

Részletes tantárgyprogram

Óbudai Egyetem				
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar		Mikroelektronikai és Technológia Intézet		
Tantárgy neve és kódja: Mikroelektronika, félvezető áramkörök tervezése				
KMEMR11TNC		Kreditérték: 7		
Nappali tagozat 5. félév				
Szakok melyeken a tárgyat oktatják: Villamosmérnöki szak , mikroelektronika és technológia szakirány				
Tantárgyfelelős oktató:	Dr. Horváth Zsolt József	Oktatók:	Dr. Horváth Zsolt József	
Előtanulmányi feltételek:(kóddal)	Elektronika II KMEEL21TNC			
Heti óraszámok:	Előadás: 3	Tantermi gyak.:0	Laborgyakorlat:3	Konzultáció:0
Számonkérés módja (s,v,f):	Vizsga			
A tananyag				
<i>Oktatási cél:</i> A félvezető eszközök és az integrált áramkörök működése fizikai alapjainak, felépítésének, jellemzőinek, osztályozásának és előállítási technológiájának, valamint a CMOS integrált áramkörök tervezésének megismertetése				
<i>Tematika:</i>				
Témakörök (előadás):			Hét	Óra
Elemi és vegyületfélvezetők. Kristályszerkezet, rácsszerkezet, bázis, elemi cella, hagyományos cella, anizotrópia, kristálytani irányok és síkok (Miller index), rácshégek. A Si és a GaAs kristályszerkezete.			1.	3
A szabad elektron. Mozgás elektromos és mágneses térben. Az elektron kettős természete, hullámtulajdonságai. A teljes energia, az impulzus, a frekvencia és a hullámszám közötti összefüggések. Az atom felépítése, energia- és impulzuskvantálás, kvantumszámok, gerjesztett állapotok, kisugárzott energia, színekép, Pauli elv. Kémiai kötések. A szilárd test (kristály) elektronszerkezete. Az atomtörzsek periodikus potenciális tere, impulzus és energia közötti összefüggés, sávszerkezet, fémek, félvezetők, szigetelők. A sávszerkezet jellemzői. Direkt és indirekt sávszerkezet, effektív tömeg, állapotsűrűség.			2.	3
Az energiaállapotok betöltöttsége, Fermi-Dirac eloszlás, elektronok és lyukak, intrinsic és adalékolt félvezetők, a tömeghatás törvénye, a Fermi-szint és a szabad töltéshordozó koncentráció hőmérsékletfüggése. Generáció, rekombináció, élettartam, mozgékonyág, szóródás.Elektromos áram, drift és diffúzió, Einstein összefüggés, folytonossági egyenlet, lavina sokszorozódás, Hall-effektus, termoelektromos feszültség. A szabad töltéshordozó koncentráció lecsengése megvilágítás kikapcsolása után, a szabad töltéshordozó koncentráció lecsengése a koordináta mentén egyirányú injekció esetén.			3.	3
Bipoláris eszközök. A p-n átmenet. Beépült potenciál, diffúziós áram, generáció-rekombináció, ideális és valós áram-feszültség karakterisztika, dióda egyenlet, hőmérsékletfüggés, kapacitás-feszültség karakterisztika. A bipoláris tranzisztor, működési elve, jellemzők, üzemmódok, felhasználás. Tirisztor, diac és triac.			4.	3

Unipoláris eszközök. Schottky dióda, J-FET, MESFET, vékonyréteg tranzisztor. A MOS-kondenzátor, a CCD és a MOSFET. Felépítés, működési elv, karakterisztikák, hőmérsékletfüggés. A MOSFET-ek fajtái. Helyettesítő kapcsolások, határfrekvencia, töltésáthaladási idő. A komplementer tranzisztorpár méretezése. Memóriatranzisztorok.	5	3
Heteroeszközök. Heteroátmenetes bipoláris tranzisztor, MESFET, HEMT, ballisztikus tranzisztor. Előnyök a homoátmenetes eszközökkel szemben. Mikrohullámú diódák: pin és alagútdióda, MIS kapcsoló dióda, IMPATT és Gunn-dióda, kétpotenciálgátas rezonáns alagútdióda. Működés, jellemzők, felhasználás.	6	3
Fotoelektromos eszközök. Fény és félvezető kölcsönhatása, abszorpció, spontán és stimulált emisszió. LED. Lézer, működési elv, működési feltételek, megoldás, kimenő teljesítmény-felvett áram jelleggörbe, küszöbáram, kibocsátott spektrum. Kettős heteroátmenetes és kvantum kaszkád lézer. Fotorezisztor, fotodiódák, fototranzisztor. Napelemek: működési elv, fejlesztési irányok, tandem cellák.	7.	3
Kristálynövesztés, Czochralski és Bridgman módszer, zónás tisztítás. Folyadékfázisú, gőzfázisú és molekulásugaras epitaxia. Fémek és szigetelők leválasztása, oxidáció. Diffúzió. Ionimplantáció. Fotolitográfia. Kémiai és plazmamarás. Ellenállás és kapacitás előállítás.	8	3
A bipoláris és a MOS technológia alapvető lépései. Szigetelőn létrehozott Si réteges (Silicon on insulator - SOI) technológia. A MESFET gyártási folyamata. Az integrált áramkörök fajtái, osztályozása. Berendezés orientált áramkörök fajtái, jellemzőik. Az integrált áramkörök méretcsökkenése. Fizikai határok. Előnyei, hátrányai. Az integrált áramkörök sajátosságos tulajdonságai: hőcsatolás, tolerancia, paraziták.	9	3
Az inverter. Transzfer karakterisztika, jelgeneráló képesség, komparálási szint, logikai szint tartományok, jelterjedési idő, párkésleltetési idő, teljesítmény-késleltetés szorzat. Passzív terhelésű MOS inverterek. Trióda és telítésszerű típusú, kiürítéses terhelésű. Dinamikus inverter. A CMOS inverter. Küszöbfeszültség korlát. A komparálási szint beállítása. Fel- és lefutási idő definíciója, egyenlőségének feltétele, méret- és feszültségfüggése. A bemeneti és kimeneti kapacitások összetevői. Teljesítmény disszipáció.	10	3
A minimális technológiai méret hatása a CMOS áramkörök működési sebességére. MOS kapuáramkörök. NMOS, PMOS, CMOS átvivő kapu. NMOS és CMOS logikai kapuk és méretezésük. A CMOS meghajtó áramkör és terhelés áramkör kapcsolata, egyiknek a másiktól történő megszerkesztése. MOS tárolók. SR flip-flop, D-latch, MS és dinamikus MS tároló. Memóriák. EPROM, EEPROM. MOS RAM és DRAM. Multiplexer, dekóder. Programozható logikai eszközök. Felépítés, működési elv, programozás.	11	3
Analóg áramkörök. Diódaaként kapcsolt MOS, feszültség referencia, áramtükör, erősítő. A feszültségvezérelt oszcillátor elve. MOS digitális analóg konverter, analóg-digitális konverter, sample and hold egység. Bemeneti és kimeneti áramkörök. A nagyfeszültségű MOSFET. Háromállapotú inverter. Bus hold áramkör. Az integrált áramkörök bemeneti védelme.	12	3
Az integrált áramkörök tervezése. Az áramkör típusának kiválasztása. A tervezés folyamatábrája, lépései. Szükséges adathalmazok. Funkcionális tervezés. Áramkör tervezés. Tesztelhetőre tervezés. Szimulációk.	13.	3

