott környezeti feltételek mellett baleset vagy anyagi kár kialakulásához (ilyen rendszereket találunk például a közlekedési, egészségügyi, folyamatirányítási alkalmazásokban). Ennek során a hallgatók megismerik a biztonságkritikus rendszerek (sok esetben szabványban is

rögzített) konstrukciós alapelveit, a tervezői döntéseket igazoló biztonsági és megbízhatósági analízist, valamint a szisztematikus verifikáció módszereit.

A tárgy gyakorlatai konkrét eszközöket és technológiákat mutatnak be a követelménykezelés, konfigurációmenedzsment, forráskód-ellenőrzés, komponentesztelés, integrációs tesztelés, rendszertesztelés, veszélyanalízis és modell alapú tervezés tipikus feladatainak elvégzéséhez.

Rövid tematika: A rendszerfejlesztési módszertanok szerepe. Minőségi szabványok (CMMI). Fejlesztési folyamatok életciklus modelljei (V-modell, iteratív és inkrementális fejlesztés). A projekttervezés módszerei. Követelmények kezelése. Konfigurációmenedzsment és verziókövetés. A fejlesztési folyamat tipikus lépéseinek áttekintése: követelményanalízis, architektúratervezés, hardver és szoftver együttes tervezés, hardver- és szoftverkomponensek integrációja. Modell alapú fejlesztési módszerek. A tervezési és implementációs lépésekhez kapcsolódó ellenőrzési feladatok: követelmények és tervek verifikációja, forráskód-ellenőrzés, komponentesztelés, integrációs tesztelés (model-, software-, processor-, hardware-in-the-loop tesztelés), rendszertesztelés, validációs tesztelés. Biztonságkritikus rendszerek specialitásai: a rendszer- és szoftverbiztonság koncepciója, speciális követelmények (megbízhatóság, rendelkezésre állás, biztonságosság), biztonságintegritási szint. Az architektúratervezés alapelvei és tipikus megoldásai (biztonságos működés hardver- és szoftverhibák esetén). A veszély- illetve a megbízhatósági analízis módszerei. Az általános kockázatcsökkentési módszerek áttekintése. Formális módszereken alapuló tervezés és helyességigazolás.

Beágyazott rendszerek fejlesztése laboratórium

([BMEVIMIMA12](#), 2. szemeszter, 0/0/3/f/4 kredit, MIT)

A tantárgy célkitűzése: A laboratóriumi gyakorlatok célja a beágyazott rendszerek fejlesztéséhez kapcsolódó különböző technológiák megismertetése. Ennek kapcsán közvetlen gyakorlati tapasztalatok szerzése a hardveres alapokat is tartalmazó FPGA alapú beágyazott rendszertervezés, a speciális jelfeldolgozó processzorok használatával megvalósított hatékony szoftveres alkalmazásfejlesztés és a magasszintű, modell alapú grafikus LabVIEW környezetben virtuális műszer alapú feladatmegoldás területén. A laboratóriumi gyakorlatok a fejlesztő eszközök és a technológiai alapok bemutatása után az előírt feladatok végrehajtásából állnak.

Rövid tematika:

1. FPGA alapú beágyazott rendszerfejlesztés laboratóriumi gyakorlatok:
A beágyazott rendszerek FPGA alapú tervezési módszertana. A Xilinx EDK+SDK fejlesztőkörnyezet és a FPGA fejlesztőkártya bemutatása. Rendszerspecifikáció, periféria funkciók meghatározása, SW specifikáció.
 - 1.1 A HW rendszer realizációja. Rendszer kialakítása, saját periféria beépítése, konfigurációs fájl generálása.
 - 1.2 A SW funkciók realizálása, az SDK környezet használata a kódfejlesztésben és az előzetes tesztelésben, hibakeresésben. HW-SW együttes fejlesztés.
2. DSP alapú szoftverfejlesztés laboratóriumi gyakorlatok:
A DSP jelfeldolgozó processzorok alkalmazási szempontjainak áttekintése (architektúra, műveletvégzés, számbábrázolás). Az ADSP Blackfin processzorcsalád bemutatása, a VisualDSP++ fejlesztőkörnyezet ismertetése.
 - 2.1 Programfejlesztési, debuggolási lehetőségek. Általános jelfeldolgozási feladatok programozása, a kódok futtatása. A kódoptimalizálás lépései, teljesítményelemzés, gépi szintű programozás.
 - 2.2 A VDK valós idejű, magas szintű operációs rendszer használata összetett időkritikus jelfeldolgozási feladatok megoldása során.
3. LabVIEW alapú virtuális műszer laboratóriumi gyakorlatok:
A virtuális műszer koncepció bemutatása, a LabVIEW fejlesztési környezet és a cRIO eszközcsalád ismertetése. A Host-RT-FPGA hierarchikus rendszerfelépítés áttekintése, a feladatmegoldási szintek kijelölése.

- 3.1 A LabVIEW grafikus programnyelv alapjainak használata, egy függvénygenerátor, mint virtuális műszer kialakítása.
- 3.2 A cRIO hierarchikus konfigurálható egység használata egy mérőrendszer kialakításában. Feladatok particionálása a Host, a RealTime és az FPGA eszközök között.

Információfeldolgozás laboratórium

([BMEVIMIMB03](#), 3. szemeszter, 0/0/3/f/4 kredit, MIT)

A tantárgy célkitűzése: A laboratóriumi mérések célja a beágyazott rendszerekben előforduló információfeldolgozási algoritmusok és a hozzájuk tartozó, illetve azokat kiegészítő szoftver eszközök ismeretének elmélyítése. A mérések során a hallgatók felhasználják az elemi jelfeldolgozási ismereteket (átlagolás, szűrés, diszkrét Fourier-transzformáció stb.), de a mérések célja összetett rendszerek létrehozása és vizsgálata. A tantárgy 5 tematikus, egyenként 8 órás mérésből áll. A mérések hardver bázisát jelfeldolgozó kártyák, valamint mikrokontrolleres fejlesztőeszközök adják.

Rövid tematika:

1. mérés: Modellalapú fejlesztés és kódgenerálás alkalmazása a rendszertervezésben. Kódgenerálás Matlab Simulink Real-Time workshop Embedded coder segítségével. Autóipari alkalmazás.
2. mérés: LMS-algoritmus megvalósítása. Az LMS-algoritmus változatai, az XLMS-algoritmus vizsgálata. Adaptív visszhangcsökkentés (echo cancellation) megvalósítása elektronikus és akusztikus csatornában.
3. mérés: Osztályozó rendszer megvalósítása többszintű feldolgozással. Rezgés- és hangjelek feldolgozása: főbb paraméterek kinyerése idő- és frekvencia-tartománybeli módszerekkel, osztályozás neurális és fuzzy rendszerekkel.
4. mérés: Jelátvitel rádiós csatornán. Mintavétel szinkronizációjának megvalósítása. Interpolációs technikák alkalmazása. Akusztikus jel mintavételezése „mitmót”-ok segítségével, fúzió DSP-n. Visszacsatolás szenzorhálózatban.

V.2 Irányítórendszerek főspecializáció (IIT)

- 1. A specializáció megnevezése:** Irányítórendszerek
(Control Systems)
- 2. MSc szak:** villamosmérnöki
- 3. Specializációfelelős tanszék:** Irányítástechnika és Informatika Tanszék
- 4. Oktató tanszékek:** IIT, MIT
- 5. Specializációfelelős oktató:** Dr. Kiss Bálint egyetemi docens (IIT)

6. A specializáció célkitűzése: Az érzékelési, jelfeldolgozási, döntési és beavatkozási feladatokat önműködően megvalósító rendszerek alkalmazása nélkül elképzelhetetlen a termelési folyamatok hatékony és környezetbarát irányítása, az épített infrastruktúra és a közlekedési rendszerek (járművek, járműflották) felügyelete, optimális működtetése. Az irányítástechnika folyamatosan fejlődő mérnöki terület, melynek szakembereire az OECD és az EU prognózisai szerint az elkövetkező időszakban is szükség lesz, különösen az olyan ágazatokban, mint a folyamatirányítás, a jármű- és repülőgépipar, a robotika, a megújuló energiaszektor, illetve a biológiai rendszerek irányítása. A specializáció célja olyan mérnökök képzése, akik átfogó szemléletbeli és rendszerttechnikai alapokkal, naprakész irányításelméleti, képfeldolgozási és architektúrális ismeretekkel rendelkeznek a korszerű elosztott, intelligens irányítórendszerek és azok egyes funkcióinak fejlesztése területén, továbbá magas szintű természettudományos és szakmai ismeretek birtokában képesek ezeken a területeken új rendszerkomponensek és rendszerek tervezésére és integrálására.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgykód
Számítógépes látórendszerek	BMEVIIIIMA07
Mesterséges intelligencia alapú irányítások	BMEVIIIIMA09
Beágyazott rendszerek szoftvertechnológiája	BMEVIMIMA09
Funkciófejlesztési technológiák	BMEVIIIIMA08
Nemlineáris és robusztus irányítások	BMEVIIIIMA10
Irányítástechnika és képfeldolgozás laboratórium 1	BMEVIIIIMA11
Irányítástechnika és képfeldolgozás laboratórium 2	BMEVIIIIMB03

Számítógépes látórendszerek

([BMEVIIIIMA07](#), 1. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, IIT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy keretében a hallgatók először áttekintik a számítógép-alapú látórendszerek és a képkötés alapjait, a fontosabb elő és utófeldolgozó módszereket. A tárgy további célja, hogy ezekre épülve összetettebb, valós időben futó algoritmusok és megoldások részleteit is ismertesse. Fontos szerep jut a kis erőforrású környezetekben alkalmazható megoldásoknak is.

Rövid tematika: Az előadások első felében a hallgató rövid áttekintést kap a fontosabb képfeldolgozási és képképfeldolgozási algoritmusokról, illetve megismerheti azon fontosabb feladatköröket, amelyekre tipikusan optikai célrendszerek alkalmazása javasolt. Ebben a részben foglalkozunk az egy- és többcsatornás, valamint a bináris képeken végrehajtható fontosabb előfeldolgozási lépésekkel, az alakzatok tulajdonságaival, felismerésével, osztályozásával. A tárgy nagyobbik fele összetettebb látómegoldásokat ismertet. A hallgató megismeri azon lehetőségeket, amelyekkel az optikai elven működő nagy mennyiségű képi adat feldolgozását igénylő feladatok megoldhatók. Nagy jelentősége van annak is, hogy milyen jellegű feladatok esetén melyik megoldást célszerű választani. A megoldások között a tárgy kitér az alábbi fontosabb témakörökre: SIMD megoldások, adatfolyam-feldolgozás, a GPU használata; DSP alapú feldolgozás, Integrált eszközök; Hardveralapú megoldások, programozható hardverek; APS

(CMOS) alapú előfeldolgozás, CNN, eseményalapú optikai érzékelők, vonalkamera. A tárgy foglalkozik a mobil eszközökön megtalálható lehetőségek alkalmazásával is.

Mesterséges intelligencia alapú irányítások

([BMEVIIIIMA09](#), 1. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, IIT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy célja hogy bemutassa az irányításelméletben és rendszermodellezésben egyre intenzívebben alkalmazott korszerű, lágy számítási technikákon alapuló mesterséges intelligencia módszereket. A módszerek alkalmazását nemlineáris identifikációs és irányítástechnikai tervezési feladatok keretében korszerű eszközök felhasználásával mutatja be. A tantárgyat sikeresen abszolváló hallgatók közre tudnak működni komplex rendszerek modellezésében, irányítási algoritmusainak fejlesztésében és megvalósításában, továbbá általánosabb optimalizációs és döntési feladatok megoldásában. Hosszútávon hasznosítható készségekkel rendelkeznek a fuzzy-neurális és genetikusan algoritmusok műszaki és nem műszaki (biológiai, közgazdasági) területeken való alkalmazásában és a mesterséges intelligencia módszereket igénylő informatikai rendszerek fejlesztésében és kutatásában.

Rövid tematika: Fuzzy-neurális rendszerek alapjai. Fuzzy elven működő szabályozások. Numerikus optimalizálási módszerek összefoglaló áttekintése. Optimum szükséges analitikus feltételei korlátozások mellett. Optimalizálási módszerek. Gradiens, konjugált gradiens és kvázi-Newton technikák. Gradiens számítás neurális hálózatban. Szubtraktív klaszterezés, Adaptív Neuro-fuzzy rendszerekkel való identifikáció, ANFIS. Genetikusan algoritmusok felépítése. Szabályozótervezés genetikusan algoritmusokkal. Adaptív fuzzy irányítás. Névleges és felügyelő szabályozó tervezés, indirekt (modellre alapozott) és direkt (modellt nem használó) adaptív irányítás, stabilitásvizsgálat. Adaptív neurális irányítás. Direkt adaptív neurális irányítás teljes állapotvisszacsatolással, adaptív irányítás neurális hálózat alapú megfigyelővel. Esettanulmány: repülőgépek irányítása. SVD alapú fuzzy approximáció és szabályozó tervezés. Az algoritmusok felépítése, a matematikai feltételek biztosítása, többváltozós kiterjesztés. Szabályozótervezés SVD-technikával. Optimalizálás és irányítás tervezés evolúciós és bakteriális algoritmusokkal. Az algoritmusok felépítése, fuzzy interpretáció, szabályozótervezés. Rajintelligencia módszerek. Hangyakolónia algoritmusok, részecskekeraj optimalizáció. Rajintelligencia módszereken alapuló optimalizáció, rendszer identifikáció és szabályozótervezés. Tanuló algoritmusok. Egyensúlyt tanuló algoritmusok, legjobb választ tanuló algoritmusok, számítási korlátok. Wolf-algoritmus és módosított változatai, Multiágens rendszerek irányítása tanuló algoritmusokkal. Valószínűségi tudásmodellezés Bayes-hálókkal.

Beágyazott rendszerek szoftvertechnológiája

([BMEVIMIMA09](#), 1. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, MIT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy a beágyazott szoftverek fejlesztése során alkalmazandó, szoftverminőséget javító modern technológiák ismertetésével és gyakorlati bemutatásával foglalkozik. Ennek megfelelően részletesen bemutatja a szoftverrendszerek bonyolultságának okait és következményeit, mint a szoftverfejlesztési folyamat alapproblémáit, valamint részletesen foglalkozik a szoftverminőség kérdésével, elsősorban a beágyazott rendszerekre összpontosítva. Ezek után részletesen ismerteti, és gyakorlatok során bemutatja a beágyazott rendszerekben alkalmazható szoftverfejlesztési folyamat kézbe tarthatóságát és a szoftverminőséget javító modern technológiákat és azok tulajdonságait.

Rövid tematika: A tárgy először részletesen ismerteti a szoftverek, ezen belül is a beágyazott szoftverek bonyolultságának okait és következményeit, különös tekintettel a humán aspektusokra. Ezek után felsorolja a programozási paradigmákat, azok fejlődését és tipikus alkalmazási környezeteket, elsősorban az imperatív (procedurális) nyelvekre összpontosítva, de röviden bemutatva a deklaratív megközelítést is. A témakört a biztonságos programozás, programozási nyelv szabványok (pl. MISRA) ismertetése zárja le. Ezt követi az objektumorientált modellezés és programfejlesztés bemutatása a modell alapú fejlesztésre is kitérve, az UML és a SysML nyelvek gyakorlati alkalmazására és az azokat használó fejlesztőrendszerekre összpontosítva, elsősorban AUTOSAR platformon demonstrálva azokat. A

következő fő témakör a beágyazott rendszerekben egyre nagyobb szerepet játszó virtualizációs technikák oktatása és alkalmazásának gyakorlati megismertetése, beleértve a platformvirtualizációtól a szenzorvirtualizációig számos, alapvetően szoftveres megoldást. A kommunikációs megoldások beágyazott szoftver aspektusainak, beleértve WEB technológiák (XML, JSON, BER, HTTP, SOAP stb.), köztes rétegek (middleware) bemutatása is fontos részét képezi a tárgynak. A tantárgyat a 4GL fejlesztőkörnyezetet, valamint a GUI- és kommunikációsfelület-fejlesztés egyes aspektusait, az ilyen szoftverrendszerek belső működését tárgyaló rész zárja le.

Funkciófejlesztési technológiák

([BMEVIIIIMA08](#), 2. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, IIT)

A tantárgy célkitűzése: Az irányítórendszerek fejlesztése során alkalmazott korszerű gyors prototípustervezési és virtuális tervezési eszközök bemutatása, illetve a komplex, elosztott irányítórendszerek tervezési eljárásainak ismertetése. A tantárgy az irányítórendszerek tervezésének fő lépésein vezeti végig a hallgatókat. A tantárgyat sikeresen abszolváló hallgatók képesek bekapcsolódni a korszerű irányítórendszerek tervezésébe és fejlesztésébe, valamint általános és hosszútávon alkalmazható tudással rendelkeznek a modellezés, a szimuláció és az elosztott irányítórendszerek területén.

Rövid tematika: Irányítórendszerek fejlesztésének folyamata és fázisai, a gyors prototípustervezés V-modelleje. Jelfolyam-alapú rendszermodellezés. A jelfolyam-gráf fogalma és alkalmazása, Bond-gráfok, funkcióblokkok használata a modellezésben. Jelfolyam-alapú modellezés megjelenése beágyazott- és ipari irányítórendszerek fejlesztői környezetekben. Folytonos rendszerek szimulációja. Numerikus integrálási módszerek, differenciaegyenlet-megoldó algoritmusok és azok paraméterezése, stiff rendszerek kezelése. Szimulációs módszerek és paraméterek megválasztása a gyakorlatban, azok hatása a szimuláció eredményére. Az automatikus kódgenerálás fogalma és menete. Felhasználói kód integrálása, valós idejű követelmények figyelembe vétele. Diszkrét eseményű rendszerek fogalma, modellezésük véges állapotú automatákkal és Petri-hálókcal. Felügyeleti irányítások elmélete, moduláris és hierarchikus irányítási architektúrák. Diszkrét eseményű rendszerek szimulációja. Szimulációs módszerek és szoftvereszközök. StateCharts használata az irányítástechnikában: modellezés és felügyeleti irányítás megvalósítása.

Nemlineáris és robusztus irányítások

([BMEVIIIIMA10](#), 2. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, IIT)

A tantárgy célkitűzése: A szabályozástechnika területén megszerzett alapismeretek bővítése a gyakorlatban bevált modern irányításelméleti eredmények és a hozzájuk kapcsolódó módszertan elsajátításával a folytonosidejű robusztus irányítások és a nemlineáris rendszerek irányítása területén. A tantárgyat sikeresen abszolváló hallgatók képesek: 1) lineáris rendszerek esetében a paraméterbizonytalanságok modellezésére, robusztus szabályozási körök szintézisére és analízisére; 2) alkalmazni a bevezetett elméleti és módszertani ismereteket egyes nemlineáris modellosztályok irányításában; 3) a modern irányításelméleti szakirodalom hatékony feldolgozására.

Rövid tematika: A robusztusság fogalma. Paraméterbizonytalanságok jellemzése, additív, multiplikatív és frekvenciafüggő bizonytalanságok. Szabályozási körök performancia kérdései. A hurokátviteli, az érzékenységi, a komplementer érzékenységi átviteli mátrixok és elvárt tulajdonságaik a zajelnyomás, a megfelelő követési tulajdonságok és a stabilitás biztosítása érdekében. Visszacsatolások struktúrái, kis erősítések tétele. H_∞ szintézis problémák. Nemlineáris dinamikus rendszerek és vektormezők kapcsolata. Irányíthatóság és megfigyelhetőség nemlineáris rendszerekben, kapcsolat a lineáris rendszerek irányíthatóságával és megfigyelhetőségével. Állapotvisszacsatolás nemlineáris rendszereknél, a kimenet relatív fokszáma. Nemlineáris rendszerek egyensúlyi pontjai és stabilitása. Az attraktor fogalma, Ljapunov-stabilitás, Ljapunov direkt és indirekt módszere, LaSalle tétele. Centrális sokaság tétele. Gyors és lassú időskálák szétválasztása nemlineáris rendszereknél. Pályatervezés és pályakövető szabályozások nemlineáris rendszerek esetén.

Írányítástechnika és képfeldolgozás laboratórium 1

([BMEVIIIIMA11](#), 2. szemeszter, 0/0/3/f/4 kredit, IIT)

Írányítástechnika és képfeldolgozás laboratórium 2

([BMEVIIIIMB03](#), 3. szemeszter, 0/0/3/f/4 kredit, IIT)

A tantárgyak célkitűzése: A két tantárgy célja, hogy a hallgatók jártasságot szerezzenek az irányítástechnika és képfeldolgozás témaköreiben elsajátított elméleti ismeretek gyakorlati alkalmazásában. További cél, hogy a hallgatók megismerjék az irányítástechnika és képfeldolgozás területén a kutatás-fejlesztési munka során alkalmazható korszerű hardver és szoftver eszközöket, szenzorrendszereket, valamint elsajátítsák azok hatékony használatát.

Rövid tematika: Identifikáció és gyors prototípustervezés. Pozíciószabályzási körök vizsgálata. Robusztus és prediktív szabályozási körök vizsgálata. Nemlineáris, illetve bizonytalan modellparamétereket tartalmazó szakasz szabályozási körének vizsgálata. Vizuális visszacsatolás vizsgálata. Objektumkövetés. SSD algoritmus vizsgálata. Hőmérséklet érzékelők vizsgálata. Hőmérséklet és nyomás távadók vizsgálata. Folyamatmodell vezérlése PLC-vel. Fuzzy elvű irányítások. Irányítási rendszer optimalizálása genetikus algoritmussal. Felügyeleti irányítás tervezése. Mérés: Nemlineáris rendszerek irányításának tervezése genetikus algoritmusokkal. A mérés célja (1) különböző tesztfüggvények globális minimumhelyének keresése genetikus algoritmusokkal és (2) háromtárolós rendszer PID szabályozójának tervezése genetikus algoritmussal. Rendszeridentifikáció (függvényapproximáció) fuzzy rendszerekkel. Adaptív Sugeno-fuzzy irányítási algoritmusok fejlesztése. Rendszeridentifikáció és irányítás neurális hálózatokkal. Magasszintű blokkorientált folyamatvizualizáló nyelv vizsgálata. Ismeretlen nemlineáris rendszer identifikációja szubtraktív klaszterezéssel és ANFIS technikával. Passzivitás-elvű tervezés szinkronizált pályakövetés megvalósítására.

V.3 Mikroelektronika és elektronikai technológia főssec. (EET-ETT)

1. A specializáció megnevezése: Mikroelektronika és elektronikai technológia

(Microelectronics and Electronics Technology)

2. MSc szak: villamosmérnöki

3. Specializációfelelős tanszék: Elektronikai Technológia Tanszék

4. Oktató tanszékek: ETT, EET

5. Specializációfelelős oktató: Dr. Harsányi Gábor egyetemi tanár (ETT)

6. A specializáció célkitűzése:

A specializáció alapvető célkitűzése, hogy a magyar ipar egyik meghatározó húzóágazatát képző, a globális elektronikai iparba szorosan beágyazott hazai elektronikai és mikroelektronikai tervező és gyártó cégek leendő szakemberei számára olyan komoly, elméleti megalapozottságú, a gyakorlati vonatkozások tekintetében a legmodernebb módszereket, eljárásokat és eszközöket felölelő versenyképes tudást adjon, amellyel akár egy multinacionális nagyvállalati, akár kis és közepes vállalkozási környezetben vagy vezető ipari és akadémiai kutató-fejlesztő környezetben megállják a helyüket. A főspecializáció tantárgyai ismertetik azokat a mikro- és nanotechnológiai eljárásokat, tervezési és minőségbiztosítási módszereket, amelyek lehetővé teszik a nagy alkatrész sűrűségű elektronikus eszközök és rendszerek, mint tömegtermelésben előállítható termékek fejlesztését, gyártásba vitelét és folyamatos gyártását. A specializáció által lefedett témák magukba foglalják a mikroelektronikai rendszerek tervezésének, a VLSI áramkörök konstrukciójának, a komplex gyártástechnológiai folyamatok szimulációjának, valamint a mikroelektronikai termékek minőségbiztosítási és hibaanalitikai módszereinek ismereteit.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgykód
Hibaanalitika	BMEVIETMA00
VLSI áramkörök	BMEVIEEMA01
Nanoelektronika, nanotechnológia	BMEVIEEMA00
Mikroelektronikai rendszerek tervezése	BMEVIEEMA02
Technológiai folyamatmodellezés	BMEVIETMA01
Mikroelektronikai rendszerek tervezése laboratórium	BMEVIEEMA03
Minőségbiztosítási és minőségvizsgálati laboratórium	BMEVIETMB00

Hibaanalitika

([BMEVIETMA00](#), 1. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, ETT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy célja, hogy a hallgatók megismerjék az elektronikai gyártás és az elektronikai termékek működése során fellépő meghibásodások gyökérokainak azonosításához szükséges hibaanalitikai módszereket. A tárgyat teljesítő hallgató készséget szerez az elektronikai termékekkel kapcsolatos hibák okainak azonosításához szükséges vizsgálati tervek összeállítására, a megfelelő vizsgálati módszerek kiválasztására, a vizsgálatok eredményeinek értelmezésére, elemzésére és kiértékelésére, a hibák gyökérokainak behatárolására, a kialakulásuk hatásmechanizmusainak feltárására gyakorlati példákon és esettanulmányokon keresztül.

Rövid tematika: A vizsgálati és hibaanalitikai tevékenység motivációi, helye és szerepe az elektronikai gyártás és minőségbiztosítás területén. Alkalmazott módszerek csoportosítási lehetőségei. Optikai vizsgálatok. Optikai mikroszkópia, mikroszkóp típusok, felépítésük, megvilágítási módok. Az optikai rendszerek hibái, a felbontást és mélységelességet korlátozó tényezők. Materialográfiai és keresztcsiszolati vizsgálatok. Materialográfia szerepe az elektronikai technológiában, alkalmazott anyagok, mintaelőkészítés, a vizsgálatból nyerhető információk és azok korlátai. Röntgenes szerkezetvizsgálatok. Röntgensugárzás keletkezése, jellemzői. Röntgenmikroszkópok megvalósítási

formái, felépítésük. Detektor típusok, képalkotási, képfeldolgozási lehetőségek. Akusztikus mikroszkópia. Belső szerkezetek akusztikus hullámmal történő vizsgálatának alapjai, berendezések felépítése, detektorok kialakítási formái. Pásztázó elektronmikroszkópia. Elektronmikroszkóp felépítése, az elektronoptikai rendszer hibái. Gerjesztett térfogat, szekunder és visszaszórt elektronok, karakterisztikus röntgensugárzás keletkezése, detektálása. Elektronsugaras mikroanalízis.

VLSI áramkörök

([BMEVIEEMA01](#), 1. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, EET)

A tantárgy célkitűzése: A tárgy célkitűzése, hogy részleteiben tárgyalja a nagybonyolultságú integrált áramkörök (VLSI) konstrukciójának kérdéseit és tipikus alkalmazási területeit. Bemutatja a nagy integráltsági fokú, vegyesjelű hardver rendszerek tervezésének, megvalósításának és ellenőrzésének módjait, figyelembe véve a kisebb és nagyobb sorozatú gyártást. Megismerteti a rendszerek magas szintű leírására és tervezésére szolgáló nyelveket, a hozzájuk kapcsolódó fejlesztő rendszereket. Tárgyalja az ide kapcsolódó aktuális trendeket pl. az IoT (*internet of things*) támasztotta igényeket és ezek hatását a tervezésre.

Rövid tematika: Nagybonyolultságú digitális integrált áramkörök tervezése során használt módszertanok, hardverleíró nyelvek (SystemC, VHDL, Verilog, VHDL/Verilog-AMS), szimulációs és ellenőrző programok és az ezeket egységes rendszerbe integráló keretrendszerek, bemutatása. A hallgatók esettanulmányokon keresztül a gyakorlatban is jól használható ismeretekre tesznek szert a hardverleíró nyelvek (a SystemC és a Verilog-AMS), valamint az IC tervek verifikációját támogató leíró módszerek és és leírónyelv vonatkozásában. A tervező eszközökön túl bemutatásra kerülnek a nagybonyolultságú integrált áramkörök jellegzetes fajtái (különbféle processzor architektúrák, memóriák, kommunikációs interfész) megvalósítási kérdései (pl. órajelelosztó hálózatok felépítése, működése, órajel elcsúszás minimalizálása), illetve a nagybonyolultságú digitális IC-k lehetséges megvalósítási módjai (pl. FPGA, egyedileg tervezett alkalmazás specifikus integrált áramkör) és a hardver szintézis lehetséges módjai a használt hardverleíró nyelv, valamint a megvalósítási mód függvényében. A tárgy foglalkozik a tervek újrafelhasználhatóságának kérdéseivel (*virtual components*, ill. *intellectual property* blokkok használata, és a hardver-szoftver együttes tervezéssel is.

Nanoelektronika, nanotechnológia

([BMEVIEEMA00](#), 1. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, EET)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy célja azon új szemlélet és új leírási módszertan ismertetése, amely a nano mérettartományhoz közelítő mikroelektronikai eszközök működésének és a mikro-megmunkálási technológiák folyamatának mélyebb megértéséhez, tervezéséhez szükséges.. Az elektronikus eszközökben és alkatrészekben a nanométeres térbeli, és a nano- ill. femtoszekundumos időbeli tartományban érvényesülő fizikai jelenségek tárgyalása alapvető fontosságú, különös tekintettel az ezeken alapuló új eszközökre és azok működési elveire. Az elektronikai technológia területén az alkalmazott anyagtudományi alapok nanotechnológia orientált elmélyítése, a nanométeres strukturáltság miatt fellépő különleges fizikai, kémiai anyagtulajdonságok valamint a nanométeres tartományban alkalmazható vizsgálati és megjelenítési módszerek megismertetése a cél.

Rövid tematika: A mikro és nanoelektronikai rendszerek működésének és előállításának alap kérdései: egykristályok előállítása, rétegnövesztési és rétegleválasztási technológiák, marási technikák felületi mintázat és térbeli szerkezetek kialakítása számára. Vegyületfélvezetők és kapcsolódó technológiák. Vékonyréteg technológiák és alkalmazásai optoelektronikai rendszerekben. A nanotechnológia alapjai, nano-struktúrák létrehozása, tulajdonságaik. Klasszikus félvezető eszközökben a méretcsökkenés következtében fellépő hatások (kvantum hatások, termikus hatások mikro és nano méretekben) erősödése és hatása az eszközműködésre. Vákuum-mikroelektronika, egy-elektronos áramkörök. Kvantumvölgyes szerkezetek és azok gyakorlati alkalmazásai (pl. teljesítmény LED-ek). A nanométeres mérettartományban alkalmazható különleges technológiai eljárások, pl. nanolitográfia, önbeállítás,

önszerelés, A nanométeres tartományában alkalmazható vizsgálati és megjelenítési módszerek (pl. AFM, STM, KFM, NSOM). Szimulációs eljárások a nanoelektronikában (pl. részecske dinamika elvén működő szimulációs módszerek).

Mikroelektronikai rendszerek tervezése

([BMEVIEEMA02](#), 2. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, EET)

A tantárgy célkitűzése: A digitális IC tervezéssel kapcsolatban az előző félévben megszerzett ismereteket kibővítve a tárgy hangsúlyt fektet az analóg és vegyesjelű áramkörök, valamint az integrált mikro elektro-mechanikai rendszerek (MEMS-ek) tervezésében alkalmazott speciális módszerek és eszközök ismertetésére. A tantárgy célkitűzése, hogy megismertesse a hallgatókkal a modern integrált áramkörök és mikro-elektro-mechanikai (MEMS) rendszerek alkotta System-on-Chip (SoC), illetve System-in-Package (SiP), valamint a kiberfizikai rendszerekben alkalmazott áramköri megoldások tervezésének módszereit, a tervezéshez szükséges elektronikai/mikroelektronikai számítógéppel segített tervező (CAD) rendszereket, azok fő komponenseit, a tervezés, megvalósítás és verifikáció lépéseit. A fő funkció megvalósítási kérdésein túl tárgyalja a másodlagos effektusok (pl. a termikus hatások) figyelembe vételét, a tesztelhetőségre, megbízhatóságra és gyárthatóságra tervezés során figyelembe veendő szempontokat is és ismerteti a mikroelektronikai rendszerek tervezésével kapcsolatos legújabb trendeket.

Rövid tematika: Vegyesjelű (mixed-signal) nagy integráltsági fokú, system-on-chip rendszerek felépítésének, tervezésének (design-flow) ismertetése. 3D integráció (SoC, SiP, SoP) fogalma, tervezési szempontjai. Mikrorendszerek tokozási kérdéseinek ismertetése. Méretcsökkenés hatása, új technológiai megoldások a tervező szemszögéből. Low-power rendszerek és fogyasztáscsökkentő módszerek ismertetése. RF áramkörök tervezési és modellezési kérdései. A telekommunikációban illetve szenzorikolvasó és jelfeldolgozó VLSI áramkörökben alkalmazott tipikus analóg áramköri blokkok (erősítők, A/D, D/A átalakítók) és RF áramkörök felépítése, működése és tervezésük módszertana. Mixed-signal áramkörök fizikai tervének (layout) kialakításának módszertana. Termikus szempontok figyelembevétele a layout kialakításban. Nyílt tervező rendszerek és az ún. *process design kit*-ek bemutatása. Klasszikus IC tervező *process design kit*-ek kiterjesztése MEMS-ek tervezésére, a MEMS tervezéshez szükséges egyéb CAD/CAM eszközök (pl. FEM programok). MEMS-ek számítógépes modellezése, szimulációja. MEMS tervezési stratégiák, csatolt fizikai modellezés kérdései, multidomén helyettesítő képek analízise (pl. reduced order modelling és ennek kapcsolata a rendszerszintű viselkedési leírással, multifizikai szimulációk).

Technológiai folyamatmodellezés

([BMEVIETMA01](#), 2. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, ETT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy célja használható, kreatív tudás átadása a hallgatóknak az elektronikai technológiában leggyakrabban előforduló fizikai, kémiai, fizikai-kémiai, elektrokémiai jelenségek modellezésének és szimulációjának területén. Megismerteti a hallgatókkal a hasonlóságelmélet, a modellezés, valamint a modellezés és szimuláció matematikai alapjait, történetét és kapcsolatát a természetes emberi gondolkodással, ezáltal jelentős mértékben fejleszti a modellalkotási, elvonatkoztatási készséget. A tantárgy további célja a hallgatók modellezési készségének és a modellezés és szimuláció segítségével történő probléma-megoldási készségének fejlesztése valós modellezési problémák bemutatásának segítségével.

Rövid tematika: A modellezés alapjainak bemutatása, története. Bevezetés a modellezésbe: a modellezés fogalma, célja, kapcsolata a természetes emberi gondolkodással. A hasonlóság, hasonlósági reláció fogalma, szerepe a gondolkodásban. A modellalkotás folyamata, annak részletei, nehézségei, buktatói. A tárgy betekintést ad a különböző hatékony számítógépes szimulációs módszerekbe, beleértve a soft-computing módszereket is. Részletesen – a matematikai alapok részletezésével és az elektronikai technológia gyártási folyamataiból vett szemléltető példák segítségével – bemutatja a különböző természeti jelenségek megjelenését a technológiában, ezáltal a korábban elsajátított elméleti tudás jobb

megértését, elmélyítését segíti elő. A hallgatók ilyen módon elsajátítják az elektronikai gyártásban előforduló – méréssel vagy más gyakorlati úton nem felderíthető – problémák megoldását, kezelését.

Mikroelektronikai rendszerek tervezése laboratórium

([BMEVIEEMA03](#), 2. szemeszter, 0/0/3/f/4 kredit, EET)

A tantárgy célkitűzése: E laboratórium tárgy célja az, hogy lehetőséget teremtsen a *VLSI áramkörök*, illetve a *Mikroelektronikai rendszerek tervezése* c. tárgyak során elsajátított elméleti ismeretek gyakorlati kipróbálására. Ezért a laboratóriumi munka során a hallgatók választhatnak, hogy a korszerű mikroelektronikai rendszerek (integrált mikrorendszerek jelfeldolgozó és kommunikációs áramkörökkel közös hordozón kialakítva) tervezésével vagy nagybonyolultságú digitális áramkörök és hálózati interfészeik magas szintű tervezésével kívánnak-e foglalkozni. A hallgatók a félév során a gyakorlatban is megismerkednek az iparban alkalmazott modern tervező CAD rendszerekkel és korszerű szimulációs környezetekkel. Egy, a szemeszter során esettanulmány jelleggel (egyedileg vagy team-ben) megoldandó kisebb tervezési projektfeladat segítségével a laboratóriumi munka során a hallgatók készség szinten elsajátítják a tervezőrendszerek használatát.

Rövid tematika: A választott projektfeladat jellegének megfelelően vagy egy analóg/MEMS design flow-n végighaladva, vagy egy digitális rendszer magasszintű leírásának elkészítése és szintézise révén történik a mikroelektronikai tervezőrendszerek bemutatása.

Mikroelektronikai rendszerek tervezése esetében: A nyílt tervezőrendszerek jellemzőinek megismerése (Mentor/Cadence tervezőrendszer). A Mentor/Cadence tervezőrendszer használatának elsajátítása egy-egy mintapélda segítségével A kiválasztott analóg integrált áramkör kapcsolási rajzának tervezése, az elkészült áramkör működésének ellenőrzése ipari SPICE szimulátorral, a technológiai szórások és a hőmérsékletváltozás figyelembevételével. A fizikai terv (layout) elkészítése, tervezési szabályok ellenőrzése, post-layout szimulációk elvégzése. Ismerkedés MEMS tervezőrendszerekkel; egy széleskörűen használt tervezőrendszer használatának elsajátítása. Ismerkedés a MEMS tervezésben használatos szimulációs módszerekkel. Egy kisebb önálló tervezési feladat végrehajtása a bemutatott tervező programok (pl. ANSYS) egyikével.

Nagybonyolultságú digitális áramkörök tervezése esetében: A rendszertervezés módszereit egy egész féléves feladaton keresztül ismerhetik meg a hallgatók. Ebben a feladatban egy egyszerű mikroprocesszor SystemC nyelven megvalósított, rendszerszintű tervét készítik el. Az így megalkotott processzort a félév végén emulált perifériák környezetébe helyezve, azokhoz illesztve tesztelik. Az így kialakított rendszer egyes moduljai, a processzor és a perifériák közötti kommunikációt tranzakció és regiszterátviteli szinten is modellezzik. Az implementált utasításkészlet, az emulált kijelző és billentyűzet segítségével egy összetett, valós hardveren is működő példaprogram válik futtathatóvá.

Minőségbiztosítási és minőségvizsgálati laboratórium

([BMEVIETMB00](#), 3. szemeszter, 0/0/3/f/4 kredit, ETT)

A tantárgy célkitűzése: A laboratórium célja, hogy gyakorlati ismereteket nyújtson elektronikai alkatrészek és termékek minőségbiztosításának stratégiájáról, minőségi és hibaanalitikai vizsgálatainak megtervezéséről, végrehajtásáról, kiértékeléséről és dokumentálásáról.

Rövid tematika: A félév folyamán egy szándékosan hibásan legyártott elektronikai termék egyes alkatrészein (pl. egy beültetett Ball Grid Array token) terveznek és végeznek a hallgatók különböző méréseket. Ezzel megismerik az egyes módszerek előnyeit és hátrányait, továbbá az egymást kiegészítő jellegüket. A laborgyakorlatok tematikája: Röntgen-fluoreszcens spektrométeres (XRF) vizsgálat elvégzése az alkatrész, a nyomtatott huzalozású lemez és a forrasztóanyag anyagainak összetétel elemzése céljából. Forrasztóanyag nyomtatás, alkatrészek beültetési pozíciójának, forrasztott kötések minősítése automatikus optikai vizsgálattal (AOI), a vizsgálatok megtervezése, végrehajtása, kiértékelése. Forrasztott kötések mechanikai és villamos minősítése a legyártott áramkörökön és azok klimatikusan öregített példányain. Röntgenes struktúravizsgálat elvégzése, értelmezése és dokumentálása a rejtett

forrasztott kötések elemzéséhez. Pásztázó akusztikus mikroszkópos (SAM) vizsgálat megtervezése, elvégzése és értelmezése az integrált áramköri tokon belüli delaminációk és repedések feltérképezésére. Optikai mikroszkópos és penetrációs vizsgálatok elvégzése. Keresztcsiszolatok készítése és kiértékelésük elvégzése. Pásztázó elektronmikroszkópai (SEM) és elektronsugaras mikroanalízis (EDS) vizsgálatok megismerése.

V.4 Multimédia rendszerek és szolgáltatások fősPECIALIZÁCIÓ (HIT)

- 1. A specializáció megnevezése:** Multimédia rendszerek és szolgáltatások
(Multimedia Systems and Services)
- 2. MSc szak:** villamosmérnöki
- 3. Specializációfelelős tanszék:** Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék
- 4. Oktató tanszékek:** HIT, HVT, TMIT
- 5. Specializációfelelős oktató:** Dr. Szabó Sándor egyetemi adj. (HIT)

6. A specializáció célkitűzése: A specializáció a multimédia alkalmazások és szolgáltatások nyújtásához szükséges kommunikációs hálózatokra és rendszerekre, a szolgáltatásnyújtást támogató technológiákra és platformokra koncentrál. Azok, akik elvégzik ezt a specializációt, mély ismereteket fognak szerezni a korszerű médiakommunikációs és -kezelési technológiákról, valamint képessé válnak médiakommunikációs szolgáltatások és média információs rendszerek tervezésére, megvalósítására és működtetésére új generációs hálózatokon, különösképpen vezeték nélküli és mobil hálózatokon, valamint az Interneten. A legfontosabb témakörök, amelyekkel a hallgatókat előadások, gyakorlatok, laboratóriumi mérések keretében, az önálló munkára nagymértékben építve megismertetjük, a következők: korszerű mobil és vezeték nélküli hálózati rendszerek, a médiatechnológiák korszerű eljárása és technikai, digitális műsorszóró rendszerek, IP-alapú és Internetes médiatovábbítás és fogyasztás, szolgáltatásnyújtási platformok, tartalomszolgáltató hálózatok, média tartalomkezelő rendszerek.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgykód
Mobil és vezeték nélküli hálózatok	BMEVIHIMA07
Szélessávú vezeték nélküli hírközlő és műsorszóró rendszerek	BMEVIHVMA01
A multimédia technológiák alapjai	BMEVIHIMA08
Hálózati multimédia rendszerek és szolgáltatások	BMEVIHIMA09
Médiainformatikai rendszerek	BMEVITMMA08
Multimédia rendszerek és szolgáltatások laboratórium 1	BMEVIHIMA10
Multimédia rendszerek és szolgáltatások laboratórium 2	BMEVIHIMB02

Mobil és vezeték nélküli hálózatok

([BMEVIHIMA07](#), 1. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, HIT)

A tantárgy célkitűzése: A tárgy célja, hogy a hallgatókat megismertesse a mobil távközlés leglényegesebb technológiáival, illetve annak lehetőségeivel multimédia átviteli feladatoknál.

A tananyag a mobil technológiai funkcionális egységek szintjén tárgyalja. A tárgy hangsúlyt fektet a mobil hálózatok megvalósításához szükséges gerinchálózati technológiák alapelemeinek és alapfunkcióinak ismertetésére. A multimédia átviteléről szóló rész célja, hogy bemutassa, hogyan támogatják ezt az egyes technológiák. Ezzel kapcsolatosan a következő felmerülő problémákat is hangsúlyosan tárgyaljuk: átviteli követelmények modellezése, számszerűsítése, a követelményeknek megfelelő megoldások tervezése az alkalmazható technológiákhoz illeszkedve.

Rövid tematika: Nyilvános, közcélú, cellás mobil hálózatok felépítésének, funkcionális elemeinek bemutatása. Mobilhálózati protokollok fejlődése. Mobilitás-menedzsment, handover lehetőségek, megoldások. Mobilitás támogatás magasabb rétegekben, IPv4, illetve IPv6 esetén. A rádiós interfész képességei és követelményei 2G, 3G, 4G és 5G rendszerekben. Nem közcélú, kis kiterjedésű, szélessávú vezeték nélküli hálózati technológiák bemutatása. Az elterjedt megoldások (WiFi, WiMax, Bluetooth, UWB, ZigBee, AdHoc, SDN) tipikus berendezései, protokolljai. Heterogén mobilhálózatok kialakításának kérdései. Mobil backhaul és gerinc hálózat követelményei, megoldásai. A backhaul és core

összeköttetések átvitele vezetékes alapú transzport hálózatokon. Transzport hálózattal szembeni követelmények és tipikus megoldások a különböző hálózati szegmensekben (vezetékes hozzáférési, aggregáció, gerinc). Mobil-specifikus részletek. Követelmények értelmezése, mennyiségek, QoS jellemzők származtatása. Minőségi és megbízhatósági követelmények modellezése. Minőség biztosításának megoldásai a transzport hálózati technológiákban (xPON, CWDM, DWDM, CET, MPLS, IP/MPLS). Mobil specifikus problémák. Multimédia forgalom átvitelének követelményei. Tipikus technológiai megoldások mobil és transzport hálózati technológiákban.

Szélessávú vezetékek nélküli hírközlő és műsorszóró rendszerek

([BMEVIHVMA01](#), 1. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, HVT)

A tantárgy célkitűzése: A jövő szélessávú fix és mobil kommunikációs, továbbá műsorszóró rendszereinek alapvető – fizikai rétegbeli – tulajdonságainak tervezéséhez, modellezéséhez és vizsgálatához szükséges ismeretek átadása.

Rövid tematika: A tárgy négy nagyobb témakört érint. Az első a digitális hírközlés néhány speciális kérdésével foglalkozik, így a spektrumhatékony kódolási eljárásokkal (nagy állapotszámú digitális modulációk - MQAM, folytonos fázisú modulációk – CPM, többvivős modulációs eljárások - OFDM, FBMC) kódolt modulációs rendszerekkel, kiterjesztett spektrumú rendszerekkel (konstans és változó sebességű szolgáltatások esetére is), a többszörös hozzáférésű rendszerekkel (CDMA, FDMA, TDMA, SDMA), többfelhasználós vételi eljárásokkal. A második rész az átviteli közegek tulajdonságait ismerteti, áttekintve a földi és műholdas mikrohullámú közeg, a mobil valamint a fix telepítésű és műsorszóró (földfelszíni és műholdas) rádiócsatorna tulajdonságait (pl. WSSUS), kitérve a pont-pont, pont-többpont (pl.: MIMO) csatornákra is. A harmadik rész speciális rendszereket, berendezéseket ismertet, így földi és műholdas műsorszóró és kommunikációs rendszereket, beleértve a DAB, DVB és DRM rendszereket, a szélessávú, fix telepítésű, vezetéknélküli hozzáférési (BFWA) hálózatokat a mobil és műsorszóró hálózatok konvergenciájának elemeivel együtt (SDR, LTE, 5G, DVB IP, DVB RCT). A negyedik rész mélyrehatóan ismerteti a korszerű digitális műsorszóró- és kommunikációs rendszerek mérés technikáját, részletezve az idő- és frekvenciatartománybeli jellemzőket, moduláció-analízist és bithiba-, illetve csomaghiba-arány vizsgálatokat. Ugyancsak szemléltetjük ezen rendszerek alapsávi rendszerábrázolását, modellezési és szimulációs eljárásait, adott sztochasztikus jellemzőkkel rendelkező valós és komplex jelek előállítását, a rendszerjellemzők szimulációs becslését.

A multimédia technológiák alapjai

([BMEVIHIMA08](#), 1. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, HIT)

A tantárgy célkitűzése: A tárgy az alapoktól indulva bemutatja az emberi hallás és látás pszichofizikai jellemzőit, az audio és videó jel előállításának, feldolgozásának és bitsebesség csökkentésének elvi alapjait. Bemutatja napjaink legfontosabb, szabványosított audio és video forráskódolási eljárásainak főbb implementációs részleteit.

Rövid tematika: Az emberi hallás pszichofizikai alapjainak és legfontosabb jellemzői. Az emberi látás pszichofizikai alapjainak és legfontosabb jellemzői. Fény és színmérési alapfogalmak. Az audiojel sajátosságai, különböző formátumok (pl. kettő és többcsatornás hangrendszerek). A videójel sajátosságai, képfelbontás, világosságjel és a színkülönbségi jelek, videójel mintavételezése, egy és több dimenziós mintavétel sajátosságai, videó formátumok. Jeltömörítési alapok: kvantálás, PCM kódolás, fontosabb veszteségmentes kódolási eljárások, prediktív kódolás, transzformációs kódolás, mozgásbecslés és mozgáskompensáció. Állókép és videó tömörítési szabványok: JPEG, JPEG-2000, MPEG-2, MPEG-4 H.264/AVC, HEVC, 3D és Free Viewpoint megjelenítést támogató kódolási módszerek. Audio bitsebesség csökkentési eljárások: pszichoakusztikus modellek, MPEG 1-2, Dolby AC 3. Képfeldolgozási alapismeretek, 2D DFT, kép és videoszegmentálás, élkiemelések, határok keresése, mélységi képek. Képjavitási eljárások, projektív geometria a képanalízisben (pl. 3D struktúrák, világítási modellek, sztereo látás.)

Hálózati multimédia rendszerek és szolgáltatások

([BMEVIHIMA09](#), 2. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, HIT)

A tantárgy célkitűzése: A tárgy a digitális médiaterjesztés, az IPTV és az internetes médiaszolgáltatások technológiai, rendszertechnikai és az azokon megvalósítható alkalmazások és szolgáltatások nyújtása témaköreiben ad korszerű ismereteket. Az MSc-szintnek megfelelően a hallgatók a fenti ismeretek megszerzése mellett képessé válnak a technológiák értékelésére, a megfelelő technikák megválasztására, pozicionálására, az adott célra szóba jövő megoldások összehasonlító elemzésére, teljesítőképességük vizsgálatára.

Rövid tematika: A hálózati multimédia történeti áttekintése beleértve az analóg műsorszórás és –terjesztés technológiáit. Digitális tv és audio műsorszórás. Média streaming (protokollok, multicast, adaptív megoldások). Multimédia szolgáltatások nyújtását támogató technológiák (IMS a gyakorlatban). AAA és számlázási rendszerek és digitális jogkezelő rendszerek (DRM). Mobil multimedia (QoS kihívások, caching). IPTV rendszerek. Médiatároló és -elosztó rendszerek. Médiatovábbítás az Interneten. Internet TV, az OTT (Over the Top Content) szolgáltatási modellje. A közösségi elem integrálása a médiafogyasztásba és terjesztésbe: social media, social TV. A multimédia kommunikáció alkalmazási területei (audio-vizuális kollaboráció, e-learning, e-health és telemedicina rendszerek, smart environments). A multimédia kommunikáció továbbfejlesztési irányai: UHD TV, multiscreen tv, Free Viewpoint TV.

Médiainformatikai rendszerek

([BMEVITMMA08](#), 2. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, TMIT)

A tantárgy célkitűzése: A tárgy célkitűzései közé tartozik a digitális multimédia tartalomkezelés legfontosabb fogalmainak ismertetése, megoldásainak és technikáinak oktatása. A hallgatók megismerik a multimédia állományok jellemzésének és kategorizálásának elveit és szabványos előírásait. A kurzust elvégző hallgatók a félév végére képessé válnak az médiainformatikai rendszerek mérnöki feladatainak megértésére, elvégzésére, és a kapcsolódó feladatkörök ellátására, elsajátítva az ehhez szükséges technológiákat és eszközöket.

Rövid tematika: Médiatartalom kezelésének folyamata. Tartalomkezelő rendszerek (CMS) architektúrája, típusai. A rendszerek átfogó modellje. Feladatkörök és alrendszerek. A multimédia (kép, hang, videó) állományok kezelésének fő területei. CMS felépítése: gyűjtő, tároló, megjelenítő alrendszer. Életciklus tulajdonságok. Integrációs eszközök. Metaadatok: szemantikus metaadatok, multimédia metaadat szabványok. Multimédiás adatbázisok. Multimédia visszakeresés. Keresési módok, típusok, algoritmusok. A visszakereső rendszer jóságának mérése. Kép és videótartalmak automatikus annotálása. Multimédia technológiákon alapuló komplex felismerési feladatok. Digitális archiválás. A tartalomkezelés megoldásai és technikái az IPTV-nél. Alkalmazási és szolgáltatási példák. Web2.0: Közösségi, képmegosztó oldalak, videómegosztó portálok; Web3.0.

Multimédia rendszerek és szolgáltatások laboratórium 1

([BMEVIHIMA10](#), 2. szemeszter, 0/0/3/f/4 kredit, HIT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy célja a szakirány (Multimédia rendszerek és szolgáltatások) tárgyaiban tanított elméleti ismeretek kiegészítése és alátámasztása gyakorlati ismeretekkel. Ennek keretében a mobil, műsorszóró és médiakommunikációs rendszerekkel kapcsolatos műszaki problémákat és azok megoldási lehetőségeit vizsgálják a hallgatók.

Rövid tematika:

Bevezető, eligazítás a féléve menetéről

Mobil és vezeték nélküli hálózatok tárgyhoz kapcsolódó mérések

1. mérés: Mobilitás támogatás az Internet Protokollban
2. mérés: Mobilitás menedzsment eljárások vizsgálata
3. mérés: ATM hálózatok teljesítőképesség vizsgálata

Szélessávú vezeték nélküli hírközlő és műsorszóró rendszerek tárgyhoz kapcsolódó mérések

1. mérés: Analóg rádiórendszerek jellemzői és méréstechnikája
2. mérés: Digitális QAM-jelek tulajdonságai és méréstechnikája
3. mérés: Csatornatípusok és jellemzőik, csatornakódolás hatása

A multimédia technológiák alapjai tárgyhoz kapcsolódó mérések

1. mérés: Állóképtömörítési eljárások vizsgálata: JPEG, JPEG-2000
2. mérés: Mozgóképtömörítési eljárások vizsgálata: MPEG-2, H.264/AVC
3. mérés: Veszteséges audiotömörítési eljárások vizsgálata: MPEG Audio, AC

Multimédia rendszerek és szolgáltatások laboratórium 2

([BMEVIHIMB02](#), 3. szemeszter, 0/0/3/f/4 kredit, HIT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy célja a szakirány (Multimédia rendszerek és szolgáltatások) tárgyaiban tanított elméleti ismeretek kiegészítése és alátámasztása gyakorlati ismeretekkel. Ennek keretében a mobil, műsorszóró és médiakommunikációs rendszerekkel kapcsolatos műszaki problémákat és azok megoldási lehetőségeit vizsgálják a hallgatók.

Rövid tematika:

Bevezető, eligazítás a féléve menetéről

Hálózati multimédia rendszerek és szolgáltatások tárgyhoz kapcsolódó mérések

1. mérés: Videó streaming rendszerek elemzése
2. mérés: Stereoszkóp 3D videó vizsgálata
3. mérés: Stúdiótechnika-mérés 1.

Médiainformatikai rendszerek tárgyhoz kapcsolódó mérések

1. mérés: Képi tartalmak automatikus jellemzésére és kategorizálására alkalmas annotáló rendszer
2. mérés: Videó feldolgozás gyakorlati módszereinek labormérése
3. mérés: Multimédia visszakereső rendszer jóságának mérése

Mobil és vezeték nélküli hálózatok tárgyhoz kapcsolódó mérés

- Hálózati hibák hatása a QoS-re IP hálózatokban

Szélessávú vezeték nélküli hírközlő és műsorszóró rendszerek tárgyhoz kapcsolódó mérés

- OFDM-jelek tulajdonságai és méréstechnikája

A multimédia technológiák alapjai tárgyhoz kapcsolódó mérés

- Stúdiótechnika mérés 2.