Layout (topológia) tervezés. λ -alapú tervezés. Tervezési szabályok. Az áramkörök elhelyezése a chipen. Huzalozás. Maszksorozat készítése. A kihozatal és a chipterület összefüggése. Az integrált áramkörök tesztelése. Hibamodellek, tesztvektorok, eredményvektorok. Beépített segédáramkörök, önteszt.	14	3
Témakörök (laborgyakorlat):		
Általános tudnivalók, csoportbeosztás.	1.	3
Látogatás az MTA Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézet Mikrotechnológia Osztályán.	2.	3
A layout tervező program (Microwind2) megismerése.	3.	3
n- és p-típusú MOSFET layoutjának megszerkesztése.	4.	3
A logikai áramkörtervező program (DSCH2) megismerése.	5.	3
Telítéses típusú inverterek összeállítása és szimulációja.	6.	3
CMOS inverterek összeállítása és szimulációja.	7.	3
CMOS inverter layoutjának megszerkesztése és karakterisztikáinak szimulációja.	8.	3
CMOS NOR, NAND és transzfer kapuk összeállítása és szimulációja.	9.	3
CMOS NOR és NAND kapus áramkörök összeállítása és szimulációja	10.	3
CMOS komplex logikai kapuk összeállítása és szimulációja I. (egyéni feladatok).	11.	3
CMOS komplex logikai kapuk összeállítása és szimulációja II. (egyéni feladatok).	12.	3
CMOS komplex logikai kapuk összeállítása és szimulációja – számonkérés	13.	3
Pótlások.	14.	3
Félévközi követelmények: A tantervben előírt előadások és laborgyakorlatok látogatása kötelező. A vizsgára bocsátás feltétele a két zárthelyi dolgozat megírása (várhatóan 5. és 12. hét) és a laborgyakorlatok feladatainak hiánytalan elvégzése legalább elégséges (2) szinten.		
A pótlás módja: Az ÓE tanulmányi szabályzata szerint. A sikertelen zárthelyik egy alkalommal pótolhatók a szorgalmi időszakban külön időpontban.		
A félévközi jegy kialakításának módszere: .		
A vizsga módja: Vizsga a teljes félévi anyagból írásban vagy szóban. A sikeres zárthelyi dolgozatok és a feladatok eredményei 20 % arányban beszámítanak a vizsgajegybe.		

Irodalom:
Mojzes Imre: Mikroelektronika és elektronikai technológia, Műszaki Könyvkiadó, 1995. Csurgyay Árpád és Simonyi Károly: Az információtechnika fizikai alapjai, Elektronfizika, BME Mérnöktovábbképző Intézet, Budapest, 1997. Székely Vladimír: Elektronika I. Félvezető eszközök, Műegyetemi Kiadó, 2001. Nemcsics Ákos: A napelem működése, fajtái és alkalmazása. Műszaki ökológia villamosmérnököknek 3. rész, Kandó Kálmán Műszaki Főiskola, 1999. Simon M. Sze: Semiconductor Devices: Physics and Technology, 2nd Edition, Wiley, New York, 2002. Simon M. Sze, Kwok K. Ng: Physics of Semiconductor Devices, 3rd Edition, Wiley, New York, 2006. David L. Pulfrey: Understanding Modern Transistors and Diodes, Cambridge University Press, Cambridge, 2010.

Egyéb segédletek:

A tárgy tanulásához felhasználhatók az egyéni tanulást támogató oktatási anyagok is, melyek egy része megtalálható az egyetemi honlapokon.