V.5 Számítógép-alapú rendszerek főspecializáció (AUT)

- 1. A specializáció megnevezése:** Számítógép-alapú rendszerek
(Engineering of Computer-Based Systems)
- 2. MSc szak:** villamosmérnöki
- 3. Specializációfelelős tanszék:** Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszék
- 4. Oktató tanszékek:** AUT, IIT
- 5. Specializációfelelős oktató:** Dr. Tevesz Gábor egyetemi docens (AUT)

6. A specializáció célkitűzése:

A specializáció olyan elméleti és gyakorlati megalapozást kíván a hallgatók részére biztosítani, amely gondosan felépített, rendszerezett és széles körben hasznosítható ismeretanyagot képez a jelen és a jövő mikroszámítógépeken alapuló irányító és vezérlő rendszereinek kutatásához, tervezéséhez és fejlesztéséhez. A szakterület robbanásszerű fejlődésen megy keresztül az utóbbi évtizedekben, tervezésükhöz, alkalmazásukhoz, üzemeltetésükhöz egyre több magasan kvalifikált szakembert igényével lép fel az ipar. Az elvárások ezen szakemberekkel szemben igen magasak mind a szakterület szerteágazósága, mind az elméleti ismeretek dinamikus fejlődése és folytonos megújulása miatt. A szakterület hidat alkot az ipari hardver és szoftver technológiák között, irányt mutat a korszerű irányítástechnikai kutatások felé.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgykód
Nagyteljesítményű mikrokontrollerek és interfészek	BMEVIAUMA07
Beágyazott operációs rendszerek	BMEVIAUMA08
Számítógépes látórendszerek	BMEVIAUMA07
Alkalmazásfejlesztés	BMEVIAUMA09
Robotirányítás rendszertechnikája	BMEVIAUMA10
Rendszer- és alkalmazástechnika labor 1	BMEVIAUMA11
Rendszer- és alkalmazástechnika labor 2	BMEVIAUMB03

Nagyteljesítményű mikrokontrollerek és interfészek

([BMEVIAUMA07](#), 1. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, AUT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy széleskörű ismereteket nyújt a számítógépes rendszerek és a nagyteljesítményű mikrokontrollerek architektúráiról, ill. építőelemeiről. A hagyományos architektúrák elemzését követően bemutatja a széles körben elterjedt speciális architektúrákat (ARM, DSP, hálózati- és grafikus vezérlők, GPGPU), s összeveti ezeket a szoft- és hardprocesszoros SoC eszközökkel. A tárgy hallgatói megismerkednek a teljesítményt, biztonságot és megbízhatóságot növelő, s a fogyasztást csökkentő módszerekkel. Részletesen foglalkoznak az irányítórendszer részeit összekapcsoló modern buszrendszerek mechanikai-, elektromos- és logikai jellemzőivel, a rendszer- és részrendszer szintű megbízhatósági kérdésekkel, s a komplex rendszerekben belül a tantárgytárgy kiter a WEB, mobil, stb. alapú irányítás és diagnosztika lehetőségeire is.

Rövid tematika: Számítógép architektúrák. Általános jellemzők, hierarchikus szintek, számítógép és processzor generációk. Mikroarchitektúrák. Közönséges- és superskalár csővezeték processzorok. Fejlett funkciók (többszálúság, többmagos processzorok, virtualizáció, ACPI, stb.)

Speciális processzorok és architektúrák. ARM-, jel-, hálózati-, grafikus-, média és cellaprocesszorok, ill. általános célra használt grafikus processzor egységek (GPGPU).

Többprocesszoros rendszerek. Csoportosítás, tipikus képviselőik. Vektorszámítógépek.

Az interfészek és buszok osztályozása, mechanikai-, elektromos- és logikai jellemzői. Tranzakciók, arbitráció, adatátvitel és címzés. Szinkron-, szemiszinkron- és aszinkron buszok. Aszimmetrikus és szimmetrikus jelátviteli rendszerek és áramköri megoldások, reflexiók, metastabilitás, élő behelyezés. Széles körben használt buszrendszerek. A PCI, PCIe, SATA, USB és Thunderbolt buszok. Modern tervezési módszerek. Kapuszintű, strukturális és algoritmikus Verilog modellek. Szintetizálható és nem szintetizálható RTL. RTL és SW összehasonlítás. SystemC. Hard- és szoftprocesszoros csipre integrált rendszerek (Soc és PSoC). Csipen belüli buszok, IP elemek, fejlesztő eszközök. Esettanulmány egy szoftprocesszoros eszközzel.

Beágyazott operációs rendszerek

([BMEVIAUMA08](#), 1. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, AUT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy célkitűzése bemutatni azokat a platformokat, technikákat és eszközöket, amelyek szükségesek a valós idejű követelményeknek megfelelő rendszerek alkalmazás és rendszer szintű szoftverének megírására és futtatására. A tantárgy középpontjában a hardvertervezés során létrehozott eszközök szoftverrendszerének kialakítása áll. A beágyazható operációs rendszerek (Linux, Windows család, QNX, stb.), és az általuk biztosított programozási-, és rendszerszolgáltatásainak bemutatását az adott rendszerek meghajtóprogram-modelljeinek részletes ismertetése, illetve a szinkronizálás és párhuzamos végrehajtás problémáinak vizsgálata követi.

A hallgatók alkalmasak lesznek arra, hogy megértsék és alkalmazzák a valós idejű, és a beágyazott rendszerek tervezésével és megvalósításával kapcsolatos alapkoncepciókat. A kialakítandó rendszerekkel kapcsolatos eszközmeghajtó-modellek megfelelő alkalmazásával hozzáférhetővé tudják tenni a jelenlegi és jövőbeli operációs rendszerek programozói felülete számára az általuk tervezett és elkészített hardverelemeket. A hallgatók képesek lesznek olyan valós idejű rendszereket implementálni, amelyek megfelelnek a vele támasztott funkcionális és időkövetelményeknek.

Rövid tematika: Beágyazott operációs rendszerek alapvető szolgáltatásai, alapgfogalmak.

Kisteljesítményű beágyazott operációs rendszerek. A uCOS-II és a FreeRTOS operációs rendszerek. Ütemező algoritmus, taszkok nyilvántartása, elérhető szolgáltatások, taszkok közötti kommunikáció.

A Linux rendszer létrejötte, jelentősége napjainkban. A Linux rendszerek felépítése. A normál és a valós idejű kernel különbségeinek elemzése. A beágyazott Linux rendszer összeállításának bemutatása. Linux alkalmazások fejlesztése. Az állományabsztrakciós felület, folyamatok, szálak és hálózatkezelés. Iránymutatások a valós idejű alkalmazások fejlesztéséhez. Linux kernelmodulok fejlesztése.

QNX operációs rendszer felépítése. Kernelszolgáltatások, ütemezés, megszakítások kezelése, hálózatkezelés. Beágyazott rendszerek készítése QNX operációs rendszerrel. QNX operációs rendszer felhasználói szemmel. Alkalmazások fejlesztése QNX operációs rendszerrel.

A Windows helye a beágyazott eszközök világában. A Windows Embedded és Windows Embedded Compact felépítése, szolgáltatásai. Ütemezés, szinkronizációs objektumok, megszakítások kezelése. BSP-ben megvalósítandó feladatok, driver modellek. Natív WinAPI alkalmazás felépítése.

Számítógépes látórendszerek

([BMEVIIIIMA07](#), 1. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, IIT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy keretében a hallgatók először áttekintik a számítógép-alapú látórendszerek és a képkalkotás alapjait, a fontosabb elő és utófeldolgozó módszereket. A tárgy további célja, hogy ezekre épülve összetettebb, valós időben futó algoritmusok és megoldások részleteit is ismertesse. Fontos szerep jut a kis erőforrású környezetekben alkalmazható megoldásoknak is.

Rövid tematika: Az előadások első felében a hallgató rövid áttekintést kap a fontosabb képfeldolgozási és képkéértékelési algoritmusokról, illetve megismerheti azon fontosabb feladatköröket, amelyekre tipikusan optikai célrendszerek alkalmazása javasolt. Ebben a részben foglalkozunk az egy- és többcsatornás, valamint a bináris képeken végrehajtható fontosabb előfeldolgozási lépésekkel, az alakzatok tulajdonságaival, felismerésével, osztályozásával. A tárgy nagyobbik fele összetettebb látómegoldásokat ismertet. A hallgató megismeri azon lehetőségeket, amelyekkel az optikai elven működő nagy mennyiségű képi adat feldolgozását igénylő feladatok megoldhatók. Nagy jelentősége van annak is,

hogyan milyen jellegű feladatok esetén melyik megoldást célszerű választani. A megoldások között a tárgy kiter az alábbi fontosabb témakörökre: SIMD megoldások, adatfolyam-feldolgozás, a GPU használata; DSP alapú feldolgozás, Integrált eszközök; Hardveralapú megoldások, programozható hardverek; APS (CMOS) alapú előfeldolgozás, CNN, eseményalapú optikai érzékelők, vonalkamera. A tárgy foglalkozik a mobil eszközökön megtalálható lehetőségek alkalmazásával is.

Alkalmazásfejlesztés

([BMEVIAUMA09](#), 2. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, AUT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy célja megismertetni a hallgatókkal azokat az eszközöket, melyek a programozási alapismereteken túl a nagyobb szoftverfejlesztési projektek esetében szükségesek. Ide tartoznak magas szintű osztálykönyvtárak, az automatikus tesztelés és folyamatos integrációs szerver használata, a verziókezelés és dokumentációs módszerek, a fordítási folyamatok speciálisabb beállítási lehetőségei, valamint felhő szolgáltatások felhasználása szerver oldali megoldások számára. Mindezek során a tantárgy kiemelt hangsúlyt fektet a beágyazott rendszerekhez kapcsolódó feladatokra, valamint az ezekből származó speciális környezetekre.

Rövid tematika: Szoftverfejlesztés C++ nyelven, Qt környezetben. Kiemelt hangsúlyt kap a grafikus felhasználói felületek (GUI) elkészítése, különösen a beágyazott rendszerekkel kapcsolatos konfigurációs, diagnosztikai és adatgyűjtési feladatokra. A másik hangsúlyos részterület a más eszközökkel történő kommunikáció megvalósítási lehetőségei, mint a Bluetooth és WiFi hozzáférés beágyazott rendszerekhez, valamint REST API kommunikáció szerverrel, és azon keresztül adatbázissal. Ide kapcsolódnak még a konfigurációs fájlok kezelése, sorosítás (XML, JSON formátumok), valamint logolási megoldások.

Szoftvertervezési szempontok, mint a leggyakoribb tervezési minták felismerése és használata, valamint a függőségkezelési és forráskód strukturálási elvek. Újrahasznosítható komponensek készítése és az áttekinthető forráskód alapelvei.

Felhő alapú szerver oldali szolgáltatások használata. Ezek közül kiemelt hangsúlyt kapnak azok a szolgáltatások, melyek szerver oldali programozás nélkül, akár ingyenesen is biztosítanak adatbázist és REST API alapú hozzáférést.

Verziókezelés (Git, SVN), folyamatos integráció (Jenkins szerver), valamint automatikus dokumentáció generálás (Doxygen, Markdown formátum). Dokumentációs céllal alapvető UML ismeretek, mint az osztálydiagram és a szekvencia diagram.

Automatikus tesztelési megoldások. A fordítási folyamatok további automatizálási lehetőségei, mint a fordítás utáni tesztelés, konfiguráció és telepítés szerverre.

Robotirányítás rendszertechnikája

([BMEVIAUMA10](#), 2. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, AUT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy célja, hogy a hallgatók ismereteket szerezzenek a komplex automatizált rendszerek egyik nagy családjának, a robotirányításnak a területén használatos hardver és szoftver eszközökről, elsajátítsák a használatos architektúrák és irányítási algoritmusok főbb jellegzetességeit. Megismerkednek a robotok mozgását leíró modellekkel, irányítási architektúráikkal, a robotprogramozási nyelvek szerkezetével és tulajdonságaival. A tantárgy két hat szabadságfokú általános célú szerelőrobot példáján keresztül szemlélteti a tanultakat. Áttekinti a robotikában alkalmazott digitális szabályozások elméletét, algoritmusait, realizálási kérdéseit. Bevezeti a hallgatókat napjaink egyik legdinamikusabban fejlődő robotikai területébe, a mobil robotok világába, bemutatva a mobil robotok szenzorait, tájékozódásának és irányításának alapelveit, algoritmusait.

Rövid tematika: A robot, mint komplex irányítandó folyamat. Robotgenerációk, robottípusok és alkalmazásaik.

Robot manipulátorok kinematikája. Direkt és inverz geometriai feladat, a Denavit-Hartenberg alak. Robotok dinamikája. Robotirányítási algoritmusok (decentralizált szervohajtások, nemlineáris szétcsatolás, hibrid pozíció- és erőirányítás).

Pozíció, sebesség és gyorsulásérzékelés. Inkrementális adók, abszolút szöghelyzet adók. Nokia-Puma 560 eredeti és új irányító rendszere. A Mitsubishi MELFA ipari robotcsalád architektúrája és programozása. A MELFA robot szimulátora.

Digitális szabályozó algoritmusok elmélete, realizálásuk robotokban (pozíció, sebesség, nyomaték). Az elintéგრálódás kiküszöbölése.

Robot programozási nyelvek. On-line, off-line programozás, explicit programozási nyelvek. A robotprogramozás fejlődési irányai, implicit programozás. Az ARPS programnyelv és bővítése hibrid pozíció-erő irányításhoz

Mobil robotok fajtái, rendszerezése. Mobil robotok szenzorai és tájékozódása, relatív és abszolút helymeghatározási elvek. Mobil robotok navigációja akadályok között. A konfigurációs tér. Ütközésmentes pályatervezési algoritmusok: potenciálmező-módszerek, valószínűségi útvonaltérkép (PRM) és gyorsan feltérképező sűrű fa (RDT) módszerek, cella-dekompozíció, láthatósági gráf. Approximációs tervezési módszerek anholonóm robotok számára. A reaktív akadályelkerülés módszerei: virtuális erőter (VFF), vektormező hisztogram (VFH) és dinamikus ablak (DWA) módszerek.

Rendszer- és alkalmazástechnika labor 1

([BMEVIAUMA11](#), 2. szemeszter, 0/0/3/f/4 kredit, AUT)

A tantárgy célkitűzése: Az elvégzendő mérések részben kiegyenlítik az inhomogén előképzettség által előidézett különbségeket, egységes alapot teremtve a mesterképzés gyakorlati része számára, ezen kívül az előző félévben hallgatott elméleti specializáció tantárgyak anyagához kapcsolódnak, az ott megszerzett ismeretek gyakorlat-orientált elmélyítését teszik lehetővé.

Rövid tematika: A laboratórium 10 db 4 órás mérést tartalmaz a következő témakörökben: nagyteljesítményű mikrokontrollerek és interfészek, beágyazott operációs rendszerek, képfeldolgozás alapjai.

Rendszer- és alkalmazástechnika labor 2

([BMEVIAUMB03](#), 3. szemeszter, 0/0/3/f/4 kredit, AUT)

A tantárgy célkitűzése: Az elvégzendő mérések az előző féléves elméleti specializáció tantárgyak anyagához kapcsolódnak és az ott megszerzett ismeretek gyakorlat-orientált elmélyítését segítik elő, ill. az ismeretek gyakorlati alkalmazásait mutatják be.

Rövid tematika: A laboratórium 10 db 4 órás mérést tartalmaz a következő témakörökben: alkalmazásfejlesztés, robotirányítás rendszertechnikája

V.6 Vezetéknélküli rendszerek és alkalmazások főspecializáció (HVT)

- 1. A specializáció megnevezése:** Vezetéknélküli rendszerek és alkalmazások
(*Wireless Systems and Applications*)
- 2. MSc szak:** villamosmérnöki
- 3. Specializációfelelős tanszék:** Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszék
- 4. Oktató tanszékek:** HVT, HIT, TMIT
- 5. Specializációfelelős oktató:** Dr. Bitó János egyetemi docens (HVT)

6. A specializáció célkitűzése:

A vezetéknélküli kommunikáció napjaink egyik legdinamikusabban fejlődő területe. Napjaink fő kutatási iránya a földi és műholdas mobil kommunikációs és műsorszóró rendszerek valamint az Internet integrációja. A cellás mobil rendszerek mellett a kooperatív és önszervező hálózatok (SON) már jelenleg is, de a jövőben még inkább kiterjesztik az igénybe vehető szolgáltatásokat a beszédkommunikáció mellett a nagysebességű adatkommunikáció irányába nemcsak video/audio átvitelre, de mobil internet és eszközök közötti kommunikáció (IoT) biztosítására is. A szélessávú kommunikáció megvalósítása megköveteli a rendelkezésre álló frekvencia spektrum minél hatékonyabb kihasználását kognitív, kooperatív és szoftver rádiós (SDR) megoldások által. A vezetéknélküli helyi hálózatok jelentős számú rádiós megoldása ugyancsak a mobil számítástechnika nélkülözhetetlen tényezőjévé vált. Ezen növekvő komplexitású fix és mobil vezetéknélküli rendszerek fejlesztése, kiépítése, optimális tervezése és üzemeltetése azonban magasan képzett szakembereket igényel. Az alkalmazásfejlesztés ezen hálózatokra ugyancsak jelentős számú villamosmérnököt és informatikust foglalkoztat, akik hatékony munkája a rendszer fizikai rétegének ismerete nélkül nem képzelhető el.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgykód
Mobil és vezetéknélküli hálózatok	BMEVIHIMA07
Szélessávú vezetéknélküli hírközlő és műsorszóró rendszerek	BMEVIHVMA01
Antennák, hullámterjedés és mikrohullámú távérzékelés	BMEVIHVMA02
Navigációs és helyalapú szolgáltatások és alkalmazások	BMEVITMMA07
Nagyfrekvenciás elektronika	BMEVIHVMA03
Rádióátviteli mérések laboratórium 1	BMEVIHVMA04
Rádióátviteli mérések laboratórium 2	BMEVIHVMB02

Mobil és vezetéknélküli hálózatok

([BMEVIHIMA07](#), 1. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, HIT)

A tantárgy célkitűzése: A tárgy célja, hogy a hallgatókat megismertesse a mobil távközlés leglényegesebb technológiáival, illetve annak lehetőségeivel multimédia átviteli feladatoknál.

A tananyag a mobil technológiai funkcionális egységek szintjén tárgyalja. A tárgy hangsúlyt fektet a mobil hálózatok megvalósításához szükséges gerinchálózati technológiák alapelemeinek és alapfunkcióinak ismertetésére. A multimédia átviteléről szóló rész célja, hogy bemutassa, hogyan támogatják ezt az egyes technológiák. Ezzel kapcsolatosan a következő felmerülő problémákat is hangsúlyosan tárgyaljuk: átviteli követelmények modellezése, számszerűsítése, a követelményeknek megfelelő megoldások tervezése az alkalmazható technológiákhoz illeszkedve.

Rövid tematika: Nyilvános, közcélú, cellás mobil hálózatok felépítésének, funkcionális elemeinek bemutatása. Mobilhálózati protokollok fejlődése. Mobilitás-menedzsment, handover lehetőségek, megoldások. Mobilitás támogatás magasabb rétegekben, IPv4, illetve IPv6 esetén. A rádiós interfész képességei és követelményei 2G, 3G, 4G és 5G rendszerekben. Nem közcélú, kis kiterjedésű, szélessávú

vezeték nélküli hálózati technológiák bemutatása. Az elterjedt megoldások (WiFi, WiMax, Bluetooth, UWB, ZigBee, AdHoc, SDN) tipikus berendezései, protokolljai. Heterogén mobilhálózatok kialakításának kérdései. Mobil backhaul és gerinc hálózat követelményei, megoldásai. A backhaul és core összeköttetések átvitele vezetékes alapú transzport hálózatokon. Transzport hálózattal szembeni követelmények és tipikus megoldások a különböző hálózati szegmensekben (vezetékes hozzáférési, aggregáció, gerinc). Mobil-specifikus részletek. Követelmények értelmezése, mennyiségek, QoS jellemzők származtatása. Minőségi és megbízhatósági követelmények modellezése. Minőség biztosításának megoldásai a transzport hálózati technológiákban (xPON, CWDM, DWDM, CET, MPLS, IP/MPLS). Mobil specifikus problémák. Multimédia forgalom átvitelének követelményei. Tipikus technológiai megoldások mobil és transzport hálózati technológiákban.

Szélessávú vezeték nélküli hírközlő és műsorszóró rendszerek

([BMEVIHVMA01](#), 1. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, HVT)

A tantárgy célkitűzése: A jövő szélessávú fix és mobil kommunikációs, továbbá műsorszóró rendszereinek alapvető – fizikai rétegbeli – tulajdonságainak tervezéséhez, modellezéséhez és vizsgálatához szükséges ismeretek átadása.

Rövid tematika: A tantárgy négy nagyobb témakört érint. Az első a digitális hírközlés néhány speciális kérdésével foglalkozik, így a spektrumhatékony kódolási eljárásokkal (nagy állapotszámú digitális modulációk - MQAM, folytonos fázisú modulációk – CPM, többvivős modulációs eljárások - OFDM, FBMC) kódolt modulációs rendszerekkel, kiterjesztett spektrumú rendszerekkel (konstans és változó sebességű szolgáltatások esetére is), a többszörös hozzáférésű rendszerekkel (CDMA, FDMA, TDMA, SDMA), többfelhasználós vételi eljárásokkal. A második rész az átviteli közegek tulajdonságait ismerteti, áttekintve a földi és műholdas mikrohullámú közeg, a mobil valamint a fix telepítésű és műsorszóró (földfelszíni és műholdas) rádiócsatorna tulajdonságait (pl. WSSUS), kitérve a pont-pont, pont-többpont (pl.: MIMO) csatornákra is. A harmadik rész speciális rendszereket, berendezéseket ismertet, így földi és műholdas műsorszóró és kommunikációs rendszereket, beleértve a DAB, DVB és DRM rendszereket, a szélessávú, fix telepítésű, vezetéknélküli hozzáférési (BFWA) hálózatokat a mobil és műsorszóró hálózatok konvergenciájának elemeivel együtt (SDR, LTE, 5G, DVB IP, DVB RCT). A negyedik rész mélyrehatóan ismerteti a korszerű digitális műsorszóró- és kommunikációs rendszerek mérés technikáját, részletezve az idő- és frekvenciatartománybeli jellemzőket, moduláció-analízist és bithiba-, illetve csomaghiba-arány vizsgálatokat. Ugyancsak szemléltetjük ezen rendszerek alapsávi rendszerábrázolását, modellezési és szimulációs eljárásait, adott sztochasztikus jellemzőkkel rendelkező valós és komplex jelek előállítását, a rendszerjellemzők szimulációs becslését.

Antennák, hullámterjedés és mikrohullámú távérzékelés

([BMEVIHVMA02](#), 1. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, HVT)

A tantárgy célkitűzése: A távközlő (mobil, műholdas), távérzékelő rendszerek mind szélesebb köre alkalmazza a vezeték nélküli összeköttetéseket. A rendszerek kutatási, fejlesztési és üzemeltetése egyaránt igényli az antennák és hullámterjedés ismeretét, a tantárgy fő feladata ezen ismeretek megadása az alkalmazáshoz, rádióhálózat tervezéshez szükséges mélységben. Az anyag tartalmazza a szükséges frekvencia gazdálkodási ismereteket és szemléletmódjában az EMC alapelvei érvényesülnek. A tárgy további célja, hogy megismertesse a hallgatókkal az antennefejlesztés legújabb irányait és eredményeit. A tantárgy bevezet a rádióhullámokkal megvalósítható képalkotás és mérés elméletébe. Rendszerezett elméleti és gyakorlati ismereteket nyújt a mikrohullámú távérzékelés témakörben. Bemutatja a mikrohullámú képek főbb felhasználási területeit (légiirányítás, környezetvédelem, geológia, árvízvédelem, mezőgazdaság, régészet, stb).

Rövid tematika: Bevezetés. A rádiórendszerek alapjai, a rádióösszeköttetések legfontosabb rendszerelemei, paraméterei. Az antennák jellemzői, alapfogalmak, irány-karakterisztika, nyereség, irányhatás, hatásos felület, hatásos hossz, polarizációs jellemzők, antenna zajhőmérséklet. A dualitás

elve. A huzalantennák típusai, dipól és monopól árameloszlása, iránykarakterisztikája, sugárzási ellenállása, bemeneti impedanciája, hatásos hossza, kölcsönös impedanciája. Reflektor típusú antennák, sík- és sarokreflektor. Átirányító síktükör. Apertura antennák, az apertura távoltage. Apertúra antenna típusok (tölcsér, lencse, paraboloid, henger paraboloid, stb.) EM hullámterjedési módok. Földreflexió, reflektált hullám, felületi hullám, diffrakció, refrakció, troposzférikus szórás. Ionoszférikus terjedés. Kétutas hullámterjedés. Rádió meteorológia. Gyakorlati hullámterjedési modellek.

Mérés elve, a mérőrendszer csoportosítása feladat, alkalmazási terület, telepítés, frekvencia, mérendő objektum típusa, stb. szerint. A mérendő objektumról reflektálódott rádióhullámmal közvetlenül mérhető mennyiségek (radiális távolság, radiális sebesség, térbeli irány, céltárgy mérete, alakja, stb.) Távérzékelő rendszerek antennái, 2D és 3D képalkotás. Léggör, föld görbülség, reflexiók hatása. Mérés szabadterei hatótávolsága, objektumok hatásos keresztmetszete. Moduláció, felbontás, pontosság, optimális vevő. Detekció- és becslésmélet. Pályaképzés elve, Kalman-szűrő. Képalkotó távérzékelés: SLAR, SAR, ISAR. Polgári repülés távérzékelési eszközei: SSR, WAMLAT. Radar meteorológia. A tárgy hallgató szakmai látogatáson vesznek részt a Hungarocontrolnál és OMSz-nél.

Navigációs és helyalapú szolgáltatások és alkalmazások

([BMEVITMMA07](#), 2. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, TMIT)

A tantárgy célkitűzése: Átfogó mérnöki ismeretek nyújtása az igen gyorsan terjedő navigációs és helymeghatározó szolgáltatások elmélete és gyakorlata terén. A helymeghatározó és navigációs rendszerek alapszolgáltatása a felhasználó/objektum pozíciójának meghatározása. A pozícióhoz kapcsolódóan a különböző rendszerek más és más további szolgáltatásokat nyújtanak, pl.: navigáció, mobil eszközök erőforrás használata, lokalizáción alapuló szolgáltatások, biztonsági és vészhelyzeti szolgáltatások. A tantárgy betekintést nyújt a helymeghatározó és navigációs rendszerek elméletébe, tárgyalja a kültéri és a beltéri helymeghatározási technológiákat és módszereket; majd alkalmazásokon és esettanulmányokon keresztül bemutatja ezek lehetséges felhasználását.

Rövid tematika: Helymeghatározás alapok: Hely fogalma, koordináta-rendszerek, térképek, Térképadatbázisok típusai, lekérdezések, protokollok, Szolgáltatási architektúrák, ellátási lánc felépítése, Jelen és jövőbeli szolgáltatások és alkalmazások típusai, Személyes adatok védelme hely alapú szolgáltatásokban

Alkalmazások: Helyfüggő tartalom-szolgáltatás, Vészhelyzeti alkalmazások támogatása és riasztások, Navigáció, Játékok

Pozicionálás alapjai: Koordináta rendszerek, Térkép projekciók és kapcsolódó torzítások, Pozicionálási algoritmusok

Műholdas helymeghatározás: A műholdak rendszere és adatai GNSS helymeghatározás: elméleti alapok, Globális helymeghatározás alapszervei, GNSS – Globális Műholdas Navigációs Rendszerek, Navigációs hibák és azok korrekciója, Különböző rendszerek és alkalmazási körök (NAVSTAR GPS, GLONASS, Galileo), A GNSS alkalmazások, Helymeghatározás és közlekedési alkalmazások, Légiforgalmi alkalmazások, • Nagy pontosságú mérések, Geodéziai célú mérések, Életvédelem és mentési alkalmazások kétirányú kapcsolata

WiFi alapú beltéri helymeghatározás, Pozicionálási eljárások, Kliens és infrastruktúra alapú, Determinisztikus és valószínűség, Jelterjedési modellek és helymeghatározó algoritmusok, • Jelerősség mérése, különféle jelerősség értékek közti összefüggések, Különböző megvalósítások elemzése és összehasonlítása (pl. Microsoft RADAR, Horus, Nibble, CMU-PM, CMU-TMI)

Nagyfrekvenciás elektronika

([BMEVIHVMA03](#), 2. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, HVT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy célja a korszerű vezeték nélküli hírközlést megalapozó nagyfrekvenciás és mikrohullámú áramkörök működésének megismerése, tervezési módszereik, számítógépes szimulációjuk, méréstechnikájuk elsajátítása. A tárgy keretében a hallgatók megismerkednek az elosztott paraméterű hálózatok sajátásaival, áttekintik a mikrohullámú technika klasszikus építőelemeit, és elsajátítják a mikrohullámú gyakorlatban fontos áramköranalízis/áramkörszintézis módszereket. A tantárgy épít az iparban elterjedt korszerű számítógépes mikrohullámú tervezőprogramok használatára, valamint bevezetést ad a digitális jelfeldolgozás egyes speciális, a digitális rádiós implementációkban kiterjedten alkalmazott területeihez.

Rövid tematika: N-kapuk jellemzése, szórási leírás. Hullámvezető struktúrák, mikrosztríp és planár tápvonalak. Alapvető passzív mikrohullámú áramkörök: szűrők, iránycsatolók, hibridek. Mikrohullámú aktív áramkörök leírási módszerei, jellemzése.

Mikrohullámú erősítők. Mikrohullámú oszcillátorok és szinkronizálási kérdései; Gunn-oszcillátorok, reflexiós erősítők. Mikrohullámú keverők, detektorok, frekvenciasokszorozók. PIN-diódás kapcsolók, szintszabályozók, analóg és digitális modulátorok és demodulátorok, analóg és digitális fázistolók. Passzív és aktív mikrosztríp antennák. Mikrohullámú áramkörök számítógépes szimulációja. Digitális rádiók technológiája, mintavételezés, multirate jelfeldolgozás. Konkrét mikrohullámú alrendszerek és rendszerek bemutatása (SAR, műholdas link).

Rádióátviteli mérések laboratórium 1

([BMEVIHVMA04](#), 2. szemeszter, 0/0/3/f/4 kredit, HVT)

A tantárgy célkitűzése: A tárgy fő célkitűzése A szakirány során a Mobil és vezeték nélküli hálózatok, a Szélessávú vezeték nélküli hírközlő és műsorszóró rendszerek és az Antennák, hullámterjedés és mikrohullámú távérzékelés tárgyakban elsajátított ismeretek gyakorlatban történő alkalmazása.

Rövid tematika: A hallgatók a laboratóriumi méréseket 3 fő témakörben végzik:

Mobil és vezeték nélküli hálózatok tárgyhoz kapcsolódó mérések:

Mobilitás támogatás az Internet Protokollban

Mobilitás menedzsment eljárások vizsgálata

ATM hálózatok teljesítőképesség vizsgálata

Szélessávú vezeték nélküli hírközlő és műsorszóró rendszerek tárgyhoz kapcsolódó mérések:

Analóg rádiórendszerek jellemzői és méréstechnikája

Digitális QAM-jelek tulajdonságai és méréstechnikája

Csatornatípusok és jellemzőik, csatornakódolás hatása

Antennák, hullámterjedés és mikrohullámú távérzékelés tárgyhoz kapcsolódó mérések:

Mobil hírközlésben alkalmazott antennák tulajdonságainak mérése

Rádióhullámok terjedése épületen belüli hírközlésnél

Vezetett és sugárzott rádiófrekvenciás zavarkibocsátás és immunitás vizsgálata mintaberendezéseken,

Rádióátviteli mérések laboratórium 2

([BMEVIHVMB02](#), 3. szemeszter, 0/0/3/f/4 kredit, HVT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy célja, a Vezetéknélküli rendszerek és alkalmazások főspecializáció tárgyaiban oktatott elméleti és gyakorlati ismeretek alátámasztása és kiegészítése:

- A számítógépes mérésvezérlés, mérési adatgyűjtés és feldolgozás alapjainak megismerése.
- Mikrohullámú passzív és aktív alapáramkörök, ezekből felépített egységek vizsgálata
- Analóg és digitális mikrohullámú vevők felépítése, alapáramkörei, jelalakjai, mérései
- Ízelítő a bel- és kültéri helymeghatározás aktív és passzív módszereiből

Rövid tematika: A mérések fő területei: A GPIB busz valamint az Agilent VEE és LabView grafikus programnyelv alapjainak megismerése egyszerű programozási és mérésvezérlési példákon keresztül. Egyszerű mérésvezérlési, adatfeldolgozási és megjelenítési feladatok megoldása VEE-ben és LabView-ban, alaplétesítőket tartalmazó mérési összeállításokon. Hálózati hibák hatása a QoS-re IP hálózatokban. Beltéri helymeghatározási módszerek: jelerősség alapú fingerprinting, beérkezési irány alapú helymeghatározási technikák. OFDM-jelek tulajdonságai és méréstechnikája (ortogonalitás, csatorna-korrekció OFDM-rendszerekben, védelmi idő, stb.) Mikrohullámú passzív és aktív alapáramkörök mérése (Wilkinson-hibrid, passzív szűrők, PLL, keverő, erősítő, stb.) Analóg mikrohullámú adó-vevő rendszer mérése (a 7. mérés alaplétesítőiből felépítve). Sávszélesség, vevőérzékenység, tükröszelektivitás, adó kompressziós pont, túlvezérlés hatása, Doppler- hatás, stb. Digitális KF mérés. Digitális modulációs jelalak előállítás, mintavételezés, digitális keverés, decimálás, szűrés, real-time kompresszió. ADS-B vevő megvalósítása USRP alkalmazásával. Az ADS-B alapú navigációs rendszer alapjai. RF jellemzői. Protokoll. USRP alapú szoftver rádióval: valós környezeti spektrum mérése, ADS-B üzenet elfogása és demodulálása, ADS-B üzenet értelmezése, egyszerű passzív radar megvalósítása

V.7 Villamosenergia-rendszerek főspecializáció (VET)

- 1. A specializáció megnevezése:** Villamosenergia-rendszerek
(Electric Power Systems)
- 2. MSc szak:** villamosmérnöki
- 3. Specializációfelelős tanszék:** Villamos Energetika Tanszék(VET)
- 4. Oktató tanszékek:** VET
- 5. Specializációfelelős oktató:** Dr. Raisz Dávid egyetemi docens (VET)

6. A specializáció célkitűzése:

A specializáció azon hallgatók érdeklődésére épít, akik az intelligens elosztó és átviteli hálózatok, a megújuló energiatermelő rendszerek integrációjával, a villamosenergia piacok működésével, a műszaki, szabályozási és döntéstámogató rendszerekkel kapcsolatos ismereteket kívánnak szerezni. A specializáció céljai az alábbiak:

A villamosenergia-rendszerek tervezésével, üzemeltetésével, védelmi és irányítási rendszereivel, a hagyományos és megújuló energiákkal kapcsolatos technológiák és vizsgálati módszerek ismeretanyagának elsajátítása. A villamosenergia-technológia trendek megértéséhez nélkülözhetetlen rendszerszemlélet elsajátítása. Betekintés a smart hálózatok, az okos mérés, az elektromobilitás és az elosztott energiatárolás aktuális kérdéseibe. Az energetikai technológiákhoz kapcsolódó fizikai folyamatok elméleti hátterének megértése, az ismeretek alkalmazása a számítógéppel támogatott tervezésben, valamint a hatékony és biztonságos üzemeltetésben.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgykód
Villamosenergia-rendszer üze me és irányítása	BMEVIVEMA01
Fenntartható energetika villamos rendszerei	BMEVIVEMA02
Hálózati tranziensek	BMEVIVEMA03
Védelmi rendszerek és mérés technika	BMEVIVEMA04
Villamosenergia-piac	BMEVIVEMA05
Villamosenergia-rendszerek laboratórium 1	BMEVIVEMA06
Villamosenergia-rendszerek laboratórium 2	BMEVIVEMB00

Villamosenergia-rendszer üze me és irányítása

([BMEVIVEMA01](#), 1. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, VET)

A tantárgy célkitűzése: A villamosenergia-rendszer kialakításának, működésének és irányításának megértéséhez szükséges rendszerszemlélet elsajátítása, a kapcsolódó fizikai jelenségek és folyamatok elméleti hátterének megértése, a folyamatok befolyásolására alkalmas eszközök megismerése, az ismeretek alkalmazása a számítógéppel támogatott tervezésben, irányításban és a biztonságos üzemeltetésben.

Rövid tematika: A VER üzemirányításával kapcsolatos fogalmak, szabályozások, alapösszefüggések megismerése, eligazodás a rendszerirányítás feladatai és eszközei között, elsősorban az átviteli hálózatra összpontosítva. Előírások és követelmények rendszere, P-f szabályozás, U-Q szabályozás, stabilitás, lengéscsillapítás, rendszerbomlás és reszinkronizáció, megújuló energiaforrások üzemvitele, a fogyasztói befolyásolás lehetőségei, az üzemirányítás eszközrendszere.

Fenntartható energetika villamos rendszerei

([BMEVIVEMA02](#), 1. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, VET)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy célja megismertetni a hallgatókkal a villamos energiarendszerekben alkalmazott speciális villamos gépek, villamos hajtások, villamos berendezések, nagyléptékű energiatárolók működését, felépítését, irányítását, kiválasztási, méretezési módszereit, karbantartási eszközeit. A tárgyalta megoldásokat esettanulmányokkal illusztráljuk.

Rövid tematika: A villamos energia-rendszer speciális energia-átalakítói. Kétoldalról táplált aszinkron generátorok üze me és szabályozása. Gerjesztési rendszerek. Kefenélküli gerjesztési módszerek. Generátor indítási rendszerek. Gázturbinás szinkrogenerátor egység indítása. A villamos energia-rendszerben használható nagyléptékű energia-tárolási technológiák és eszközök. Hidrogén technológia, üzemanyagcellák. Szivattyús tározós energiatárolás. A megújuló energiák integrálása az energia-rendszerbe. A teljesítményelektronikai egységek hálózati visszahatásai, csökkentésének lehetőségei. Öregedő villamos berendezések problémája, minősítés, állapotellenőrzés és öregedésmenedzsment alapjai. Feszültség alatti munkavégzés és karbantartás, a FAM műszaki és gazdasági előnyei és hátrányai. FAM technológiák és technikák különböző feszültség szinteken. A szakszemélyzetet érő erőterek és az ellenük való védekezés.

Berendezések főbb karbantartási és javítási technikái.

Hálózati tranziensek

([BMEVIVEMA03](#), 1. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, VET)

A tantárgy célkitűzése: A villamosenergia-rendszerben lezajló elektromágneses tranziens folyamatokat kiváltó okoknak, a folyamatok fizikájának és a tranziensek következményeinek, a tranziensek szimulációjára, illetve az egyszerűsített fizikai kép kialakítására alkalmas módszereknek a megismertetése a hallgatókkal. A tárgy anyaga elsősorban a hálózat rendellenes üzemállapotok, zárlatok, túlfeszültségek elleni védelmének kialakításához, a rendszer egyes korszerű megoldásai működésének mélyebb megértéséhez kíván segítséget nyújtani.

Rövid tematika: EMC szabványok rendszere. Elektromágneses tranziensek szerepe a villamosenergia-rendszer működésében és megbízhatóságában. Hullámjelenségek (Ideális egy vezető-föld rendszer, elemi hullámok sorozatos reflexiója, a veszteséges föld hullámtorzító hatása). Távfűzetékeken, illetve a zárlati ívben lejátszódó tranziensek kölcsönhatása.

Távvezetékek be- és visszakapcsolásának tranziensei, a tranziens túligénybevételek elleni védekezés módszerei, távfűzetékek kisűtése, kistávolságú zárlatok megszakítási tranziense.

Kábeles bevezetésű alállomások túlfeszűlt ségvédelme, bonyolult hálózat referencia-kapcsolásának felépítése. Sodrony- és koronavesztéség hullámtorzító hatása. Modusok kialakulásának fizikai magyarázata. Szekunder ívfolyamatok. "Elektronikus berendezések túlfeszűlt ség és zavarvédelme. Alállomási EMC és földelési rendszerek. EMC Vizsgál ati eljárások.

Védelmi rendszerek és mérés technika

([BMEVIVEMA04](#), 2. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, VET)

A tantárgy célkitűzése: A tárgy célja, hogy megismertesse a hallgatókkal a villamosenergia-rendszerben, az erőművekben, az ipari és kommunális hálózaton fellépő meghibásodások hárítására szolgáló védelmek elveit, beállítá sa it, a korszerű megvalósításhoz szükséges mérés technikai és mikroprocesszoros jelfeldolgozáshoz kapcsolódó ismereteket, a rendszerirányítással kommunikálni képes intelligens védelmekkel bezárólag, továbbá a VER megbízható működését fenntartó üzemviteli és üzemzavar elhárító automatikák feladatait és kialakítását.

Rövid tematika: Távolsági védelem részletei, beállítás-számítások. Védelmi parancsátvitel. Differenciál elvű védelmek részletei, beállítás-számítások. Automatikák rendszere. Védelmi stratégia, rendszerszintű áttekintés. A védelmek illesztése az alállomási üzemirányítási rendszerbe. Az

üzemirányítási rendszer feladata, felépítése. A védelmek és az üzemirányítási rendszer összeolvadása. Az üzemirányítási feladatok megvalósítása komplex védelmi készülékekkel. Az IEC 61850 kommunikációs szabvány és megvalósítása a korszerű védelmekben. Fejlődési tendenciák az alállomási szekunder technológiában. WAMS. Mérőváltók. Áramváltók méretezése. VER mennyiségek speciális méréstechnikai megoldásai, védelmekben alkalmazott korszerű méréstechnikai és SW technológiai megoldások.

Villamosenergia-piac

([BMEVIVEMA05](#), 2. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, VET)

A tantárgy célkitűzése: A tárgy célja, hogy megismertesse a hallgatókkal a villamosenergia rendszer üzemirányításával mára szervesen integrálódott villamosenergia kereskedelem alapfogalmait, szereplőit és kapcsolatrendszerüket, a piacok felépítését, jogi, műszaki és kereskedelmi szabályrendszerét, a gazdaságosság elveinek érvényesülését, a villamos energiával kapcsolatos termékek és szolgáltatások árának kialakulását és a beruházás-ösztönző rendszereket. A hazai energiapiac működési alapjainak, szemléletének és módszereinek elsajátítása lehetőséget ad arra, hogy a hallgatók tanulmányaik befejezését követően bekapcsolódhassanak a kereskedelmi, vagy piaci szemléletű szolgáltatói, elosztói vagy rendszerirányítói tevékenységekbe.

Rövid tematika: Energiapolitika, európai uniós jogszabályok. Az európai piacintegrálási törekvések (IEM), az egységes szabályozáshoz vezető út (network codes). A hazai villamosenergia-piaci szereplők jogszabály szerinti csoportosítása, a hálózati és kereskedelmi feladatok szétválasztása. A villamosenergia-piac működése Magyarországon: mérlegkörök, kereskedelmi szerződések, menetrend, kiegyenlítő energia. Profilos és idősoros fogyasztók. A rendszerszintű szolgáltatások piaca. Rendszerirányítói együttműködések (GCC). Szervezett villamosenergia-piac működése. Termékek és korlátok. Határidős termékek piaca. Nemzetközi villamosenergia-piac, a határkeresztesző kapacitások piaca, kapacitás aukciók típusai. A piac-összekapcsolás. Termelés-támogatási rendszerek, a megújuló energiatermelés támogatási modelljei. Monopóliumok a villamosenergia-piacon, a hálózati feladatok a piacon. Az árszabályozás célja, korlátai és nehézségei. Az ösztönzők hatása a gyakorlatban a villamosenergia-felhasználókra vonatkozóan. A minőség-szabályozás ösztönző rendszerei. Az észak-amerikai sztatenderd piac jellegzetességei, az európai és amerikai eltérések bemutatása.

Villamosenergia-rendszerek laboratórium 1

([BMEVIVEMA06](#), 2. szemeszter, 0/0/3/f/4 kredit, VET)

A tantárgy célkitűzése: A laboratórium célja a specializáció tantárgyaihoz kapcsolódva a tananyag elmélyítése, gyakorlati vonatkozásainak bemutatása, labormérések és szimulációk keretében.

Rövid tematika: Teljesítményáramlás vizsgálata számítógépen: Nagyfeszültségű hosszú távvezeték üzeme. Load-flow, feszültség-szabályozás, számítógépi modellen. Nagy hálózatok üzemeltetésének vizsgálata DigSilent szoftverrel. EMTP – Hálózati tranziensek vizsgálata. Túlfeszültség-védelmi eszközök vizsgálata – Varisztor, gáztöltésű levezető, szupresszor dióda karakterisztikájának felvétele, védelmi hatásának vizsgálata. Szekunder mérőváltók vizsgálata. Kapcsolási tranziensek mérése – Toroid transzformátor kapcsolási áramlökéseinek mérése. Kisfeszültségű kapcsolókészülékek vizsgálata

Villamosenergia-rendszerek laboratórium 2

([BMEVIVEMB00](#), 3. szemeszter, 0/0/3/f/4 kredit, VET)

A tantárgy célkitűzése: A laboratórium célja a specializáció tantárgyaihoz kapcsolódva a tananyag elmélyítése, gyakorlati vonatkozásainak bemutatása, labormérések és szimulációk keretében.

Rövid tematika: Túláramvédelem – ETIVA és DTIVA védelem beállítása, zárlatképzés modellen, működésvizsgálat különböző üzemállapotokban. Távföldi védelem – ETV és DTVA védelem beállítása, zárlatképzés modellen, működésvizsgálat különböző üzemállapotokban. Digitális túláramvédelem,

digitális távolsági védelem – Védelmek beállítása, nyomatása generátorral, karakterisztika ellenőrzése. Transzformátor-differenciálvédelmek vizsgálata – Modellen zárlatképzés, védelem működésének ellenőrzése. Digitális motorvédelem – Védelem beállítása, nyomatása generátorral, ellenőrzése. Terhelésbecslés neurális hálózatokkal – Rövidtávú terhelésbecslés MATLAB szoftverrel. Kezelőközponti tréningsszimulátor megismerése. Szinkrongenerátor elektromechanikai lengései, lengéscsillapítás.

VI. Szakmai törzsanyag választható ismeretei

A szakmai törzsanyag kötelezően választható ismereteit a mellékspecializációk és a projektantárgyak képezik. A hallgatónak a főspecializáció mellett a felkínált tizenegy mellékspecializáció egyikét is el kell végezni. A mellékspecializációk célja egy szűkebb szakterületen hasonló, mint a főspecializációké. A mellékspecializációk esetén is valamennyi tárgyból meg kell szerezni a kreditet az MSc fokozat elnyeréséhez. A fő- és mellékspecializációk tetszőlegesen párosíthatók. A specializációk keretein belül a hallgatók ún. projektantárgyakat is felvesznek, melyek az 1. szemesztertől kezdődően végigívelnek a képzésen. 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).

VI.1 Mellékspecializációk

A hallgatónak a főspecializáció mellett a felkínált tizenegy mellékspecializáció egyikét is el kell végezni. A mellékspecializációk célja egy szűkebb szakterületen hasonló, mint a főspecializációké. A mellékspecializációk esetén is valamennyi tárgyból meg kell szerezni a kreditet az MSc fokozat elnyeréséhez. A fő- és mellékspecializációk tetszőlegesen párosíthatók.

VI.1.1 Alkalmazott elektronika mellékspecializáció (AUT)

1. A specializáció megnevezése: **Alkalmazott elektronika**
(Applied Electronics)
2. MSc szak: villamosmérnöki
3. Specializációfelelős tanszék: Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszék
4. Oktató tanszékek: AUT
5. Specializációfelelős oktató: Dr. Varjasi István egyetemi docens (AUT)

6. A specializáció célkitűzése:

A mellékspecializáció felkészíti a hallgatókat a kis- és nagyteljesítményű elektronikus átalakítók tervezésével és irányításával kapcsolatos mérnöki feladatok megoldására. A specializáció keretein belül az alapszakon elsajátított ismeretekre építve bemutatjuk a teljesítmény-átalakítók alaptípusainak felépítését, működését és irányítási lehetőségeit. Alkalmazás-centrikus megközelítésben részletesen foglalkozunk azok tervezésének fázisaival és konstrukciós kérdéseivel, valamint ipari példákon keresztül mutatjuk be a teljesítményelektronika napjainkban legnépszerűbb területeit: megújuló energiaforrások, e-mobility, smart-grid átalakítói. A hallgatói mérések ipari környezetben alkalmazott eszközökön valósulnak meg, így a hallgatók gyakorlati példákon keresztül adhatnak számot tudásukról.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgykód
Tápegység topológiák és alkalmazások	BMEVIAUMA12
Elektronikus átalakítók irányítása	BMEVIAUMA13
Készüléktervezés	BMEVIAUMA14
Alkalmazott elektronika laboratórium	BMEVIAUMB04

Tápegység topológiák és alkalmazások

([BMEVIAUMA12](#), 1. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, AUT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy keretein belül a hallgatók megismerkednek a tápegységek alapvető alkatrészeivel azoknak főbb jellemzőivel és kiválasztási szempontjaival. Bemutatjuk a lineáris üzemű, galvanikusan csatolt és galvanikusan leválasztott egy kimenetű és több kimenetű kapcsolóüzemű, valamint a kapcsolt kapacitásos tápegységek üzemviszonyait és méretezési alapjait különböző ipari alkalmazási példákon a teljesítményelektronika napjainkban népszerű területein keresztül. A megújuló energiaforrások és energiatárolás konverterek területéhez kapcsolódva tárgyaljuk az egyfázisú és háromfázisú inverterek működését, az iparban leggyakrabban használt akkumulátor típusok felépítését, valamint töltési módszereit. Kitérünk az induktív és kapacitív szűrésű diódás egyenirányítók, valamint a hálózatbarát aktív egyenirányítók hálózati visszahatására. Megvizsgáljuk a galvanikus leválasztás és a kapcsolásivesztesség-csökkentés megvalósítási lehetőségeit.

Rövid tematika: Tápegységek alapvető alkatrészei, teljesítmény-félvezetők, kapacitív és mágneses elemek tulajdonságai. Kisteljesítményű lineáris üzemű, galvanikusan csatolt kapcsolóüzemű és kapcsolt kapacitásos tápegységek üzemviszonyai. Processzormagok, LED-es fényforrások tápegységei. Megújuló energiaforrások és energiatárolás inverterek felépítése, akkumulátor típusok és töltési módszerek, hálózati akkumulátortöltők. Galvanikus leválasztás módszerei, emelt hatásfokú kapcsolásivesztesség-csökkentett átalakítók.

Elektronikus átalakítók irányítása

([BMEVIAUMA13](#), 2. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, AUT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy keretein belül a tápegység topológiák és alkalmazások tantárgyban megismert kapcsolások irányítástechnikai kérdéseivel foglalkozunk. Bemutatjuk az ipari készülékekben alkalmazott áram- és feszültségérzékelési módszereket, a vezérlő és visszacsatoló jelek leválasztási lehetőségeit, valamint az érzékelő áramkörök modulációs módszereit. Gyakorlati megközelítésből tárgyaljuk a lineáris és kapcsolóüzemű tápegységek szabályozástechnikai modelljeit és megvalósítási lehetőségeit. A megújuló energiaforrások és energiatárolás konverterek területéhez kapcsolódva tárgyaljuk az inverterek irányítási módszereit, modulációs stratégiáit, a maximális teljesítményű pontot kereső algoritmusokat, a hálózati szinkronizáció megvalósítási lehetőségeit, feszültség – hatásos teljesítmény – meddő teljesítmény szabályozásának lehetőségeit, szigetüzem elleni védelmi módszereket és az FRT (Fail Ride Through) megvalósítási lehetőségeit. Kitérünk az elektromos autó témakörén keresztül a fordulatszám érzékelési módszerekre, a mezőorientált irányítás alapjaira, a hálózatminőség javításának lehetőségeire, valamint a hálózatra tápláláshoz szükséges szabályozási és védelmi kérdésekre. A teljesítmény-átalakítók tipikusan egy intelligens beavatkozó szervnek tekinthetők, amik egy felsőbb irányító egység (Power Management System – PMS) parancsait hajtják végre. A PMS tipikusan egy nagy számítási kapacitású PLC, így a hallgatók megismerkednek a PLC programozás alapjaival, hogy maguk is létre tudjanak hozni egy olyan irányító környezetet, amivel az általuk megtervezett átalakítók üzemeltethetők.

Rövid tematika: Lineáris üzemű tápegységek stabilitása, Áram- és feszültségérzékelési módszerek tápegységekben, Kapcsolóüzemű tápegységek szabályozástechnikai modelljei és irányításuk. Naperőművek átalakítóinak felépítése, egy és háromfázisú inverterek irányítása és modulációik. Maximális teljesítményű pontra szabályozás, hálózati szinkronizáció megvalósítása, Hatásos és meddőteljesítmény szabályozási módszerek, Szigetüzemi működés elleni védelem, Zárlati áthidaló képesség (FRT) és megvalósítási lehetőségei. Fordulatszám-érzékelési módszerek, Mezőorientált irányítás alapjai, Hálózatminőség javításának lehetőségei és PLC-s irányítás alapismeretek.

Készüléktervezés

([BMEVIAUMA14](#), 2. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, AUT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy keretein belül a hallgatók megismerkednek az áramkörök tervezési, megvalósítási és fejlesztési kérdéseivel. Bemutatjuk a tápegységekben alkalmazott biztonsági előírásokat, vonatkozó szabványokat, a vezetett és sugárzott zavarok csökkentési lehetőségeit, az EMC szűrők tervezését, a vasmagos tekercsek és transzformátorok méretezését, konstrukció megtervezését és az előtöltő áramkörök kiválasztási és méretezési lépéseit. Az információ-elektronika és a főáramkör tervezési lépésein keresztül végigvisszük egy teljes tápegység fejlesztésének lépéseit úgymint a funkciók meghatározása, specifikáció elkészítése, főköri elemek és hűtés méretezése, konstrukciós kérdések, modellalkotás és offline szimuláció, kisteljesítményű modell és valósidejű szimulátor, próbatermi tesztek, gyártás - tesztelés, távoli elérés és diagnosztika.

Rövid tematika: Áramkörök megvalósítási kérdései: biztonsági előírások, elektromágneses kompatibilitás kérdései, induktív elemek méretezése, konstrukció tervezése, előtöltő áramkörök. Információ-elektronika fejlesztése: specifikáció készítése, offline szimuláció, modellalkotás, irányítási algoritmusok, deszkamodell, kisteljesítményű modell, valósidejű modell, próbatermi teszt, távoli elérés – diagnosztika. Áramkörtervezés lépéseinek bemutatása, funkciók meghatározása, specifikációk, szabványok, főköri elemek és hűtés méretezése, konstrukciós kérdések, tervezés, gyártás, tesztelés.

Alkalmazott elektronika laboratórium

([BMEVIAUMB04](#), 3. szemeszter, 0/0/3/f/4 kredit, AUT)

A tantárgy célkitűzése: A hallgatói mérések keretein belül a hallgatók ipari készülékeken végeznek méréseket és implementálnak új funkciókat. A mérések a Tápegység topológiák és alkalmazások, valamint az Elektronikus átalakítók irányítása tárgyhoz kapcsolódnak. A mérések között szerepelnek: egyenirányítók hálózati visszahatásának mérése, DSP-vel ellátott DCDC tápegység áram- és feszültségszabályozása, érzékelők és illesztő áramkörök mérése, DSP-vel ellátott egyfázisú szinuszos inverter irányításának megvalósítása szigetüzemi hálózat létrehozására, naperőmű valósidejű modelljének vizsgálata, DSP irányítású 3 fázisú inverter programozása aszinkron motor U/f vezérléséhez, PLC-s irányítási feladat implementálása és önálló tervezési feladat. Az önálló tervezési feladat keretén belül a hallgatóknak egy készüléket kell megtervezni, megépíteni, üzembe helyezni és működés közben a félév végén bemutatni.

Rövid tematika: Egyenirányítók hálózati visszahatása: kapacitív szűrésű, induktív szűrésű egyenirányítók és hálózatbarát egyenirányítók hálózati visszahatásának vizsgálata. DCDC tápegységek: feszültségcsökkentő és feszültségnövelő alapú DCDC átalakító irányítása áram illetve feszültségszabályozott üzemben. Érzékelő-illesztő áramkörök mérése: leválasztott érzékelő áramkörök és félvezető meghajtók vizsgálata. Egyfázisú inverter irányítása szigetüzemben. HIL szimulátor vizsgálata: naperőmű főáramkörének valósidejű szimulálása. Háromfázisú inverter irányítása. PLC-s irányítási feladat megvalósítása. Nagyáramú mérőhely. Önálló tervezési feladat 1-2.

VI.1.2 Alkalmazott szenzorika mellékspecializáció (ETT)

- 1. A specializáció megnevezése:** Alkalmazott szenzorika
(Applied Sensors)
- 2. MSc szak:** villamosmérnöki
- 3. Specializációfelelős tanszék:** Elektronikai Technológia Tanszék
- 4. Oktató tanszékek:** ETT
- 5. Specializációfelelős oktató:** Dr. Harsányi Gábor egyetemi tanár (ETT)

6. A specializáció célkitűzése: A mellék specializáció célkitűzése a hallgatók megismertetése az elektronikai és informatikai rendszerekben alkalmazott szenzorok és aktuátorok típusaival, azok működési elveivel és technológiai alapjaival, valamint ezen eszközök alkalmazási lehetőségeivel-, területeivel, továbbá az alkalmazási területeknek megfelelő elektronikai ismeretekkel, a szenzorok és aktuátorok informatikai és egyéb rendszerekben megvalósított integrálási elveivel.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgykód
Szenzorok működése és technológiái	BMEVIETMA02
Szenzorok alkalmazásokban	BMEVIETMA03
Bio- és nanoszenzorika	BMEVIETMA04
Alkalmazott szenzorika laboratórium	BMEVIETMB01

Szenzorok működése és technológiái ([BMEVIETMA02](#), 1. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, ETT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy célja megismertetni a hallgatókkal a villamos és optikai jeleket szolgáltató érzékelők, valamint a villamos jelekkel működtetett beavatkozók, kijelzők és megjelenítők főbb típusait, működésük alapelveit és alkalmazási lehetőségeit.

Rövid tematika: Az érzékelők fogalma, felosztása, jellemzői, intelligens és integrált érzékelők, újszerű követelmények. Speciális anyagtípusok és technológiák (a szilícium anizotróp marata, a felületi mikromegmunkálás, szerves és polimer rétegek leválasztása). Eszközstruktúrák az érzékelőkben: impedancia szerkezetek, félvezető eszközök, elektrokémiai cellák, kalorimetrikus, rezonátor és szál-optikai típusok. Az érzékelők működésének alapját adó fizikai és kémiai effektusok. A hőmérséklet hatásai: termorezisztív és termoelektromos, piroelektromos effektus. Hőmérséklet-érzékelők: termisztorok, ellenálláshőmérők, Si alapú hőmérséklet-érzékelők, termoelemek. A mechanikai feszültség és deformáció hatásai: piezoelektromos, piezorezisztív effektus, kapacitásváltozás, elektret alkalmazása. Hagyományos mechanikai érzékelő típusok: elmozdulás, deformáció, erő-, nyomás- és gyorsulás-érzékelők. Szilícium alapú erő-, nyomás- és gyorsulás-érzékelők, a hőfokkompenzáció kérdései. Sugárzások hatásai: termikus és kvantum effektusok. Félvezető oxid alapú vékony- és vastagréteg gáz-érzékelők, a működés alapjai, jellemzők. Szilícium alapú kémiai érzékelő eszközök: gáz-érzékelő és ion-érzékelő FET-ek. A szelektív kémiai érzékelés problematikája, lehetséges megoldásai. Érzékelők speciális alkalmazásokban: érzékelők a gépjármű elektronikában, érzékelők orvosi-biológiai alkalmazásai, a bio-érzékelők működésének alapjai. Polimer rétegek alkalmazása az érzékelőkben. Érzékelők alkalmazása az ipari folyamatszabályozásban, biztonság-technikában.

Szenzorok alkalmazásokban

([BMEVIETMA03](#), 2. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, ETT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy a „Szenzorok működése és technológiái” tárgyra alapozva mutatja be a szenzorok alkalmazási lehetőségeit. A tárgy célkitűzése, hogy a valós példákon keresztül, széles spektrumban mutassa be a szenzorok hasznosulását és alkalmazási lehetőségeit a különböző elektronikai berendezésekben. A hallgató a tárgy folyamán megismerkedik a rendszertechnikai alapokkal, az intelligens szenzorokkal, az orvosi, autópári, gyártósori és kommerciális alkalmazási lehetőségekkel, valamint a szenzorhálózatok felépítésével. A tárgy esettanulmányok és termékek bemutatásával is szemlélteti az alkalmazás módszertanát, valamint a szenzorokban rejlő alkalmazási lehetőségeket.

Rövid tematika: Szenzorok intelligenciájának jellemzői, hitelesítés, önkalibrálás, jel-digitalizálás, előfeldolgozás, zavarmentesítés, műtermékek eltávolítása, adaptivitás, rekonfigurálhatóság, adattömörítés, kommunikációs képesség. Mért jelek előfeldolgozásánál alkalmazható módszerek, digitális és analóg integrált processzálási lehetőségek, önkalibráló A/D átalakítók áramköri megoldásai. A mért jelek feldolgozásánál alkalmazható jel-kondicionálások összevetése, frekvencia-szűrések, idő-frekvencia transzformációk; esettanulmányok. Analóg szenzorok illesztése. Digitális szenzorok illesztése és kódolási módszerek. Speciális jelátviteli módszerek (fény, rádiófrekvencia). Távadók - analóg/digitális. Buszrendszerek és kódolási módszerek részletei. CAN, LIN, Delta, FlexRay, USB, ethernet, wireless (pl. RFID, Zigbee). Elektronika a gépjárművekben; Szenzorok és aktuátorok az autóelektronikában - történeti áttekintés; Trendek és jövőkép: az intelligens autó; Autóelektronikai típuspéldák, és alkalmazásaik.. Környezetvédelem és biztonság autóelektronikai érzékelőkkel megvalósítva. Nyomás- és átfolyásmérők: gyártók, típusok, paraméterek, illesztési módszerek. Esettanulmány: nyomásmérés és gőz identifikáció a gőzfázisú forrasztóállomásban. Szenzorok a háztartásban. Okos háztartási eszközök; vagyonvédelmi riasztó fejlesztésének típuspéldái. Szenzorok a mindennapos szórakoztató elektronikában. Okostelefon szenzorrendszere. Megjelenítők érzékelői. Számítástechnikai-perifériák új korszaka. Mozcásérzékelős irányítók. Típuspéldák: Wii, Kinect. Szenzorok hálózatba kapcsolása (előnyök, műszaki feltételek, akadályok). Intelligens szenzorok felépítése (speciális hardver, erőforrás-takarékos operációs rendszer, időszakos működés).

Bio- és nanoszenzorika

([BMEVIETMA04](#), 2. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, ETT)

A tantárgy célkitűzése: A tárgy célja a hallgató bevezetése a nanométeres méretskálán jellemző effektusok és speciális tulajdonságokat mutató anyagok világába. A hallgató megismerkedik a nano- és bioérzékelők főbb építőelemeivel, azok működési elveivel és alkalmazási lehetőségeivel. A tárgy szintén megismerteti a hallgatót a nanométeres tartományban történő anyagvizsgálat (metrológia) alapjaival. Az erősen multi-diszciplináris tematika végigtanulmányozása során a hallgató naprakész ismeretekre tesz szert a 21. század jövőbeli eszközeit meghatározó működési elvekről és technológiákról.

Rövid tematika: A nanoszenzorika felosztása. A nanoszenzorika építőelemei, fémes anyagok és nanoszerkezetek, nanokristályos fémek és ötvözetek. A szén allotrop módosulatai. Fullerének, szén nanocsövek és grafén. A grafén alkalmazása megjelenítőkben. Polimerek és komplex összetett rendszerek. Előállítás, tulajdonságok és alkalmazások érzékelőkben. Önszerveződő rendszerek. Szerves, önszerveződő funkcionális rétegek (SAM, Self Assembled Monolayers) valamint bevonatok (pl. Langmuir-Blodgett) és alkalmazásuk. A szenzorok fontosabb paramétereinek (detektálási küszöb, érzékenység, szelektivitás, élettartam, regenerálhatóság stb.) javítása a különböző anyagcsaládokba tartozó nano-építőelemek felhasználásával. Klasszikus konstrukciók módosítása nano-anyagokkal. Alkalmazási példák. A bioérzékelők csoportosítása (affinitás és katalitikus típus; DNS alapú, immunoérzékelő, enzim alapú és élő sejt alapú érzékelők). A szerves nanoszerkezetek (DNS és fehérjék) tulajdonságai. Elektrokémiai szenzorok. Elektrokémiai alapfogalmak. A fontosabb nanoszenzorokban alkalmazott elektrokémiai eljárások (potenciometria, amperometria, voltametria, coulombmetria, elektrokémiai impedancia spektroszkópia). A jelgenerálás elektrokémiai elvei bioérzékelők esetén, alternatív jelátalakítási technikák (pl. nanopórusok). Alkalmazási példák. Érzékelő elemek és anyagok vizsgálatának és karakterizációjának lehetőségei. Az anyagok mechanikai és kémiai (elemösszetétel és kötési állapot)

tulajdonságainak meghatározása a nanométeres skálán. Mikroszkópos eljárások (SEM, TEM, SPM) és spektroszkópiai módszerek (XPS, AES, Raman stb.) áttekintése, alkalmazása érzékelő elemek vizsgálatára.

Alkalmazott szenzorika laboratórium

([BMEVIETMB01](#), 3. szemeszter, 0/0/2/f/2 kredit, ETT)

A tantárgy célkitűzése: A laboratóriumi gyakorlat célja egyes szenzor típusok megismerése működés közben, az alkalmazástechnika és rendszerbeépítés problémáinak tanulmányozása, a hitelesítés módszereinek megismerése. Egy-egy laborgyakorlaton az adott szenzoros rendszert kell jellemezni (pl. statikus karakterisztika felvétele, nullponti hiba bemérése, ismételhetőség, reprodukálhatóság, mérés bizonytalanságainak kiismerése, akár mesterségesen nehezített körülményekkel (a szenzor vagy a rendszer zavarása, keresztteffektusok kompenzálása).

Rövid tematika: A hallgatók 7 db 4 órás tematikus laborgyakorlatot teljesítenek. A gyakorlatok az előző és az adott félévben párhuzamosan futó „Szenzorok működése és technológiái” és „Szenzorok alkalmazásokban” c. tárgyak tananyagát bővíti. A laborgyakorlatok tematikája: POZÍCIÓÉRZÉKELES: távolságmérők, közelítéskapcsolók, analóg útérzékelők. HŐMÉRSÉKLET ÉRZÉKELES: fülhőmérők, digitális lázmérők, higanyos lázmérő, tapintó hőmérő, ipari érintésmentes hőmérő, egyedi „mérőlétrák”. MEMS SENZOROK - I.: Si-diafragma alapú mechanikai szenzorok (1. 3D erőmérő szenzor, 2. kapacitív differenciálynomás szenzor). BIOSZENZOROK: SPRi alapú DNS detektálás, elektrokémiai elvű személyi vércukorszint mérők. MEMS SENZOROK - II.: integrált fűtőszálas szenzorok (1. tömegáramlás mérő mikrofluidikához, 2. gázérzékelő). IN VIVO ORVOSBIOLÓGIAI ALKALMAZÁSOK: pulzoximéterek, oszcillometriás vérnyomásmérők. IN VITRO ORVOSBIOLÓGIAI ALKALMAZÁSOK: vízminták As-tartalom mérése és a folyadékkezelés eszközei fluidikai rendszerekben (1. optokapuk – „light barrier”-ek, 2. vezetőképesség méréses reagens keveredés detektálás, 3. folyadékadagolás és a hőprofil monitorozása).

VI.1.3 E-mobilitás mellékspecializáció (VET-VG)

- 1. A specializáció megnevezése:** E-mobilitás
(E-Mobility)
- 2. MSc szak:** villamosmérnöki
- 3. Specializációfelelős tanszék:** Villamos Energetika Tanszék
- 4. Oktató tanszékek:** VET
- 5. Specializációfelelős oktató:** Dr. Veszprémi Károly egyetemi tanár (VET)

6. A specializáció célkitűzése:

A környezetkímélő megoldások nemcsak a felhasználás, hanem a termelés, elosztás terén is „zöldek” kell, hogy legyenek. Az elektro-mobilitás egyrészt elektromos energián alapuló környezetkímélő mozgatót (közlekedést), másrészt mobilis (elosztott) energia termelést (táplálást) jelent. Így ide tartozik:

1) A villamos járművek (munkavezetékes és munkavezeték nélküli járművek), azok speciális villamos gépeinek és hajtásainak területe.

2) Az elosztott (főként megújuló) energiatermelés speciális villamos gépeinek, teljesítményelektronikájának és rendszerének területe.

3) A mindkét előbbi területen elengedhetetlenül szükséges hatékony energiatárolási technológiák (mobilis és nagyléptékű is) alkalmazása.

Ezek a területek speciális energia-átalakítót, energia-tárolókat, szabályozásokat és rendszereket igényelnek. A mellékspecializáció ezek korszerű megoldásaival, alkalmazásával, tervezési elveivel, vizsgálatával ismerteti meg a hallgatókat.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgykód
Korszerű villamos gépek és hajtások	BMEVIVEMA07
Villamos járművek	BMEVIVEMA08
Elosztott energiatermelés	BMEVIVEMA09
E-mobilitás laboratórium	BMEVIVEMB01

Korszerű villamos gépek és hajtások ([BMEVIVEMA07](#), 1. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, VET)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy célja megismertetni a hallgatókkal villamos járművekben és az elosztott energiatermelésben használt speciális villamos gépek, villamos hajtások, teljesítményelektronikai átalakítók működésével, elemzésével, irányításával, vizsgálati módszereivel. A tananyag tartalmazza ezek alkalmazásával kapcsolatos speciális technikákat, megoldásokat és eszközöket. Nagy hangsúlyt fektetünk az alkalmazható számítógépes tervezési, irányítási és vizsgálati módszerek megismertetésére. A tárgyalt megoldásokat esettanulmányokkal illusztráljuk.

Rövid tematika: A villamos járművek és az elosztott energia termelés speciális, korszerű villamos gépei: állandómágneses gépek, kerékagy motorok, kapcsolt reluktancia gépek. A villamos gépek alkalmazhatósági kritériumainak áttekintése, alkalmazás-specifikus tulajdonságaiknak és követelményiknek definiálása, összehasonlítása. Kiválasztási és tervezési elvek. A villamos járművek és az elosztott energia termelés speciális, korszerű villamos gépeinek hajtásrendszerei: teljesítményelektronika, irányítási, szabályozási módszerek. Az alkalmazott teljesítményelektronikai eszközök és kapcsolások alkalmazásorientált kiválasztási, tervezési elvei, működése, vizsgálata, hálózati visszahatása, járulékos veszteségek. Nagy teljesítményű alkalmazások: több szintű inverterek, speciális kapcsolások, topológiák. Az alkalmazott irányítási, vezérlési, szabályozási elvek áttekintése, kiválasztási szempontok, méretezési, tervezési elvek. Áramvektor szabályozások, közvetlen nyomatékszabályozás, hajtásspecifikus és feladatspecifikus szabályozások. Esettanulmányok, alkalmazási példák.

Villamos járművek

([BMEVIVEMA08](#), 2. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, VET)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy célja megismertetni a hallgatókat a villamos hajtású járművek (mozdonyok, városi villamos járművek, villamos autók, stb.) járműhajtásaival és segédüzemi villamos berendezéseivel. A tananyag tartalmazza a munkavezetékes és munkavezeték nélküli villamos hajtású járművek energiaellátásának lehetséges módszereit. A tantárgyban nagy hangsúlyt fektetünk a villamos hajtású járművek korszerű, energiatakarékos és hálózatkímélő hajtás és hajtásszabályozási megoldásainak tárgyalására. A hallgatók megismerkednek a villamos járművekben alkalmazott energiatárolási módszerek és eszközök speciális követelményeivel, kiválasztásával. Ismereteket szereznek a maximális utas-kényelmet és biztonságot nyújtó módszerekről. A tárgyalt megoldásokat esettanulmányokkal illusztráljuk.

Rövid tematika: Villamos járművek fajtái. Vontatáshoz szükséges vonóerő-sebesség jelleggörbe, és vontatási teljesítmény. Vonóerő, utazási sebesség és fékerő szabályozás követelményei. Villamos járművek felépítése, a fő- és a segédüzem feladatai. Munkavezetékes villamos hajtású vasúti járművek villamos energiaellátása, több áramnemes mozdonyok és motorvonatok. Jellegzetes mozdonytípusok villamos hajtásainak és fejlesztési irányainak ismertetése. Villamos mozdonyok menet és féküzemi szabályozása. Városi villamosok, trolibuszok, metrók villamos energiaellátása és szabályozott villamos hajtásai. Jellegzetes járműtípusok és fejlesztési irányok ismertetése. Villamos és hibrid autók villamos felépítése, energiaellátása és villamos hajtásai, fejlesztési irányai. Drótkötélpályák, siklóvasutak, felvonók hajtásai. Különleges járművek, lineárismotoros és lebegtetett járművek. Járművek védelmi és forgalombiztonsági berendezései. Forgalmirányítás és vasútbiztosítás. Járművek legfontosabb segédüzemi berendezései. Mobilis energiatárolás. A jövő villamos járművei. Esettanulmányok, alkalmazási példák.

Elosztott energiatermelés

([BMEVIVEMA09](#), 2. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, VET)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy célja megismertetni a hallgatókkal az elosztott energiatermeléssel elérhető előnyöket, az ebben alkalmazható rendszereket, eszközöket. Az elosztott energiatermelés nagy része megújuló energiaforrásokat alkalmaz. A tantárgy tananyaga tartalmazza a megújuló energiák villamos rendszereinek tárgyalását, az általuk nyújtott alap és plusz szolgáltatások megismertetését. Bemutatja az elosztott energiatermelésben használható energiatárolási módszereket, rendszereket. Bevezet a közvetlen energiaátalakítás elméletébe, ismerteti a gyakorlatban alkalmazott közvetlen energiaátalakítók típusait és villamos jellemzőinek számítását. A tantárgy elméleti alapot nyújt a megújuló energiaforrások villamos részeinek tervezéséhez, üzemeltetéséhez, a villamos rendszerbe való illesztéséhez és gazdaságosságának megítéléséhez.

Rövid tematika: Megújuló energiaforrások és felhasználásuk villamos energia termelésére. A közvetlen energiaátalakítás elvei és fizikai alapjai. A gyakorlatban alkalmazott közvetlen energiaátalakító eszközök: fotovillamos és termovillamos generátorok, tüzelőanyag-cellák működése, típusai, villamos jellemzőik számítása. Közvetlen energiaátalakítók alkalmazásai, technikai, gazdaságossági és környezeti követelmények. Az energiatárolás feladatai, az energiatárolás elvei. Villamos, mágneses, mechanikus és kémiai energiatárolás. Az energiatárolók specifikációjához szükséges paraméterek. Az energiatároló eszközök gyakorlati megvalósításai, alkalmazási területei. Az energiatárolás környezetvédelmi szempontjai. Szélerőművek villamos generátorai, fő- és segédáramkörei. Optimális szabályozások. Méretezési kérdések. Szélerőmű-hidrogén hibrid rendszerek. Vízerőművek és szivattyús tározók speciális villamos gépei és szabályozásai. Fotoelektromos rendszerek. Maximális teljesítményre szabályozás. Hibrid rendszerek. Villamos hajtású hőszivattyúk. A geotermikus energia hasznosításához felhasznált villamos gépek. A villamos energiarendszerbe való illesztés, követelmények, megoldások. Esettanulmányok, alkalmazási példák.

E-mobilitás laboratórium

([BMEVIVEMB01](#), 3. szemeszter, 0/0/2/f/2 kredit, VET)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy keretében a mellékspecializáció tantárgyaiban tanult elméleti ismeretek gyakorlati elmélyítése történik laboratóriumi mérések keretében.

Rövid tematika: A laboratóriumi mérések a következő témakörök köré csoportosulnak: Speciális villamos gépek vizsgálata. Alkalmazáspecifikus teljesítményelektronikai eszközök vizsgálata. Speciális villamos hajtások vizsgálata. Villamos járműhajtások vizsgálata. Energiatárolók vizsgálata. Közvetlen energiaátalakítók vizsgálata.

VI.1.4 Épületvillamosság mellékspecializáció (VET-NF)

- 1. A specializáció megnevezése:** Épületvillamosság
(*Building's Electricity*)
- 2. MSc szak:** villamosmérnöki
- 3. Specializációfelelős tanszék:** Villamos Energetika Tanszék
- 4. Oktató tanszékek:** VET
- 5. Specializációfelelős oktató:** Dr. Kiss István egyetemi docens (VET)

6. A specializáció célkitűzése: Mind a hallgatók, mind a szakma részéről jelentős igény mutatkozik arra, hogy az épületvillamossági tervezésben alapvető ismeretekkel rendelkező villamosmérnök hallgatók jelenjenek meg a munkaerőpiacon. A mellékspecializáció keretében a korszerű épületvillamossági tervezés alapismereteit kívánjuk átadni, amelyeknek részét képezik a modern világítástechnika ismeretei, az épületvillamosság intelligens megoldásaival kapcsolatos ismeretek, valamint a tervkészítés mára teljesen számítógép alapúvá vált folyamatával és az alkalmazott eszközökkel kapcsolatos ismeretek.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgykód
Épületinformatika	BMEVIVEMA10
Világítástechnika	BMEVIVEMA11
Számítógépes tervezés	BMEVIVEMA12
Épületvillamosság laboratórium	BMEVIVEMB02

Épületinformatika

([BMEVIVEMA10](#), 1. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, VET)

A tantárgy célkitűzése: Megismertetni a hallgatóságot a kis- és nagyépületek, lakások korszerű, integrált épületinformatikai rendszereivel és ezek tervezésével. A tárgy keretében részletesebben foglalkozunk az épületinformatika és épületvillamosítás feladatkörével, a vagyonvédelmi, betörésvédelmi és tűzvédelmi rendszerekkel szemben támasztott követelményekkel, valamint a gyakorlati kiépítés lehetőségeivel.

Rövid tematika: Épületinformatikai rendszerek felépítése, centralizált és decentralizált rendszerek tulajdonságai, tervezési kérdései. Kisfeszültségű megszakítók, olvadó biztosítók, kapcsolók, kontaktorok, készülékkombinációk kiválasztása a villamos és mechanikai jellemzők valamint szelektív működés alapján. Terepi buszrendszerek összehasonlítása. A KNX rendszer alkalmazásának előnyei, felépítése, jellemzői. Alapfogalmak megismerése, topológiai címezés, kommunikáció, a buszhozzáférés szervezése, rendszer tervezése, üzembe helyezése. Villamos berendezések és információátviteli rendszerek komplex védelme: villám-, túlfeszültség-, zavar- és érintésvédelem. Épületek villamos hálózatának felépítése, teljesítményigény felmérése. Vagyonvédelmi berendezések és rendszerek, tűzjelző berendezések (elektronikus jelző rendszerek, a riasztás eszközei a helyszínen stb.). Az energiaellátás biztonságának növelése, megújuló energiaforrások alkalmazásának épületvillamossági vonatkozásai.

Világítástechnika

([BMEVIVEMA11](#), 2. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, VET)

A tantárgy célkitűzése: Megismertetni a hallgatóságot az épületek korszerű világításának követelményeivel és megoldásaival; a világítási rendszerek, világítótestek és fényforrások kiválasztásával; világítástechnikai méretezésekkel, tervezéssel; Világítási ellenőrző mérésekkel és vizsgálatokkal.

Rövid tematika: Világítástechnikai, fénytani alapfogalmak. A fény definíciója, tulajdonságai, a világítástechnika fogalmai és mértékegységei (fényáram, fényerősség, térszög, megvilágítás, fénysűrűség), a világítással kapcsolatos követelmények (idő és térbeli egyenletesség, árnyékhatások, megvilágítási szintek, káprázás, színvisszaadás). Mesterséges világítási berendezések méretezése,

hatásfok módszerek, pont módszer. Alkalmazott világítástechnika: belsőtér (irodák, lakások, iskolák, kórházak, ipari csarnokok stb.) világítása, szabadtéri világítás (utak, terek, dísz és kiemelő világítások), különleges világítások. Színtani alapfogalmak. Fényforrások: hőmérsékleti sugárzók, kisülőcsövek szerkezete, felépítése, karakterisztikái (fényáram, élettartam, hatásfok) a feszültség függvényében, különleges célra készített fényforrások. Határterületek, mint emberi szem és látás, biológiai hatások, nem vizuális hatások.

Számítógépes tervezés

([BMEVIVEMA12](#), 2. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, VET)

A tantárgy célkitűzése: A hallgatók megismertetése az épületvillamossági tervezés számítógéppel segített formájával. A tárgy keretében áttekintjük a tervezési folyamat lépéseit, az épületvillamossági tervezésben alkalmazott legfontosabb szabványok rendszerét, a felmerülő tipikus feladatok elméleti hátterét és a gyakorlatban elterjedt megoldásukat, valamint azt, hogy az egyes feladatok megoldásához milyen tervezőprogramok állnak rendelkezésre. Bevezetjük a hallgatókat ezek alkalmazásába is.

Rövid tematika: Tervezési ismeretek, tervfajták, a tervezési folyamat lépései. Az épületinformatika tárgyban már megszerzett szakmai ismeretek kamatoztatása konkrét tervprojekteknél. Számítógépes tervezőprogramokkal kapcsolatos alapvető ismeretek átadása (épületvillamossági, világítástechnikai tervezőprogramok). A gyakorlatban alkalmazott és számítógéppel segített villamos, mágneses és elektromágneses ellenőrző számítások megismertetése.

Épületvillamosság laboratórium

([BMEVIVEMB02](#), 3. szemeszter, 0/0/2/f/2 kredit, VET)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy keretében a mellékspecializáció tantárgyaiban tanult elméleti ismeretek gyakorlati elmélyítése történik laboratóriumi mérések keretében.

Rövid tematika: A laboratóriumi mérések a következő témakörök köré csoportosulnak: Világítástechnikai mérések, fényforrások paramétereinek vizsgálata, KNX rendszer alkalmazása, épületfelügyeleti rendszerek alkalmazása.

VI.1.5 Hang- és stúdiótechnika mellékspecializáció (HIT)

- 1. A specializáció megnevezése:** Hang- és stúdiótechnika
(Audio and Studio Technologies)
- 2. MSc szak:** villamosmérnöki
- 3. Specializációfelelős tanszék:** Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék (HIT)
- 4. Oktató tanszékek:** HIT
- 5. Specializáció felelős oktató:** Dr. Augusztinovicz Fülöp egyetemi tanár (HIT)

6. A mellékspecializáció célkitűzése: a mellékspecializáció három elméleti tantárgya és a stúdiótechnikai laborgyakorlatok olyan ismeretekkel kívánják a hallgatókat felvértezni, amelyek birtokában hangtechnikai, valamint környezeti zaj- és rezgésvédelmi feladatokat megoldó cégek, rádió-, televízió- és filmstúdiók munkájában sikerrel vállalhatnak feladatokat. A mellékspecializációt elvégző hallgatók megismerkednek a hang- és képtechnika alapeszközeivel, azok rendszertechnikájával, vizsgálati és mérési módszereivel, az akusztikai tervezés alapelemeivel, a mai stúdiótechnikában alkalmazott integrált hang- és képfeldolgozási eszközökkel és módszerekkel.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgykód
Műszaki akusztika	BMEVIHIMA11
Hangtechnika	BMEVIHIMA12
Videotechnika	BMEVIHIMA13
Stúdiótechnika laboratórium	BMEVIHIMB03

Műszaki akusztika

([BMEVIHIMA11](#), 1. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, HIT)

A tantárgy célkitűzése: a műszaki akusztika alapfogalmainak és ezek összefüggéseinek ismertetése, az akusztikai rendszerekben lejátszódó folyamatok bemutatása és a gyakorlati alkalmazásokhoz, tervezési tevékenységhez szükséges alapismeretek átadása. Az oktatott témakörök egyik súlypontja a hangtechnika, ezen belül az akusztikai átalakítók ismertetése, ezek analízise és szintézise. A tárgyalás a hangkeltés és hangfelvétel-hangrögzítés fizikai alapjai és műszaki alkalmazása mellett érinti a teremakusztika, valamint a levegőben és szilárd testekben terjedő hangok elleni védelem kérdéskörét is, és alapokat nyújt a hang- és stúdiótechnikai ismereteket taglaló két további mellékspecializáció tantárgy elsajátításához.

Rövid tematika: Hangtani alapfogalmak, logaritmikus mennyiségek (dB-fogalom és alkalmazásai). A hangtér hullámegyenlete és megoldásai: sík- és gömbhullámú hangtér, hangtér-jellemzők. Akusztikai rendszerek egydimenziós modellezése: akusztikai koncentrált elemek. Rudak longitudinális rezgései. Hullámegyenlet és megoldása kisfrekvencián: mechanikai koncentrált elemek. Akusztikai-mechanikai-villamos analógiák és alkalmazásuk. Elektromechanikai átalakítók felépítése, működése, jellemzőik és számításuk. Hangsugárzók alapfogalmai, jellemzése és szintézise, a leggyakrabban alkalmazott elektrodinamikus hangszóró alkalmazásának módjai különféle hangdobozokban. Mikrofonok felépítése, működései, típusai, jellemzőik és alkalmazásuk. A hangterjedés, hangvisszaverődés és hangelnyelés, valamint a hanggátlás és hangszigetelés fogalma, meghatározó tényezői, számítása és tervezése. A teremhangtan fizikai alapjai. Termék akusztikai tulajdonságai, hangtér-jellemző fogalmak. A hangterjedés befolyásolása műszaki eszközökkel: az akusztikai tervezés területei, lehetőségei és eszközei.

Hangtechnika

([BMEVIHIMA12](#), 2. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, HIT)

A tantárgy célkitűzése: A tárgy célja azon tevékenységek alapvető ismereteinek elsajátítása, amelyeket a magát „hangmérnöknek” valló gyakorló szakembertől elvárnak. Különös hangsúlyt kapnak az élő hangosítás kérdései, ugyanis ezen a téren a legszembeötlőbb az ezzel foglalkozók műszaki tudásának a hiánya. A tárgy kitüntetett célja, hogy a villamosmérnöki alapismeretekkel már rendelkező hallgatók tudásukat hangtechnikai ismeretekkel kibővítvé képesek legyenek hangosítási ill. egyéb hangtechnikai feladatokat kompetens módon ellátni.

Rövid tematika: A hallgatók megismerkednek az analóg és digitális hangtechnika elemeivel (pl. mikrofon, keverőpult, hangsugárzók, effektek, stb.), rendszer- és mérés technikájával; élő produkciók hangosítási kérdéseivel; a HiFi – PA (Public Address) – Stúdió rendszerek különbségeivel; a mobil hangosítás speciális kérdéseivel. Ezen túl olyan témák is előkerülnek, melyeket a mai (magyar) „hangmérnökök” nagyon ritkán és akkor is többnyire csak érintőlegesen ismernek, nevezetesen pl. teremakusztikai ill. épületakusztikai kérdések, melyek döntően befolyásolják, hogy a lesugárzott hang végső soron hogyan szólal meg, ill. mi hatol át a falakon, avagy milyen speciális hangtechnikai eszközökkel lehet a legjobb beszédérthetőséget biztosítani erősen visszhangos helyszíneken, stb.

Videotechnika

([BMEVIHIMA13](#), 2. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, HIT)

A tantárgy célkitűzése: A tárgy a digitális videotechnika kérdéseivel foglalkozik, kitérve a fontosabb stúdiójelkomponens formátumok, interfészek, és professzionális tömörítési eljárások részleteire. Bemutatja a videokamerák felépítését (CCD/CMOS érzékelők, optikai alapok, megvilágítás és expozíció fogalmai), és a kamerák legfontosabb jelfeldolgozási lépéseit. Rendszertechnikai szinten bemutatja a korszerű videostúdiók felépítését és munkafolyamatait, kitérve egyes utófeldolgozási munkafolyamatokra is (videoeffektusok, színkorrekciók, kulcsolás, stb.). A tárgy röviden érinti a digitális mozi, és a digitális filmes munkafolyamatok egyes technikai részleteit is.

Rövid tematika: Színterek, videojelkomponensek, stúdió interfész formátumok, HDTV és UHDTV szabványok. Digitális mozi szabványok (DCI). Videotömörítési alapok, professzionális kodekformátumok. Videokamerák felépítése, CMOS/CCD érzékelők működésének alapjai, jellemzői. Jelfeldolgozási lépések a kamerán belül. Színkorrekciók, fehéregyensúly állítás, tónuskorrekciók, kulcsolás, egyéb videoeffektusok. Videóstúdiórendszer technika, munkafolyamatok. A digitális filmforgatás munkafolyamatai és egyes technikai részletei.

Stúdiótechnika laboratórium

([BMEVIHIMB03](#), 3. szemeszter, 0/0/2/f/4 kredit, HIT)

A tantárgy célkitűzése: a mellékspecializáció három tantárgyában megtanult elméleti ismeretek gyakorlati alkalmazásának megismerése és elsajátítása laboratóriumban összeállított rendszereken, ill. valóságos üzemi körülmények között végzendő vizsgálatok, tesztek és mérések keretében.

Rövid tematika: Elektroakusztikai átalakítók (hangsugárzók és mikrofonok) vizsgálata és mérései. Hanggátlás és -elnyelés helyszíni vizsgálata, teremakusztikai mérés technika. Környezeti zajok mérése és értékelése. Hallástréning, különböző hangtömörítési eljárások összehasonlítása. Hangfelvételi eljárások áttekintése, próbafelvételek készítése. Videotömörítési eljárások vizsgálata, videovágás, videotechnikai munkafolyamatok eszközeinek és módszereinek megismerése.

VI.1.6 Intelligens robotok és járművek mellékspecializáció (IIT)

- 1. A specializáció megnevezése:** Intelligens robotok és járművek
(*Intelligent Robots and Vehicles*)
- 2. MSc szak:** villamosmérnöki
- 3. Specializációfelelős tanszék:** Irányítástechnika és Informatika Tanszék
- 4. Oktató tanszékek:** IIT
- 5. Specializációfelelős oktató:** Dr. Harmati István egyetemi docens (IIT)

6. A specializáció célkitűzése: Az ipari robotok további elterjedésével, a járműipar fejlődésével, valamint a szolgáltató robotikai megoldások iránti igény robbanásszerű bővülésével az autonóm viselkedésre képes intelligens robotikai rendszerek és ember nélküli mobilis egységek fejlesztésére fordított erőforrások stabil növekedést mutatnak és ez a tendencia tartós marad a következő évtizedekben is. A mellékspecializáció tárgyait sikeresen elvégző hallgatók megismerkednek a robotok és autonóm járművek felépítésével, modellezési és irányítási módszereivel, az autonóm viselkedéshez szükséges érzékelők és beavatkozók működésével és a kapcsolódó jelfeldolgozási technikákkal, a navigáció és a pályatervezés során alkalmazott korszerű módszerekkel, illetve a több autonóm egységből álló multiágensű rendszerek jellemzőivel és magas szintű irányítási stratégiáival. A megszerzett tudás birtokában a hallgatók képesek bekapcsolódni a szakterülethez kapcsolódó fejlesztési és kutatási tevékenységek teljes spektrumába.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgykód
Autonóm robotok és járművek	BMEVIIIIMA12
Navigáció és pályatervezés	BMEVIIIIMA13
Multiágensű rendszerek irányítása	BMEVIIIIMA14
Intelligens robotok és járművek laboratórium	BMEVIIIIMB04

Autonóm robotok és járművek

([BMEVIIIIMA12](#), 1. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, IIT)

A tantárgy célkitűzése: A tárgy célja, hogy összefoglalja az ipari robotrendszerek és az ember nélküli, autonóm járművek modellezésének, irányításának és intelligens rendszerteknikai megvalósításának elméleti és gyakorlati alapjait. A tárgy bemutatja a robotizált gyártórendszerek felépítését, a legelterjedtebb robot struktúrákat, a robotok programozásának tipikus lépéseit, modellalkotás elméleti alapjait és eszközeit, a pályatervezés módszereit. Megismertet az ipari és ember nélküli mobilis robotokban elterjedt irányítási módszerekkel illetve az irányítások valósidejű aspektusaival.

Rövid tematika: Mechatronikai alapok bemutatása. Irányított mechanizmus, pálya, feladat, végeffektor. Az irányítási hierarchia szintjei. Az ember nélküli földi, légi és vízi robotok és járművek típusai és osztályozásuk (UGV, UAV, UGV). Denavit-Hartenberg alak. Robot transzformációs gráf. Direkt geometriai és inverz geometriai feladat megoldási módszerei. Differenciális mozgás. Parciális sebesség és szögsebesség, Jacobi-mátrix. Kinetikus és potenciális energia, inerciamátrix. Lagrange és Newton-Euler egyenletek. A dinamikus modell rekurzív és szimbolikus számítása. Járművek (autók, repülő, hajók) navigációjának hasonlósága. Robotkarok irányítási módszerei. Decentralizált kaszkád csuklóhajtások. A kiszámított nyomaték módszere. Statikus erő és nyomaték transzformálása. Hibrid pozíció és erő irányítás. Robotprogramozási nyelvek felépítése. Járművek optimális prediktív irányítása. Referencia robot, irányítás állapot-visszacsatolással. Hagyományos gépjárművek korszerű irányítási módszerei (steer-by-wire kormányzás, automatikus manővervégrehajtás, akadályelkerülés és parkolás).

Navigáció és pályatervezés

([BMEVIIMA13](#), 2. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, IIT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy célja, hogy bemutassa a járműnavigációban és járműirányításban általánosan alkalmazott navigációs és pályatervezési módszereket. A módszerek modern érzékelőket használnak, a tantárgy bemutatja ezek elméleti alkalmazhatóságát és gyakorlati problémáit is. A navigációs eljárások az ipari gyakorlatban széles körben alkalmazott szenzorfúziós eljárásokra épülnek. A tantárgyat sikeresen abszolváló hallgatók közre tudnak működni komplex navigációs rendszerek szenzorkészletének összeállításában, az algoritmusainak fejlesztésében és megvalósításában, továbbá az irányítások számára elengedhetetlen pályatervezési eljárások megvalósításában. Ismerik a navigáció és pályatervezés általános elveit, ezért hosszú távon hasznosítható készségekkel rendelkeznek, melyekkel képesek a jövőben megjelenő eszközök bevonására a navigációs és pályatervezési folyamatokba.

Rövid tematika: A navigációs probléma ismertetése, a navigáció definíciója. A gyakorlat számára fontos speciális esetek bemutatása. A navigációs során felhasznált szenzorok általános ismertetése. A MEMS gyorsulásmérő felépítése. A felépítésből következő szisztematikus és nem szisztematikus hibaforrások. A "mit mér a gyorsulásmérő?" kérdéskör és ennek következményei a navigációra nézve. A MEMS szögsebességmérő felépítése. Szenzorkalibrációs eljárások gyorsulásmérő és szögsebességmérő eszközök esetében. A GPS alapjai, a klasszikus GPS algoritmus működése. Differenciális GPS megoldások. Az SBAS működési elve. Nagy pontosságú pozícionálást lehetővé tevő, vivőfázis mérésén alapuló differenciális GPS technikák. A LAMBDA algoritmus. Sztochasztikus állapotbecslési és szenzorfúziós eljárások alapjai, a Kalman-szűrő és a kiterjesztett Kalman-szűrő alkalmazási lehetőségei a navigációban.

Multiágensű rendszerek irányítása

([BMEVIIMA14](#), 2. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, IIT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy összefoglalja a korszerű kooperáló multiágensű rendszereken alapuló robotrendszerek jellemzőit, tárgyalja a konfliktussal terhelt környezetben a megvalósítandó cél által generált irányításelméleti problémákat és az optimális viselkedés megvalósításához szükséges döntéshozatal elméleti alapjait. A tantárgy ezen kívül bemutatja az ágensek hatékonyságát növelő csapatszervezés és formációban történő irányításának néhány korszerű megközelítését, valamint az ilyen rendszerek tervezésénél alkalmazható informatikai módszereket. A tantárgyat sikeresen abszolváló hallgatók közre tudnak működni multiágens robotrendszerek és mobilis robotok számítógépes irányító és navigációs rendszereinek tervezésében, a működéshez szükséges algoritmusok kifejlesztésében és megvalósításában.

Rövid tematika: Multiágensű rendszerek definíciója, dekomponált irányítási architektúrája. Megközelítési módszerek. Multiágensű rendszerek irányításának játékelméleti alapjai. Véges, végtelen, nulla összegű, nem nulla összegű, statikus, dinamikus játékok. Multiágensű robotrendszer mozgástervezése játékelméleti eszközökkel. Párhuzamos küldetések megoldása közös munkatérben, pályatervezés fix útvonalak mentén, pályatervezés független térképek alapján, korlátozás nélküli pályatervezés. Ütközésselkerülési stratégiák, forgalomoptimalizálás. Intelligens földi/vízi/légi járművek forgalomirányítása, ütközésselkerülési stratégiák, erőforrás optimalizálás. Formáció irányítási módszerek. Mobilis robotok, földi, vízi és légi járművek formációba rendezése, konvergencia biztosítása, a formáció hiba stabilizálása, viselkedésalapú formáció primitívekkel. Területbiztosítási, területfoglalási, feltérképezési stratégiák robotcsapattal. menekülő-üldöző játékok, Isaac-egyenlet, célpontkijelölő és optimális erőforrás megosztó algoritmusok, robotfoci stratégiák: Multiágensű rendszerek tanulása, heurisztikus módszerek.

Intelligens robotok és járművek laboratórium

([BMEVIIIIMB04](#), 3. szemeszter, 0/0/2/f/2 kredit, IIT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy célja, hogy a hallgatók jártasságot szerezzenek az autonóm robotok és járművek modellezésének, irányításának, navigációjának témaköreiben elsajátított ismeretek gyakorlati alkalmazásában. További cél, hogy a hallgatók megismerjék a robotika és a korszerű járműirányítás területén a kutatás-fejlesztési munka során alkalmazható korszerű hardver és szoftver eszközöket, programcsomagokat, szenzorrendszereket, valamint elsajátítsák azok hatékony használatát.

Rövid tematika: Autonóm robot érzékelő rendszere és irányítása. Identifikáció és gyors prototípustervezés. Robotkarok programozása, mozgásszabályozások vizsgálata, Vizuális visszacsatolás vizsgálata, Önkalibráló navigációs rendszerek vizsgálata, Objektumkövetés, Robotcsapat mozgásának koordinációja, kooperatív stratégiák elosztott implementálása.

VI.1.7 Okos város mellékspecializáció (TMIT)

- 1. A specializáció megnevezése:** Okos város
(Smart City)
- 2. MSc specializáció:** villamosmérnöki
- 3. Specializációfelelős tanszék:** Távközlési és Médiainformatikai Tanszék
- 4. Oktató tanszékek:** TMIT
- 5. Specializációfelelős oktató:** Dr. Vida Rolland egyetemi docens (TMIT)

6. A specializáció célkitűzése:

Bár a Smart City (okos város) koncepció néhány évvel ezelőtt még csak egy futurisztikus ötletnek tűnt, napjainkban egyre nagyobb hangsúlyt helyeznek erre a területre, Európában és a világ többi fejlett régiójában egyaránt. Számos pilot rendszert már kiépítettek és tesztelnek, és a következő néhány évben ennek a területnek a támogatása drasztikusan növekedni fog. A mellékspecializáció célja az intelligens város koncepciójának és néhány kulcsfontosságú elemének (intelligens közlekedési rendszerek, szenzorhálózatok) a bemutatása, a hardware elemektől kiindulva, az infrastruktúra architektúrális, tervezési és megvalósítási kérdésein keresztül, a már létező vagy tervezett alkalmazásokig, szolgáltatásokig, illetve a létező pilot rendszerekig. A mellékspecializáció foglalkozik majd az intelligens környezet és a felhasználók közötti, új követelményekhez igazítandó ember-gép interfész kérdéseivel is, és külön hangsúlyt fektetünk a kontextus-függő és személyre szabott intelligens alkalmazások biztonsági és privacy aspektusaira is.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgykód
Szenzorhálózatok és alkalmazásai	BMEVITMMA09
Intelligens közlekedési rendszerek	BMEVITMMA10
Ember-gép interfész	BMEVITMMA11
Okos város laboratórium	BMEVITMMB04

Szenzorhálózatok és alkalmazásai (TMIT)

([BMEVITMMA09](#), 1. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, TMIT)

A tantárgy célkitűzése: Az intelligens környezetek (városok, munkahelyek, otthonok) „intelligenciája” nagymértékben köszönhető a különböző falakba, úttestbe ágyazott, vagy a felhasználók intelligens eszközeibe integrált és általuk hordozott szenzoroknak, melyek folyamatosan észlelik a fizikai világ történéseit, és azokról nyers adatokat rögzítenek, melyeket aztán egy hálózatba csatlakozva megosztanak. Az adatok feldolgozása után pedig a kinyert információkat hozzáadott értékű szolgáltatásként kapják vissza a felhasználók. A tárgy betekintést nyújt a vezeték nélküli szenzorhálózatok szerteágazó témakörébe. Tárgyalja a – tipikusan – szerény erőforrásokkal rendelkező eszközökkel való adatgyűjtés, adatfeldolgozás és (ad-hoc) hálózati kommunikáció problémakörét, ismerteti a szükséges middleware szolgáltatásokat, illetve kitér a szenzorhálózatokkal kapcsolatos biztonsági és privacy kérdésekre is. Hangsúlyt kapnak a szenzorhálózatok fontosabb jelen és jövőbeni alkalmazási területei, különösen az intelligens környezetekhez (város, munkahely, otthon) köthető alkalmazások és szolgáltatások.

- Rövid tematika:**
1. Intelligens szenzorok hardver és szoftver architektúrái. Szenzor „mót”-ok hardver komponensei. Szenzor operációs rendszerek (TinyOS, nesC, MOS)
 2. Kommunikációs protokollok: fizikai réteg, alvász-ébrenlét ütemezése, idő szinkronizálás; adatkapcsolati réteg, közeghozzáférés vezérlése (szenzor-MAC);
 3. Hálózati réteg, energia- és helytudatos útvonalválasztás; attribútum alapú címezés, klaszterképzés; adatközpontú működés. Átviteli réteg (TCP-szerű, globális címezés nélküli, kis tárigényű protokollok). Alkalmazási réteg protokollok (SMP, TADAP, SQDDP protokollok)
 4. Szenzorhálózati architektúrák. Szenzorhálózatok tervezési kérdései. Topológia konstrukció és menedzsment, egy- és többgrásos kommunikáció, energiatakarékosság, topológia-kontroll.
 5. Esemény-, idő- és lekérdezés alapú vezérlés. Adat-aggregáció hálózaton belül. Mobilitás szenzorhálózatokban, bázisállomás vs. szenzor mobilitás, virtuális mobilitás
 6. Lokalizáció és nyomkövetés szenzorhálózatokban, helytudatos működés
 7. Szenzorhálózatok modellezése, szimulációs eszközök (tossim). Szabványosítási kérdések (IEEE 802.15.4, ZigBee)
 8. Szenzorhálózatok biztonsága. Biztonságos adattovábbítás szenzorhálózatokban. Kritikus infrastruktúra. Infrastruktúra védelme. Elosztott támadások és védekezés.
 9. Érzékeny adatok a szenzorhálózatokban. Szenzor adatok nyilvánossága. Jogosultsági kérdések. Felhasználók azonosítása és nyomkövetése. Anonimitás a szenzorhálózatokban..
 10. Tipikus szenzorhálózati alkalmazási területek, esettanulmányok – intelligens város, pilot projektek (Smart Santander, Yokohama, stb).
 11. Crowdsourcing és crowdsensing alkalmazások. Ösztönző mechanizmusok.
 12. Esettanulmányok – Intelligens munkahely
 13. Esettanulmányok – intelligens otthon projektek.
 14. Kitekintés – „intelligens por”, tárgyak internete

Intelligens közlekedési rendszerek

([BMEVITMMA10](#), 2. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, TMIT)

A tantárgy célkitűzése: A tárgy célja, hogy bemutassa az intelligens közlekedési rendszerek alapjait, elsősorban a kommunikációs hálózatok szempontjából. Hangsúlyos szerepet kap a járművek közti kommunikáció (pl. mobil ad hoc hálózatok), mely lehetővé teszi, hogy olyan önszerveződő és elosztott kommunikációs rendszereket építsünk, amelyek túlépnek a hagyományos fix infrastruktúrájú mobil rendszerek (pl. GSM) korlátain. Általuk lehetővé válik olyan, nagy kiterjedésű és relatív nagy mobilitású hálózatok kialakítása, ahol az egyéni eszközök csak korlátozott lefedettséggel rendelkeznek, viszont képesek kommunikálni a rendszerben lévő bármely más eszközzel. Ezen kívül kitérünk a járművön belüli (inter-vehicle) kommunikációra, a globális pozicionáló rendszerekre, illetve hangsúlyt fektetünk a járművek és az intelligens környezet, a kiépített infrastruktúra közötti (vehicle-to-infrastructure) kommunikációra is. Ugyanakkor megismertetjük a hallgatókat az intelligens közlekedési rendszerekhez köthető legfontosabb alkalmazásokkal (dugófigyelés, baleset megelőzés, beltéri és kültéri parkolás, flottakövetés, intelligens közösségi közlekedés, e-útdíj, dugódíj, kooperatív rendszerek, stb.)

- Rövid tematika:**
1. Ismerkedés a közlekedési informatikai rendszerekkel, az ITS (Intelligent Transportation System) koncepció bevezetése. Globális Helymeghatározó Rendszerek (GPS, EGNOS, GLONASS, GALILEO) működési elveinek bemutatása alkalmazásokon keresztül.
 2. Autón belüli kommunikációs technológiák bevezetése. Speciális szenzorok bemutatása alkalmazásokon keresztül. Hőmérséklet, Páratartalom, Odométer, Tachometer, Nyúlásmérő bélyeg, Radar, stb.
 3. Autók közötti kommunikációs technológiák és intelligens protokollok. VANET (Vehicular Ad hoc Networks) hálózatok. Speciális mobilitás modellek, útválasztó és csoportformáló protokollok. Geográfiai alapú útválasztás, előnyök, hátrányok, és alkalmazhatóság. Hibrid kommunikációs megoldások.
 4. V2V - Vehicle to Vehicle - Járművek közti kommunikáció és információterjesztés speciális protokolljai és üzenetterjesztő algoritmusai (ODAM, SPACE, SOTIS, stb.). Intelligens elárasztás, pletykálás.

5. Legfontosabb intelligens közlekedési alkalmazások bemutatása. Aktuális közlekedési információk gyűjtése és terjesztése kooperatív járművek segítségével (Waze). Rövid ismertetése a web2 és GeoWeb technológiáknak valamint a közlekedési információs rendszerek és közlekedés monitorozási technológiák bemutatása. A Floating Car Data kifejezés és technológia bevezetése.
6. Automatikus díjbeszedés a közlekedési rendszerekben. Sikeres kutatási projektek a témában. Működési modellek és alkalmazási példák. Nemzetközi projektek céljainak és eredményeinek ismertetésére (FleetNet, RuBENS, C2C, PREVENT, stb.)
7. Intelligens beltéri és kültéri parkoló rendszerek, közösségi alapon működő megoldások, ösztönző mechanizmusok.
8. Modellezés és szimuláció. Számos szimulátor és gyakorlati modell bemutatása, illetve a különböző típusú szimulátorok (forgalmi-, hálózati-, stb.) ötvöztetésének lehetőségei.
9. Térinformatikai Információs Rendszerek. GIS (Geographic Information Systems) Digitális térképek létrehozási módjai.
10. Az intelligens közlekedési rendszerek biztonsági kérdései. Hitelesítés VANET hálózatokban. Nyomon követés. Jogosultsági kérdések. Anonimitás. Biztonságos kommunikáció. Biztonságos helymeghatározás.

Ember-gép interfész

([BMEVITMMA11](#), 2. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, TMIT)

A tantárgy célkitűzése: A tárgy célja megismertetni a hallgatókkal a vizuális és beszéd interfész technológiákat az ember-gép kapcsolatban (HCI), külön hangsúlyt fektetve az intelligens környezetekben (város, otthon, munkahely) működő alkalmazások és szolgáltatások személyre szabott, hely- és környezetfüggő interfészeire. A tárgy keretén belül részletes bemutatásra kerülnek a felhasználói interfész elemei, a szoftver-ergonómia alapelvei, a szoftverek ergonómiai szempontból történő kiértékeléseinek módszerei. Az elméleti témakörök ismertetésével párhuzamosan gyakorlatok keretében is feldolgozzuk az anyagot. Ezenkívül a hallgatók gyakorlati feladatok megoldásával igazolják a témakörben szerzett jártasságukat. A kurzus végére a hallgatók megtanulják a felhasználói interfész tervezéséhez, teszteléséhez, minősítéséhez szükséges alapelveket, hogy azt majd gyakorlatban is alkalmazhassák a későbbi munkájuk folyamán

Rövid tematika: Bevezetés, alapfogalmak, definíciók. Ember és környezete közti modalitás típusok, beszéd interfész, vizuális interfész, taktilis interfész, multimédia HCI. Interfész modalitások együttes kezelése és szinkronizálása, beszédinterfész, beszédkommunikáció. Vizuális interfész, iteratív tervezés alapelvei, iteratív tervezés módszerei. Felhasználói interfész technikák, irányelvek, arany szabályok a tervezésben. Felhasználói interfész alapelvek és példák, menürendszer, szöveg dialógus, grafikus interfész, interfész a weben, dialógus rendszerek, intelligens környezet. Felhasználói interfész mobil eszközökön, általános alapelvek, operációs rendszer-függő kérdések, modalitás-függő kérdések. Tervezési irányelvek (design guidelines), fókuszcsoporthoz módszer, conjoint analízis, design space analízis, GOMS modell. Honlapok használhatósága, különleges felhasználói felületek (pl. multimédia, groupware), mindenki számára használhatóság (W3C WAI). Felhasználói interfész kiértékelés, kiértékelés kritériumai, kiértékelési eljárások, intelligens környezetek, hely- és környezetfüggő interfészek, alkalmazkodás egyéni igényekhez. Felhasználói interfész esettanulmányok.

Okos város laboratórium

([BMEVITMMB04](#), 3. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, TMIT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy célkitűzése az Okos város koncepció megvalósítását támogató hardware és szoftver architektúrák építőköveinek széles spektrumából néhány reprezentatív elem bemutatása, ezek segítségével rendszerszintű mérések megtervezése és elvégzése, esettanulmányok kiértékelése.

Rövid tematika: Intelligens közlekedési rendszerekkel kapcsolatos szimulátorokkal való ismerkedés, pl. Open DS driving simulator, MatSim.

Arduino mikrokontroller modulok programozása, fejlesztőkörnyezet használata. Arduino modulok illesztése. Szenzorok olvasása, hálózatkezelés mikrokontrollerrel. Vezetéknélküli kommunikáció szenzormodulok között. Szenzoradatok küldése IoT felhőbe.

Autós szenzor adatok kinyerése és feldolgozása Bluetooth-os OBD2 adapteren keresztül, a Torque Android app használata, kiterjesztése.

Az okostelefon mint AR kijelző, Google Glass mint új típusú ember-gép interfész. T-City virtuális idegenvezető.

VI.1.8 Optikai hálózatok mellékspecializáció (HVT)

- 1. A specializáció megnevezése:** Optikai hálózatok
(Optical Networks)
- 2. MSc szak:** villamosmérnöki
- 3. Specializációfelelős tanszék:** Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszék
- 4. Oktató tanszékek:** HVT, TMIT
- 5. Specializációfelelős oktató:** Gerhátné Dr. Udvary Eszter egyetemi docens (HVT)

6. A specializáció célkitűzése:

A korszerű hírközlési feladatok megvalósítása manapság már elképzelhetetlen az optikai átvitel alkalmazása nélkül. Napjaink nagysebességű kommunikációs rendszerei (szélessávú internet, mobil távközlés, LTE, digitális média szolgáltatás, stb.) mögött szinte mindig megtalálható valamilyen formában az optikai hálózat. Éppen ezért minden villamosmérnök számára hasznos és fontos a fényt használó átviteli hálózatok eszköz- és rendszerszintű ismerete. A specializáció célkitűzése a modern fénytávközlő eszközök, rendszerek és hálózatok működési és tervezési kérdéseinek alkalmazásszintű ismertetése.

A specializáció három tárgya három különböző szempontból járja körbe az optikai hálózatok területét. Az optikai hálózatok elemei című tárgy az alkalmazott eszközökkel ismerteti meg a hallgatókat. A Fénytávközlő rendszerek és alkalmazások tárgya a már megismert eszközökből felépülő rendszerek, hálózatokat fizikai rétegét mutatja be. A mellékspecializáció harmadik tárgya pedig a felépülő hálózati architektúrákat tekinti át.

A tárgyak gyakorlatai lehetőséget biztosítanak az optikai távközlési eszközök és rendszerek szimulációs módszereinek elsajátítására. A laboratóriumi munka során a hallgatók optikai mérés technikai gyakorlatra tesznek szert.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgykód
Optikai hálózatok elemei	BMEVIHVMA05
Fénytávközlő rendszerek és alkalmazások	BMEVIHVMA06
Optikai hálózati architektúrák	BMEVITMMA12
Optikai hálózatok laboratórium	BMEVIHVMB03

Optikai hálózatok elemei

([BMEVIHVMA05](#), 1. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, HVT)

A tantárgy célkitűzése: A tárgy az optikai távközlő hálózatok eszközeivel, építőelemeivel ismerteti meg a hallgatókat. A tárgy célja az alkalmazott eszközök tulajdonságainak leírása, ezek alapján rendszertechnikai szintű méretezés megtanítása, a mérés technikai irányelvek és megoldások, illetve a korszerű kommunikációs alkalmazási lehetőségek megismertetése. Áttekintést ad az optikai átviteli rendszerekben alkalmazott passzív és aktív elemek felépítéséről, működéséről és távközlési szempontból fontos karakterisztikáikról.

Rövid tematika: Optikai átviteli közeg, Optikai adó, Alkalmazott modulációk, Optikai vevő, Passzív optikai eszközök, Optikai erősítők, Optikai szűrők, Optikai kapcsolók, Hangolható optikai eszközök, Többcsatornás rendszerek elemei.

Fénytvádközlő rendszerek és alkalmazások

([BMEVIHVMA06](#), 2. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, HVT)

A tantárgy célkitűzése: Az Optikai hálózatok elemei tárgyban megismert eszközökből felépülő rendszerekkel ismerteti meg a hallgatókat. A tárgy áttekintést ad az egycsatornás, pont-pont összeköttetéstől, a jelen és jövő többcsatornás, nagysebességű gerinchálózatainak felépítéséig, a maghálózattól a hozzáférési hálózatokig, illetve olyan speciális területekről is, mint a Radio over Fibre vagy a látható fénnel történő kommunikáció. A tárgy hallgatói jártasak lesznek az optikai hálózatok fizikai rétegének tervezési feladataiban.

Rövid tematika: Optikai hálózatok fizikai rétege, Egycsatornás rendszerek csillapítás és diszperzió mérlege, Többcsatornás rendszerek, Optikai gerinchálózatok, Nagysebességű rendszerek, Koherens optikai átvitel, Optikai hozzáférési hálózatok, FTTX rendszerek, Radio over Fibre rendszerek, Szabadtéri optikai összeköttetés, Intelligens világítótestek, Kábeltelevízió rendszerek, Digitális műsorszóró rendszerek

Optikai hálózati architektúrák

([BMEVITMMA12](#), 2. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, TMIT)

A tantárgy célkitűzése: A mellékspecializáció harmadik tárgyaként a már megismert hálózati elemekből épülő hálózati architektúrákat ismertetjük. A tárgy áttekinti a hozzáférési-metro-gerinc hálózatok tervezését, felépítését, működését, üzemeltetését és vezérlését többretegű és többtartományos architektúrákra is, beleértve útvonalválasztási, hálózatvédelmi és forgalomirányítási kérdéseket is. Kitérünk az optikai hálózatok matematikai modellezésére is ami a fenti funkciók megértését, megtervezését és megvalósítását teszi lehetővé. Jelenleg is optikai hálózatokkal szállítjuk a forgalom zömét, de a jövő Internet miatt még nagyobb kapacitás és rugalmasság szükséges - ezért kellene az új megoldások - és az optika még közelebb megy az előfizetőhöz.

Rövid tematika: Kapcsolt optikai hálózatok, többretegű optikai alapú hálózatok, internet optikai szállítóhálózat felett, Optikai hálózatok tervezési és méretezési kérdései, Optikai hálózatok üzemeltetési kérdései, Optikai hálózatok védelme meghibásodás ellen, Optikai virtuális hálózatok, Úthossz és útvonalválasztást befolyásoló fizikai hatások, Rugalmas forgalom és rugalmas spektrum, Optikai hozzáférési hálózatok tervezése, költség-optimalizálása és elemzése

Optikai hálózatok laboratórium

([BMEVIHVMB03](#), 3. szemeszter, 0/0/2/f/2 kredit, HVT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy célja a mellékspecializáció tantárgyak ismeretanyagának elmélyítése. részletes specifikáció és előre kiadott segédanyagok alapján.

Rövid tematika: Optikai távközlés elemei, Optikai hullámvezető, Üvegszálak, csillapítás vizsgálat, Direktmodulált lézeraló vizsgálata, Optikai vevő mérése, Külső modulátorok vizsgálata, Optikai csatlakozó szerelés, szálhegesztés, DWDM rendszer vizsgálata 1-2, CATV-jelek továbbítása optikai hálózatokon.

VI.1.9 Programozható logikai áramkörök alk.technikája m.spec. (MIT)

- 1. A specializáció megnevezése:** Programozható logikai eszközök alkalmazástechnikája
(Application of Field Programmable Gate Arrays)
- 2. MSc szak:** villamosmérnöki
- 3. Specializációfelelős tanszék:** Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszék
- 4. Oktató tanszékek:** MIT
- 5. Specializációfelelős oktató:** Dr. Fehér Béla egyetemi docens (MIT)

6. A specializáció célkitűzése:

A programozható logikai áramkörök (FPGA-k) jelentősége az elektronikai rendszerfejlesztés minden területén növekszik. Általános realizációs platformot kínálnak a komplex digitális eszközök, nagyteljesítményű beágyazott rendszerek, multiprocesszoros SoC megoldások, nagysebességű kommunikációs berendezések, és digitális jel/kép/video feldolgozó funkcionális egységek számára. Az újrakonfigurálható hardver a nagy számítási igényű feladatok jelentős részében nagyságrendi gyorsítási lehetőséget biztosít jelentős energiahatékonyság mellett. A közvetlen, feladatorientált számítási architektúrák a nagyfokú párhuzamosíthatósággal és a nagy sávszélességű interfészekkel extrém műveletvégzési teljesítményű HW gyorsító egységek tervezését biztosítják különböző tudományos és gyakorlati alkalmazásokban. A legújabb generációs eszközök a heterogén felépítésük következtében hatékonyan támogatják a legkedvezőbb HW-SW dekompozíció kiválasztását, a különböző tervezési követelmények érvényesítését. Az eszközök hatékony alkalmazása megköveteli a legkorszerűbb tervezési, fejlesztési technológiák, CAD módszerek, és eszközök megismerését. Az integrált fejlesztőrendszerek a tervezési specifikációtól, a magasszintű a feladatmegfogalmazáson át a szimulációs, implementációs és ellenőrzési, hibakeresési folyamaton keresztül minden fázisban a tervezési technológia legmodernebb módszerit biztosítják. Az összetett rendszerek kompozíciójában jelentős az IP alapú építkezés, a verifikációs ciklusban az UVM és akár a HIL tesztelés. A programozható logikai áramkörök használata a hazai elektronikai fejlesztésekben egyre jelentősebb és ez fokozódó igényt jelent a területen jártas tervezőmérnökök iránt.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgykód
Logikai tervezés	BMEVIMIMA13
Mikrorendszerek tervezése	BMEVIMIMA14
Heterogén számítási rendszerek	BMEVIMIMA15
FPGA tervezői laboratórium	BMEVIMIMB04

Logikai tervezés

([BMEVIMIMA13](#), 1. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, MIT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy a logikai rendszerek tervezésének általános szempontjait, a terület ismeretéhez szükséges eszközöket és módszertanokat mutatja be. Megismerteti a hallgatókat a digitális rendszertervezés korszerű módszereivel, bemutatja a modern, nagybonyolultságú, felhasználó által programozható logikai áramköröket, demonstrálja a korszerű tervező környezetek szolgáltatásait, és ezek hatékony használatát. Az oktatási cél a megfelelő eszközkészlet és módszertan bemutatásán túl a mérnöki alkotó tevékenység különböző fázisainak bemutatása a probléma megfogalmazásától a rendszermodell kidolgozásán át a konkrét architektúrák specifikációján keresztül az egyedi funkcionális egységek megvalósításáig és ellenőrzéséig. A tervezési módszereket a széles körben elterjedt, ipari szabványnak tekinthető eszközkészlet használatával konkrét tervezési példán keresztül ismertetjük. Az elméleti ismereteket így közvetlen gyakorlati tapasztalatok is kiegészítik, ill. elmélyítik..

Rövid tematika: Rendszermegvalósítási lehetőségek, technológiai áttekintés. Általános célú elemek és használatuk előnyei: CPU, memória, PLD, FPGA. A programozható logikai eszközök bevezetése. A tervezési és implementációs folyamat fontosabb lépéseinek rövid áttekintése. Egy korszerű tervezési környezet használata, projekt előkészítés, tervezési adatok specifikálása. Specifikáció megadása, forrásnyelvi leírás, blokkdiagram szerkesztés. Funkcionális ellenőrzés szimulációval. Tervezési előírások, implementációs megkötések előírása, és teljesíthetőségük vizsgálata. A tervezőrendszer működésének ellenőrzése, riportfájlok értékelése. A Verilog és VHDL hardver leíró nyelvek kialakulása, használata és elterjedése. A rendszer komplexitás és kezelhetőségének kapcsolata a tervezői eszközök tulajdonságai alapján. A leírás aspektusai: a viselkedési és strukturális leírás. A Verilog és VHDL nyelvek részletes ismertetése, a nyelvi szabályok, struktúrák, szintaktika bemutatása. A nyelv használata a szimulációs technológiában. Az általános digitális funkcionális elemek leírási módjai a nyelv eszközkészletével. A szintézis paradigma. A konkurens programozási modell értelmezése, a hardver komponensek párhuzamos működése. A regiszter transzfer modell és használata. A beágyazott tesztelés technológiája. Szintetizálható tesztkörnyezet használata a fejlesztés és bemérés során. Algoritmikus tesztgenerátorok, funkcionális buszmodellek. Processzor alapú tesztminta generátorok. A logikai analízátor funkció használata az FPGA áramkörök mérése esetén.

Mikrorendszerek tervezése

([BMEVIMIMA14](#), 2. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, MIT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy az egyetlen áramkörön megvalósított, komplex mikrorendszerek (SoC) tervezési és fejlesztési kérdéseivel foglalkozik. A beágyazott rendszereknek különböző területeken, igen széles teljesítmény és műszaki követelmény skálán kell megfelelniük az alkalmazási elvárásoknak. A többdimenziós tervezési tér egy-egy pontja lefedhető a szokványos kereskedelmi komponensek szokásos alkalmazásaival, melyeket a rendszerek szoftver rétegei tesznek feladat-specifikussá és költség-hatékony megoldássá. A magasabb szintű követelmények kielégítése azonban az esetek többségében nem nélkülözheti a problémára optimalizált feldolgozó egységek kialakítását, a rendszer hardver és szoftver komponenseinek platform alapú, de egyedi vonásokat hordozó tervezését. Az egyetlen nagybonyolultságú áramkörön történő tervezés olyan rendszertechnikai megoldások alkalmazását teszi lehetővé, amik igen széles követelményskála mellett megfelelő teljesítőképességű rendszereket eredményeznek. A SW rétegek kialakítási lehetőségei, futtatókörnyezetek, operációs rendszerek.

Rövid tematika: A mikrorendszerek felépítésének általános modellje programozott eszközök alkalmazásával. A rendszerfelépítés modelljei, a SW-HW szétválasztás lépései. A SW modell motorja: a konfigurálható mikroprocesszoros vezérlő. Általános célú beágyazott mikroprocesszorok (utasításkészlet, működési modell, adatstruktúra, SW támogatás). Dedikált mikroprocesszor struktúrák (speciális utasítások, protokoll processzorok). Az alkalmazásspecifikus funkcionális egységek adatfolyam tervezésének lépései. A mikrorendszer gerince: a rendszerbusz architektúra. Fontosabb buszstruktúrák áttekintése és elemzése (CoreConnect, Avalon, AMBA, Whisbone). Busz architektúrák elemzése: komplexitás, támogatás, teljesítmény, kompatibilitás, előnyök, hátrányok. A funkcionális modulok alkalmazása a tervezésben: specifikáció, megvalósítás, rendszerbe integrálás. A VC (Virtual Component) és az IP (Intellectual Property) alapú tervezés specifikációs, implementációs és alkalmazási kérdései. Fontosabb rendszerelemek áttekintése (CPU-k, memóriavezérlők, MMU, arbiterek, interfészek). Fejlesztési eszközök: Szimulátorok, busz funkcionális modellek, teszt generátorok. Firmware és szoftver fejlesztési eszközök (utasításkészlet modell, beágyazó környezet modell). A szoftverkörnyezet kialakítási lehetőségei: egyedi szoftver, minimális futtató környezet, általános operációs rendszer. A Linux használata beágyazott rendszerekben. A fontosabb FPGA gyártók által támogatott rendszermegoldások ismertetése (Altera, Lattice, MicroSemi, Xilinx).

Heterogén számítási rendszerek

([BMEVIMIMA15](#), 2. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, MIT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy a modern SRAM technológiájú FPGA eszközök nagyteljesítményű számítási alkalmazásait ismerteti, lefedve mind a jelfolyam alapú valósidejű digitális jel/kép/video feldolgozási, mind az általános célú számítástechnikai alkalmazásokat. Ismerteti a feladatok hardveres megoldásainak előnyeit, a nagysebességű párhuzamos és pipeline műveletvégzők tervezési kérdéseit, a komponens és modell alapú tervezési módszereket. Bemutatja az újrakonfigurálható társprocesszor alapú rendszermegvalósítások előnyeit a speciális tulajdonságok kiaknázásának lehetőségeit. Ismerteti a statikus és dinamikus újrakonfigurálás technológiáját, az általános célú és konfigurálható processzorok használatával kialakítható nagyteljesítményű rendszerek számítási és adatmozgatási teljesítményoptimalizálásának kérdéseit a tipikus alkalmazási területek követelményei alapján. Az általános célú heterogén nagyteljesítményű beágyazott rendszerek multicore CPU, GPGPU és FPGA típusú feldolgozó egységeinek együttes használati módszereinek bemutatása, szoftverfejlesztési technológiák: CUDA, OpenCL.

Rövid tematika: A nagyteljesítményű számítástechnikai terület hagyományos megoldásai: párhuzamos szuperszámítógépek, számítógép clusterok, grid alapú megoldások. Fontosabb felhasználási lehetőségek: Kutatások, pénzügyi adatfeldolgozás, geofizikai számítások, bioinformatika, védelmi kutatások. Problémák: költség, megbízhatóság, teljesítmény igény, elhelyezés, hűtés. Alternatív megoldások: Multi core CPU, grafikus CPU, speciális párhuzamos processzorok, FPGA alapú rendszerek. Alternatív programozási modellek keresése: a szoftver megoldás flexibilitásának kombinálása a hardver nagy teljesítőképességével az FPGA-ra alapuló számítási hálózatok alkalmazásával. Általános párhuzamosítási lehetőségek: végrehajtási idő, feldolgozási képesség, hatékonyság, granularitás. Az Amdahl törvény. A párhuzamos és multi core programozási paradigma. Speciális gyorsítóeszközök áttekintése: A GPGPU általános jellemzői, műveleti támogatás, előnyök, hátrányok. A CUDA fejlesztési technológia. Az FPGA alapú újrakonfigurálható hardver eszközök. Az FPGA általános tulajdonságai, az SRAM technológiájú eszközök jellemzői. FPGA alkalmazások fejlesztési technológiája. Általános célú és jelfeldolgozási célú algoritmikus eszközök, időbeli és térbeli párhuzamosítási lehetőségek. A magasszintű HW tervezés korszerű módszerei: a HDL nyelvek, a grafikus modul generátorok és szoftver alapú specifikációs és szimulációs eszközök (VHDL, Verilog, MATLAB System Generátor, OpenCL, Vivado HLS, SystemC). Referencia rendszerek, példa megoldások áttekintése.

FPGA tervezői laboratórium

([BMEVIMIMB04](#), 3. szemeszter, 0/0/3/f/4 kredit, MIT)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy a laboratórium keretében konkrét tervezési projektek megvalósításán keresztül segíti a tématerülethez tartozó ismeretek gyakorlati elsajátítását. A laboratóriumi foglalkozások során részben tematikus feladatok, tervezési lépések elvégzése, részben önálló specifikáción alapuló tervezés végrehajtása történik. A feladatok a mellékspecializáció tárgyak során bemutatott módszereket felhasználva segítik a problémamegoldási, hibakeresési és tesztelési készségek fejlesztését.

Rövid tematika: Alapvető digitális funkcionális egységek tervezése, realizálása, tesztelése. Egyszerű processzoros rendszer kialakítása, interfészek specifikálása, realizálása, tesztelése. Alkalmazásfejlesztés lágyprocesszoros rendszeren. Egyedi nagyteljesítményű számítástechnikai feladat realizációja, heterogén számítási architektúra kialakítása. A hardver és szoftver modulok kialakítása, párhuzamosítás, adatkommunikáció és szinkronizáció megtervezése. Modellalapú tervezési eszközök, környezetek bemutatása, gyakorlat a magasszintű eszközök kezelésében.

VI.1.10 Smart Systems Integration mellékspecializáció (EET)

- 1. A specializáció megnevezése:** Smart Systems Integration
(*Smart Systems Integration*)
- 2. MSc szak:** villamosmérnöki
- 3. Specializációfelelős tanszék:** Elektronikus Eszközök Tanszéke
- 4. Oktató tanszék:** EET
- 5. Specializációfelelős oktató:** Dr. Rencz Márta egyetemi tanár (EET)

6. A specializáció célkitűzése:

A mellékspecializációon mikro, nano és biorendszerek és komponensek integrációjával előállított önálló, összetett funkcióval bíró ún. Smart Systems („intelligens eszközök”) technológiai és tervezési kérdéseit ismerhetik meg a hallgatók. Az ilyen rendszerek az élet minden területén megtalálhatók, de stratégiai jelentőséggel bírnak a mobileszközök (pl. giroszkópok), az autóipar (pl. légzsáknitató rendszer) és az orvostechika (pl. chipméretű laboratóriumok) területén.

A mellékspecializáció tananyaga az Európai Unió által támogatott, skóciai és norvégiai partnerintézetekkel közösen futó Smart Systems Integration Erasmus Mundus mesterképzés része. A program három területre fókuszál: gyártástechnológia, magas szintű tervezés, illetve Smart Systems alkalmazások. A közös tárgyak oktatási nyelve angol, a hallgatóknak lehetőségük van a nemzetközi hallgatókkal közösen dolgozni, illetve lehetőségük nyílik a legújabb ipari tervezőszoftverek használatának elsajátítására. A képzést a második félévben kiegészíti a magyar nyelvű „Áramköri környezet kialakítása” című tárgy, ami a tokozott integrált rendszer tágabb áramköri környezetének kialakításával foglalkozik. A harmadik féléves laboratóriumi tárgyban a hallgatók projekt munka keretében végzik el egy teljes Smart System (a mikroelektromechanikai szenzor, a kiolvasó elektronika és a digitális jelfeldolgozásért felelős áramkör) megtervezését.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgykód
Fundamentals of Smart Systems	BMEVIEEMA04
System Level Design	BMEVIEEMA05
Circuit Environment	BMEVIEEMA06
Smart Systems Design Laboratory	BMEVIEEMB00

Fundamentals of Smart Systems

([BMEVIEEMA04](#), 1. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, EET)

Aims of the course: The course aims to develop a detailed knowledge and critical understanding of Smart Systems technologies and the physics of MEMS devices. A significant range of principal and specialist skills will be developed in the fields of Smart Systems manufacturing technology, and its applications in MEMS and bio-MEMS devices. During the laboratory work the students are getting familiar with the numerical modelling and analysis by the use of a cutting edge simulation tool.

Syllabus: The concept of an Integrated Smart System. MEMS technology: micromachining concepts, CMOS compatibility, integrated sensors, packaging, commercially available processes. MEMS applications: fundamentals of statics and thermodynamics in microsystems, electromechanical and electrothermal microsystems. BioMEMS: fundamentals of microfluidics: laminar flow, mixing, flow focusing. Droplet microfluidics: fundamentals and applications. Lab-on-a-Chip devices: Point-of-Care. Physical methods: sorting and counting techniques. Biosensors in LoC devices: physical, electrochemical, electronic and optical methods. DNA manipulation techniques, Next Generation Sequencing (NGS)

System Level Design

([BMEVIEEMA05](#), 2. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, EET)

Aims of the course: This course gives a wide coverage of the most important hardware description languages (VHDL, VHDL for Analog and Mixed Signal (AMS), System C) for modelling and constructing digital and analog systems. The types of the programmable devices and the related integrated development environment are discussed in depth. The course presents the questions and methodologies of hardware-software co-design, virtual components, intellectual property and system synthesis.

Syllabus: MSI design elements. Logic design methods: phase registers, microprogramming. Microprocessors, computer architecture: memory, peripherals, bus systems. Abstraction Levels in the Digital System Modeling, Gajski-Kuhn Y-diagram, top-down and bottom-up design approaches. Testing and verification concepts, Design for testability. SystemC. VHDL based circuit design – design hierarchies, abstraction levels, language elements, objects and containers. Description of analog and mixed-mode systems: VHDL AMS: introduction, continuous time concepts, frequency domain and noise modeling.

Áramköri környezet kialakítása

([BMEVIEEMA06](#), 2. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, EET)

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy célkitűzése, hogy megismertesse a hallgatókat a tokozott intelligens eszközöket működtető környezet tervezésének és kialakításának módszereivel, a tervezéshez szükséges különböző szoftver eszközökkel, a modern fejlesztő- és különböző fizikai szimulációs rendszerekkel. Részletesen tárgyalja a tervezés, tesztelés és szimuláció egyes lépéseit. Ismereteket ad ezek ipari alkalmazási módszereiről. Áttekintést nyújt a szimulációk és a különböző fizikai jelenségek matematikai és fizikai hátteréről.

Rövid tematika: Az áramköri környezet fogalma, határai, áramköri környezet tervezésének, megvalósításának kérdései: SiP, SoP, MCM, 3D stacked IC, TSV. Tokozások parazita hatásainak vizsgálata RF, termikus és egyéb fizikai szempontok alapján: IBIS modell, Delphi modell, 2R modell. Hűtési technikák, mikrocsonk hűtőeszközök, ezek karakterizációja. Termikus tranziens tesztelés, LED-ek multidomén karakterizációja, termikus határfelületi anyagok minősítése. Elektromágneses kompatibilitás. Egy komplett termékfejlesztése bemutatása: a fejlesztés menete, tesztek, menedzsment. Megbízhatósági vizsgálatok, külső környezet hatásainak vizsgálata a kész eszközre. Nagyfrekvenciás összeköttetések elektromágneses szimulációja, méretezése, a jelintegritás kérdései (a gyakorlatokon RF NYHL tervezés és szimuláció).

Smart Systems Design Laboratory

([BMEVIEEMB00](#), 3. szemeszter, 0/0/2/f/2 kredit, EET)

Aims of the subject: The laboratory practice covers the complete design flow of IC and MEMS co-design. A workgroup of students are designing a Smart System solution including MEMS sensors and actuators and the relevant CMOS circuitry. The laboratory practice is built on the lecture course of System Level Design. Up to date industry standard software CAD tools are utilized thanks to the EU and international support.

Syllabus: Introduction to analog design: Analog schematic editor, DC, AC, transient type simulations. VHDL-Based RTL Design and Functional verification. From RTL to Silicon – Synthesis and Timing Simulation. Reduced order modeling: APDL linking, model preparation, solution analysis, generate & use pass, Using VHDL-AMS solutions in multidomain analysis.

Project work: The design of a complete integrated smart system

VI.1.11 Nukleáris rendszertechnika mellékspecializáció (VIK)

- 1. A specializáció megnevezése:** Nukleáris rendszertechnika
(Engineering of Nuclear Safety)
- 2. MSc szak:** villamosmérnöki
- 3. Specializációfelelős tanszék:** VIK
- 4. Oktató tanszékek:** NTI, MIT
- 5. Specializációfelelős oktató:** Dr. Vajk István egyetemi tanár (AUT)

6. A specializáció célkitűzése:

A Paks II erőmű építése során számos olyan villamosmérnök szakemberre lesz szükség, akik nukleáris alapismeretekkel is rendelkeznek. A mellékspecializáció célja, hogy a specializációt választó villamosmérnök hallgatók megszerezzék azokat az ismereteket, amelyek megkönnyítik, hogy hatékonyabban tudjanak részt venni az erőműnek és kiszolgáló rendszereinek tervezési, kivitelezési és üzemeltetési feladataiban. A specializációban megszerezhető kompetenciák: Nukleáris fizika alapjainak áttekintő ismerete. Az atomerőművek működési elvének, az erőmű felépítésének, fő funkcionális elemeinek, primer és szekunder köri elemeinek megismerése. Ismeretek szerzése a nukleáris mérés-technika területén. A nukleáris biztonsági szabályzat, a nukleáris létesítményekre vonatkozó követelmények (felelősség, biztonsági célok, mélységben tagolt védelem, biztonsági politika ...) hazai és nemzetközi szabályozása. A biztonságra tervezés alapjai, biztonsági osztályok, speciális tervezési követelmények. Kiemelten fontos villamos és irányítástechnikai rendszerek és komponensek tervezése. A specializációban szereplő tárgyakat teljesítő hallgatók nukleáris szakképzettséget elismerő tanúsítványt kapnak diplomájuk mellékleteként.

A specializáció tantárgyainak listája:

Tantárgy neve	Tantárgykód
Nukleáris alapok mérnököknek	BMETE80MV02
Termohidraulika és reaktorbiztonság	BMETE80MV01
Kritikus beágyazott rendszerek	BMEVIMIMA16
Atomerőművi technológiák	BMETE80MV00

A mellékspecializáció 4 tantárgya szorosan kapcsolódik egymáshoz, a negyedik tantárgy (Atomerőművi technológiák) a mellékspecializáció-laboratórium megfelelője a tantárgyblokkban.

Azok a hallgatók, akik mind a 4 tantárgyat teljesítik, nukleáris szakképzettséget elismerő tanúsítványt kapnak diplomájuk mellékleteként.

Nukleáris alapok mérnököknek

([BMETE80MV02](#), 1. szemeszter, 3/1/0/v/4 kredit, NTI)

A tantárgy célkitűzése: Bevezetés az atomerőművekhez kapcsolódó alapvető mérnöki ismeretekbe.

Rövid tematika: Magfizikai alapismeretek: Az atommag felépítése és jellemzői, stabilitása, tömegdefektus, kötési energia. A magenergia felszabadításának lehetőségei. A radioaktív bomlás formái és jellemző mennyiségei. Neutron magreakciók fajtái és jellemzői. Hatáskeresztmetszet. A maghasadás mechanizmusa.

Nukleáris mérés-technikai alapismeretek: Töltött részek (alfa-, béta-sugárzás), neutron- és gamma-sugárzás kölcsönhatása az anyaggal; a sugárzás gyengülése az anyagon való áthaladás során. Nukleáris detektorok főbb jellemzői: gáz-ionizációs detektorok, szcintillációs számlálók, félvezető detektorok, termolumineszcens detektorok, szilárdtest nyomdetektorok. Neutrontetektorok.

Sugárvédelmi alapismeretek: A sugárzási energia fizikai, kémiai, biokémiai és biológiai hatása. Dózisdefiníciók. Külső és belső sugárterhelés. A sugárvédelem alapelvei. A dóziskorlátozási rendszer.

Sugárvédelmi szabályozás. Dózis és dózisteljesítmény számítása és mérése. Az emisszió és az immisszió kapcsolata. Műszaki sugárvédelem. Baleseti helyzetek kezelése. A lakosság természetes sugárterhelésének összetevői. A mesterséges eredetű radioizotópok alkalmazásai, kikerülésük a környezetbe.

Reaktorfizikai alapismeretek: A maghasadásban felszabaduló energia. Láncreakció, önfenntartó láncreakció feltétele, sokszorozási tényező. Kritikuság fogalma. Hatfaktor-formula. Diffúzióegyenlet. Kezdeti- és peremfeltételek. Időfüggés és kritikuság egy csoport közelítésben. Reaktorkinetika, a reaktivitás mérése. Rezonanciák. Termikus reaktorok: csupasz- és reflektált reaktor. Fűtőelemrácsok. Reaktivitástényezők. A reaktor megszaladása. Kiegész.

Termohidraulika és reaktorbiztonság

([BMETE80MV01](#), 2. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, NTI)

A tantárgy célkitűzése: bevezetés az atomerőművekhez kapcsolódó alapvető mérnöki ismeretekbe.

Rövid tematika: A hőelvonás technológiai megvalósítása különböző reaktor típusoknál. Hőfejlődés folyamata és térbeli eloszlása a reaktorban. A hővezetés általános differenciálegyenlete és annak megoldása különböző kezdeti és peremfeltételek mellett. Az UO₂ anyagjellemzői. Az üzemanyagpálca hőmérséklet-eloszlása. A hidraulikai egyenletrendszer. Nyomásvesztések. A hőátadás számítása. Termikus instabilitások. A hőátadás természetes áramlásokban. Forrásos hőátadás jellemzői. Forrásgörbe. Forráskrízisek. DNBR. Kétfázisú áramlás formái vízszintes és függőleges csövekben. Áramlási térképek. A hűtőközeg-csatorna stacionárius termohidraulikai viszonyai. Az üzemanyag, a burkolat és a hűtőközeg hőmérsékletének alakulása. A reaktorbiztonság és biztonságvédelem alapjai. Méretezési üzemavarok. Különböző méretű LOCA üzemzavarok lefolyása. Az emberi tényező szerepe. Termohidraulikai kódok. Az üzemanyag tervezésénél alkalmazott biztonsági korlátok. Hőtechnikai korlátok. Tervezési alapon túli balesetek. A TMI-2, a csernobili és a fukushimai atomerőmű balesetének előzményei, feltételei, okai, lefolyása, termohidraulikai folyamatai és következményei. A 2003. áprilisi paksi súlyos üzemzavar termohidraulikai folyamatai.

Kritikus beágyazott rendszerek

([BMEVIMIMA16](#), 2. szemeszter, 2/1/0/v/4 kredit, MIT)

A tantárgy célkitűzése: A beágyazott rendszerek biztonságossága (safety) kiemelt jelentőségű az ún. kritikus rendszerek tervezésekor, amelyek meghibásodása közvetlen emberek életét, egészségét veszélyeztetheti vagy jelentős üzleti veszteséggel járhat. A tantárgy célja, hogy áttekinthesse a nagy megbízhatóságra tervezés és a biztonságigazolás modern módszereit, technológiáit és szabványait, elsősorban az elosztott és beágyazott alkalmazások területén.

Rövid tematika: Bevezetés: A biztonságosság alapfogalmai. Biztonságkritikus rendszerek architektúrájának tervezése: jellegzetes fail-stop illetve fail-operational architektúrák (hibatűrés). Veszély analízis: ellenőrző listák, hibamód és -hatás analízis, hibafa, eseményfa, ok-hatás analízis, megbízhatósági blokkdiagramok. Tesztelési módszerek: a teszttervezés és a tesztelési folyamat specialitásai. Követelmény és architektúra modellezés biztonságkritikus rendszerekben. Formális modellezés és verifikáció, modell alapú forráskód generálás.

Funkcionális biztonság (IEC 61508): Biztonsági követelmények specifikálása. Hardver biztonságintegritás. Szoftverek használata biztonságkritikus rendszerekben. Biztonságigazolás (safety case). Iparági szabványok: gépjárművek: ISO 26262, folyamatirányító rendszerek: IEC61511, vasútirányítás: IEC 62279/EN 50128.

Nukleáris biztonság: Nukleáris biztonság irányítástechnikai specifikumai. Alapfogalmak: függetlenség, szétválasztás, redundancia, diverzitás. Kategorizálás. NBSZ, IAEA NS-G-1.3, IEC 61513, IEC 61226. A biztonság szempontjából releváns irányítástechnikai rendszerek: hardver: IEC 60987, szoftver: IEC 62138, IEC 60880. Példa: Reaktorvédelmi Rendszer. További irányítástechnikai vonatkozások: periodikus tesztelés, HMI, számítógépes biztonság. Példa: RVR Univerzális Tesztrendszer. Létező rendszerek,

esettanulmányok: DCS: Siemens SPPA-T3000, ABB System 800xA, Areva TELEPERM XS, OPC Unified Architecture. Példa: Primerköri Nyomásszabályozó Rendszer.

Járműipari beágyazott rendszerek: Szoftverfejlesztés repüléstechnikai területen a DO-178B szabvány keretein belül. Térben és időben partícionált rendszerek a repülőgépiparban, a MILS koncepcióra épülő ARINC 653 valós idejű operációs rendszer. Gépjárművek szoftver architektúrájának modellvezérelt alapokon történő tervezése AUTOSAR alapokon.

Atomerőművi technológiák

([BMETE80MV00](#), 3. szemeszter, 1/0/1/f/2 kredit, NTI)

A tantárgy célkitűzése: bevezetés az atomerőművekhez kapcsolódó alapvető mérnöki ismeretekbe.

Rövid tematika: Reaktivitás-visszacsatolások üzemvitelre gyakorolt hatása, a reaktor önszabályozó képessége. Xenon- és szamárium-mérgezettség üzemviteli vonatkozásai: xenon-mérgezettség időbeli alakulása teljesítményreaktorok térbeli xenonlengése. Az atomreaktor mint sugárforrás: az üzemelő és a leállított reaktor mint sugárforrás; gamma- és neutronsugárzás reaktor körüli védőszerkezetei. Az atomreaktor mint hőforrás: a reaktorfizikai és hőtechnikai jellemzők közötti kapcsolat, hőtechnikai korlátok, aszimmetriák és ezek okai. Aktívzóna-monitorozás, felügyelet: in- és ex-core detektorok. Reaktorok szabályozása: szabályozókazetták, differenciális és integrális értékeség, kiégő mérgek, bórsavas szabályozás. Fűtőelemek üzemviteli viselkedése: meghibásodások, fűtőelem-ellenőrzés. A reaktortartály sugárkárosodása: reaktortartály-felügyelet, tartály-élettartam; a zónaelrendezés hatása; felújító hőkezelés.

Mérési gyakorlatok az Oktatóreaktorban: gáztöltésű és neutrontetektorok, szcintillációs és félvezető detektorok, reaktorüzemeltetési gyakorlat.

VI.2 Projektantárgyak

A mesterképzés keretein belül a hallgatók ún. projektantárgyakat vesznek fel, melyek vagy az általuk választott fő-, vagy a mellékspecializációhoz kapcsolódik. Ezek a tantárgyak rendre az első szemesztertől kezdődően az Önálló laboratórium 1, Önálló laboratórium 2, Szakmai gyakorlat (kritérium tantárgy), majd a Diplomatervezés 1 és Diplomatervezés 2. 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 projektantárgyakat a hallgatók kizárólag valamelyik specializációra való besorolásukat követően vehetik fel, a felvétel szabályait részletesen az MSc specializációválasztási szabályzat tartalmazza.

Önálló laboratórium 1

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

Tantárgykód	Tantárgynév	Tanszék
BMEVIAUML02	Önálló laboratórium 1	AUT
BMEVIEEML02	Önálló laboratórium 1	EET
BMEVIETML02	Önálló laboratórium 1	ETT
BMEVIHIML02	Önálló laboratórium 1	HIT
BMEVIHVML02	Önálló laboratórium 1	HVT
BMEVIIIIML02	Önálló laboratórium 1	IIT
BMEVIMIML02	Önálló laboratórium 1	MIT
BMEVISZML02	Önálló laboratórium 1	SZIT
BMEVITMML02	Önálló laboratórium 1	TMIT
BMEVIVEML02	Önálló laboratórium 1	VET

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy két féléve során a hallgatók komplex mérnöki feladatot oldanak meg, amelynek eredményeként olyan műszaki alkotás jön létre, amelyben a hallgató egyéni közreműködése jól elkülöníthető. Ennek során a mérnöki munka minden lényeges fázisával megismerkednek, és az egyes részfeladatokat a lehető legnagyobb mértékben önállóan végzik el. A két féléves Önálló laboratórium tantárgy felkészít a szintén két féléves Diplomatervezés tantárgy elvégzésére.

Az első félév programja a téma kiválasztása, a feladat részletes specifikálása, a rendszerterv elkészítése, valamint a megoldás során időarányos előrehaladás.

Rövid tematika: Az oktatási időszak első hetében (a regisztrációs hetet követően) a hallgatók jelentkeznek a meghirdetett konkrét témákra, vagy témacsoportokra, a leendő konzulenssel egyeztetve a feladatot. Célszerű a téma kiválasztása ügyében a tanszéket a félévet megelőző vizsgaidőszakban felkeresni, amennyiben ez lehetséges.

A félév elején a hallgatók a konzulenssel közösen elkészítik a feladatok kiírását és ütemezését. A feladatkiírás konkrét formai követelményeit és leadásának módját a felvett tantárgyat gondozó tanszék határozza meg.

A tantárgy első félévének végén mindenkinek be kell számolni a félév során végzett munkáról. A beszámoló szóbeli és írásbeli részt tartalmaz. A beszámoló konkrét formai követelményeit és ütemezését a felvett tantárgyat gondozó tanszék határozza meg.

Más kar vagy egyetem, illetve külső vállalat (gazdasági szervezet) által adott téma csak akkor fogadható el, ha a tanszék ahhoz konzulenszt biztosít. A külső konzulens – tanszékvezetői jóváhagyással – egyetemi végzettségű illetve mesteri (MSc) fokozattal rendelkező szakember lehet. A feladatot úgy kell kiválasztani, illetve a dokumentációt úgy kell elkészíteni, hogy a vállalat (gazdasági szervezet) érdekeit sértő információk dokumentálása nélkül is elbírálható legyen a hallgató tevékenysége.

Az önálló laboratóriumi feladat külföldön is készíthető, a BME bármely oktatási nyelvén: magyar, angol, francia, német és orosz nyelven. Ilyen esetben a témát és a teendőket a külső témához hasonló módon előre egyeztetni kell a felvett tantárgyat gondozó tanszékkel. A hallgató munkájáról a külföldi konzulensztől rövid írásos véleményt kell kérni, melyet a konzulens értékeli. A külföldön készített munkáról ugyanúgy kell beszámolni, mint az itthon kidolgozott feladatok esetében.

Két vagy több hallgató részére közös témát 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.

Önálló laboratórium 2

(1. vagy 2. szemeszter, 0/0/3/f/5 kredit)

Tantárgykód	Tantárgynév	Tanszék
BMEVIAUML03	Önálló laboratórium 2	AUT
BMEVIEEML03	Önálló laboratórium 2	EET
BMEVIETML03	Önálló laboratórium 2	ETT
BMEVIHIML03	Önálló laboratórium 2	HIT
BMEVIHVML03	Önálló laboratórium 2	HVT
BMEVIIIIML03	Önálló laboratórium 2	IIT
BMEVIMIML03	Önálló laboratórium 2	MIT
BMEVISZML03	Önálló laboratórium 2	SZIT
BMEVITMML03	Önálló laboratórium 2	TMIT
BMEVIVEML03	Önálló laboratórium 2	VET

A tantárgy célkitűzése: A tantárgy két féléve során a hallgatók komplex mérnöki feladatot oldanak meg, amelynek eredményeként olyan műszaki alkotás jön létre, amelyben a hallgató egyéni közreműködése jól elkülöníthető. Ennek során a mérnöki munka minden lényeges fázisával megismerkednek, és az egyes részfeladatokat a lehető legnagyobb mértékben önállóan végzik el. A két féléves Önálló laboratórium tantárgy felkészít a szintén két féléves Diplomatervezés tantárgy elvégzésére.

A második félév programja a feladat megoldásának befejezése, valamint az elkészült műszaki alkotás tesztelése és dokumentálása.

Rövid tematika: A tantárgy második félévében a hallgatók általában az első félévben elkezdett feladatot folytatják, a feladatkiírásnak megfelelően.

Az első oktatási héten, értékelve a feladat készültségi fokát, dönteni kell a feladat esetleges módosításáról úgy, hogy a feladat a félév végéig befejezhető legyen. A módosított feladatkiírás konkrét formai követelményeit és leadásának módját a felvett tantárgyat gondozó tanszék határozza meg.

A tantárgy második félévének végén mindenkinek be kell számolni a félév során végzett munkáról. A beszámoló szóbeli és írásbeli részt tartalmaz. A beszámolók konkrét formai követelményeit és ütemezését a felvett tantárgyat gondozó tanszék határozza meg.

Más kar vagy egyetem, illetve külső vállalat (gazdasági szervezet) által adott téma csak akkor fogadható el, ha a tanszék ahhoz konzulenszt biztosít. A külső konzulens – tanszékvezetői jóváhagyással – egyetemi végzettségű, illetve mesteri (MSc) fokozattal rendelkező szakember lehet. A feladatot úgy kell kiválasztani, illetve a dokumentációt úgy kell elkészíteni, hogy a vállalat (gazdasági szervezet) érdekeit sértő információk dokumentálása nélkül is elbírálható legyen a hallgató tevékenysége.

Az önálló laboratóriumi feladat külföldön is készíthető, a BME bármely oktatási nyelvén: magyar, angol, francia, német és orosz nyelven. Ilyen esetben a témát és a teendőket a külső témához hasonló módon előre egyeztetni kell a felvett tantárgyat gondozó tanszékkel. A hallgató munkájáról a külföldi konzulensztől rövid írásos véleményt kell kérni, melyet a konzulens értékeli. A külföldön készített munkáról ugyanúgy kell beszámolni, mint az itthon kidolgozott feladatok esetében.

Két vagy több hallgató részére közös témát 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.

Szakmai gyakorlat

(1.-4. szemeszter, 0/0/0/a/0 kredit)

Tantárgykód	Tantárgynév	Tanszék
BMEVIAUMS01	Szakmai gyakorlat	AUT
BMEVIEEMS01	Szakmai gyakorlat	EET
BMEVIETMS01	Szakmai gyakorlat	ETT
BMEVIHIMS01	Szakmai gyakorlat	HIT
BMEVIHVMS01	Szakmai gyakorlat	HVT
BMEVIIIIMS01	Szakmai gyakorlat	IIT
BMEVIMIMS01	Szakmai gyakorlat	MIT
BMEVISZMS01	Szakmai gyakorlat	SZIT
BMEVITMMS01	Szakmai gyakorlat	TMIT
BMEVIVEMS02	Szakmai gyakorlat	VET

A tantárgy célkitűzése: A szakmai gyakorlat célja, hogy a hallgatók a gyakorlatban alkalmazzák az új villamos, elektronikus és számítástechnikai rendszerek, berendezések és eszközök tervezésével, fejlesztésével és rendszerbe integrálásával kapcsolatos ismereteiket, részt vegyenek szakterületük kutatási-fejlesztési feladatainak kidolgozásában. A legalább négy hetes szakmai gyakorlat során a hallgatók a tanszéki és vállalati konzulens által meghatározott feladatot oldanak meg. Feladatuk kapcsolódhat diplomatervükhöz, TDK dolgozatukhoz, önálló labor feladatukhoz, de azoktól jól elkülöníthetőnek kell lennie.

Rövid tematika: Négy hét (húsz munkanap) kiméretű, az oktatási intézményben, vagy az oktatási intézményen kívül teljesítendő szakmai gyakorlati munka. A lehetséges helyszínekről és időpontokról a szakmai gyakorlat lebonyolításra vonatkozó szabályzat rendelkezik.

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

Diplomatervezés 1

(2. vagy 3. szemeszter, 0/5/0/f/10 kredit)

Tantárgykód	Tantárgynév	Tanszék
BMEVIAUMT02	Diplomatervezés 1	AUT
BMEVIEEMT02	Diplomatervezés 1	EET
BMEVIETMT02	Diplomatervezés 1	ETT
BMEVIHIMT02	Diplomatervezés 1	HIT

Tantárgykód	Tantárgynév	Tanszék
BMEVIHVMTO2	Diplomatervezés 1	HVT
BMEVIIIIMTO2	Diplomatervezés 1	IIT
BMEVIMIMTO2	Diplomatervezés 1	MIT
BMEVISZMT02	Diplomatervezés 1	SZIT
BMEVITMMTO2	Diplomatervezés 1	TMIT
BMEVIVEMTO2	Diplomatervezés 1	VET

A tantárgy célkitűzése: A hallgatónak az oklevél megszerzéséhez MSc szinten diplomatervet kell készítenie. A diplomatervvel azt kell igazolni, hogy diplomázó önálló mérnöki munkára alkalmas, ismeri és alkalmazni tudja a mérnöki munkamódszereket, képes a feladatkiírást értelmezni, továbbá a választott megoldást értékelni és elemezni.

Az első félév programja irodalomkutatás, a rendszerterv elkészítése, valamint a megoldás során időarányos előrehaladás.

Rövid tematika: A diplomaterv témája a kar valamely (lehetőleg a hallgató által felvett szakiránynak 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 konzulenszt biztosít. A külső konzulens – tanszékvezetői jóváhagyással – egyetemi végzettségű illetve mesteri (MSc) fokozattal rendelkező szakember lehet. A diplomaterv témáját általában úgy kell kiválasztani, illetve a tervet úgy kell elkészíteni, hogy a vállalat (gazdasági szervezet) érdekeit sértő információk dokumentálása nélkül is elbírálható legyen a diplomázó tevékenysége. Kivételes esetben, a kutatás-fejlesztés terén vezető vállalatok, gazdasági szervezetek titkos diplomaterv-témákat írhatnak ki. A téma titkosságáról a hallgatót a témára jelentkezéskor tájékoztatni kell.

A diplomaterv külföldön is készíthető, a BME bármely oktatási nyelvén: magyar, angol, francia, német és orosz nyelven. Ilyen esetben a témát és a teendőket a külső diplomatervhez hasonló módon előre egyeztetni kell a kar valamely szakmailag illetékes tanszékével. A diplomatervnek meg kell felelnie az itthoni előírásoknak. A diplomatervező munkájáról és a diplomatervről a külföldi konzulensztől rövid írásos véleményt kell kérni, melyet a záróvizsga bizottsághoz kell eljuttatni. A külföldön készült diplomatervet ugyanúgy meg kell védeni a záróvizsgán, mint az itthon készült terveket.

Két vagy több hallgató részére közös témájú feladatot 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. Közös feladat esetén lehetőség van csak egyes részfeladatok titkosítására. Ekkor az a diplomaterv-téma minősül titkosnak, amely legalább egy titkos részfeladatot tartalmaz.

Közös témájú diplomaterv esetében egyértelműen meg kell jelölni a nem önállóan megoldott részfeladatokat; figyelembe véve, hogy a diplomatervezés második félévére már nem adható ki közös feladat.

A munkabeosztás betartását, a munka előrehaladását és a hallgató felkészülését a konzulens folyamatosan ellenőrzi. Ha a munkavégzés nem a tanszéken történik, a hallgatónak akkor is rendszeresen be kell számolnia a tanszéki konzulensnek.

A félév végén a hallgató munkájáról írásos beszámolót készít és szekcióülésen előadást tart. Az írásos beszámolót a szóbeli beszámoló előtt 5 munkanappal korábban kell beadni. Terjedelme kb. 30 oldal. A szorgalmi időszak végén, egyeztetett időpontban a hallgató legalább 10 perces előadásban, szekcióülésen számol be az általa végzett munkáról.

Az írásos beszámolót a kari diplomaterv portálra is fel kell tölteni.

Diplomatervezés 2

(3. vagy 4. szemeszter, 0/10/0/f/20 kredit)

Tantárgykód	Tantárgynév	Tanszék
BMEVIAUMT03	Diplomatervezés 2	AUT
BMEVIEEMT03	Diplomatervezés 2	EET
BMEVIETMT03	Diplomatervezés 2	ETT
BMEVIHIMT03	Diplomatervezés 2	HIT
BMEVIHVMT03	Diplomatervezés 2	HVT
BMEVIIIIMT03	Diplomatervezés 2	IIT
BMEVIMIMT03	Diplomatervezés 2	MIT
BMEVISZMT03	Diplomatervezés 2	SZIT
BMEVITMMT03	Diplomatervezés 2	TMIT
BMEVIVEMT03	Diplomatervezés 2	VET

A tantárgy célkitűzése:

A hallgatónak az oklevél megszerzéséhez MSc szinten diplomatervet kell készítenie. A diplomatervvvel azt kell igazolni, hogy diplomázó önálló mérnöki munkára alkalmas, ismeri és alkalmazni tudja a mérnöki munkamódszereket, képes a feladatkiírást értelmezni, továbbá a választott megoldást értékelni és elemezni.

A második félév programja a feladat megoldásának befejezése, valamint a diplomaterv elkészítése.

Rövid tematika: A diplomaterv témája a kar valamely (lehetőleg a hallgató által felvett szakiránynak megfelelő) tanszékén a tanszékvezető jóváhagyásával meghirdetett témák közül választható. A diplomatervezés második félévében az első félévben megkezdett munkát kell folytatni. A téma megváltoztatására csak akkor van lehetőség, ha a hallgató a második félévben a Diplomatervezés 1. tantárgyat javító célú tantárgyfelvétellel ismét felveszi. Ez esetben újra 30 kredit értékű feladatot kell kiírni. 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 konzulenszt biztosít. A külső konzulens – tanszékvezetői jóváhagyással – egyetemi végzettségű illetve mesteri (MSc) fokozattal rendelkező szakember lehet. A diplomaterv témáját úgy kell kiválasztani, illetve a tervet úgy kell elkészíteni, hogy a vállalat (gazdasági szervezet) érdekeit sértő információk dokumentálása nélkül is elbírálható legyen a diplomázó tevékenysége. Kivételes esetben, a kutatás-fejlesztés terén vezető vállalatok, gazdasági szervezetek titkos diplomaterv-témákat írhatnak ki. Az engedélyt a tanszéknek a Diplomatervezés 1. tantárgy felvétele előtt meg kell szereznie.

A diplomaterv külföldön is készíthető. Ilyen esetben a témát és a teendőket a külső diplomatervhez hasonló módon előre egyeztetni kell a kar valamely szakmailag illetékes tanszékével. A diplomatervnek meg kell felelnie az itthoni előírásoknak. A diplomatervező munkájáról és a diplomatervről a külföldi konzulensztől rövid írásos véleményt kell kérni, melyet a záróvizsga bizottsághoz kell eljuttatni. A külföldön készült diplomatervet ugyanúgy meg kell védeni a záróvizsgán, mint az itthon készült terveket.

Diplomatervet 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 a tantárgy második félévében nem adható ki közös feladat.

A diplomatervben a hallgatónak nyilatkoznia kell arról, hogy az saját munkájának eredménye. Közös témájú diplomaterv esetében egyértelműen meg kell jelölni a nem önállóan megoldott részfeladatokat; figyelembe véve, hogy a diplomatervezés második félévére már nem adható ki közös feladat.

A munkabeosztás betartását, a munka előrehaladását és a hallgató felkészülését a konzulens folyamatosan ellenőrzi. Ha a munkavégzés nem a tanszéken történik, a hallgatónak akkor is rendszeresen be kell számolnia a tanszéki konzulensnek.

A félévközi jegy megszerzésének a diplomaterv beadása nem feltétele. Az érdemjegyet a tanszéki konzulens javaslata alapján a tantárgyfelelős adja.

A tantárgyat teljesíti a hallgató, ha a két félév során az előkészítő munkát elvégezte, és a diplomatervet ezután már várhatóan konzulensi segítség nélkül is el tudja készíteni.

A diplomaterv beadásának határideje annak a szorgalmi időszaknak az utolsó napja, amelyhez tartozó záróvizsga-időszakban a hallgató diplomatervét meg kívánja védeni.

A diplomaterv beadhatóságát a tanszéki konzulens minősíti. Más kar vagy egyetem, illetve külső vállalat (gazdasági szervezet) által adott téma esetén a külső konzulens ajánlást ad a beadhatóság minősítéséhez. A diplomaterv beadásának tartalmi feltétele: a diplomatervben be kell mutatni a feladatkiírásban megnevezett, összes önállóan kidolgozandó részfeladat megoldását. Ha egy részfeladat megoldása mégis ellehetetlenül, akkor kivételes esetben a diplomaterv tanszékvezetői engedéllyel beadható, de a részfeladatra vonatkozó alfejezetben deklarálni kell az ellehetetlenülés tényét, és meg kell adni az ellehetetlenülés okát.

A diplomaterv formai követelményei: A diplomatervet 1 példányban írásban, egy kötetben, keménytáblás borítással, szükség esetén mellékletekkel, valamint 1 példányban elektronikus formában, az érvényes kari előírások szerint kell beadni.

Két vagy több hallgató közös témájú diplomatervét külön kötetben és külön elektronikus példányban kell elkészíteni.

A diplomaterv nyilvános, kivéve, ha a diplomaterv-témát a dékán titkosította. Ez utóbbi esetben a diplomaterv a sikeres záróvizsgát követő 3 év múlva válik nyilvánossá. A nyilvánosságra-hozatalról a kari diplomaterv portál kezelője gondoskodik. A diplomaterv elkészítésével, beadásával és megvédésével kapcsolatos tudnivalókról a tanszék a kiadáskor tájékoztatja a hallgatót.

A tantárgy sikeres elvégzése során elkészített diplomaterv érdemjegyét a záróvizsga bizottság állapítja meg.

VII. Szabadon választható tantárgyak

A szabadon választható tantárgycsoportban a hallgatók ismereteik bővítésére általuk szabadon választott tantárgyakat vesznek fel - minimum 6 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** tárgyakat 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.