

Analóg és hírközlési áramkörök

Mikroelektronika és félvezető áramkörök tervezése (C tanterv)

Záróvizsga tematika 2011.

Analóg áramkör fogalma, lineáris és nemlineáris torzítások, harmonikus torzítás, intermodulációs torzítás. Zajok. Termikus zaj, sörétzaj, árameloszlási zaj, $1/f$ zaj. Négy-pólusok zaja, láncba kapcsolt négy-pólusok eredő zajtényezője. Jelek csoportosítása, mintavétel, kvantálás, kvantálási zaj. Csatornkapacitás. AM moduláció. AM-DSB, SSB, VSB, kvadraturamoduláció. Spektrum, jel-zaj viszony javulás. FM moduláció. NBFM, WBFM. Sávszélesség, jel-zaj viszony javulás, FM demodulátorok. Üzenet, hír, jel. Fontosabb üzenetfajták: hang, kép, mozgókép, színes kép. Rádióvevők. A vevő feladatai, egyenes vevő, szupervevő. Műveleti erősítők felépítése. Bemeneti fokozat, differenciaerősítők. Fázisösszegző, szinteltoló, végfokozatok. Műveleti erősítők alkalmazása. Aktív RC szűrők. Teljesítményerősítők. A, AB, B osztályú erősítők, hatásfok. LC oszcillátorok. RC oszcillátorok. A PLL. Analóg PLL, DPLL. Alkalmazások: AM demodulátor, FM demodulátor, frekvenciasokszorozó. Analóg feszültség szabályozók. Kapcsolóüzemű feszültség szabályozók.

1. A félvezetők osztályozása. Elemi és vegyületfélvezetők. Kristályszerkezet, rácsszerkezet, bázis, elemi cella, hagyományos cella, anizotropia, kristálytani irányok és síkok (Miller index), rácshörgések. A Si és a GaAs kristályszerkezete.
2. 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.
3. Az atom felépítése, energia- és impulzuskvantálás, kvantumszámok, gerjesztett állapotok, kisugárzott energia, színek, Pauli elv. Kémiai kötések.
4. A szilárd test (kristály) elektronszerkezete. Az atomtörzsek periodikus potenciális tere, impulzus és energia közötti összefüggés, sáv szerkezet, fémek, félvezetők, szigetelők. Direkt és indirekt sáv szerkezet, effektív tömeg, állapotsűrűség.
5. 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.
6. Generáció, rekombináció, élettartam, mozgékonyosság, szóródás.
7. 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.

8. A p-n átmenet. Beépült potenciál, diffúziós áram, generáció-rekombináció, ideális és valós áram-feszültség karakterisztika, dióda egyenlet, hőmérsékletfüggés, kapacitás-feszültség karakterisztika.
9. Bipoláris eszközök. A bipoláris tranzisztor, működési elve, jellemzők, üzemmódok, felhasználás. A tirisztor, diac és triac.
10. A MOS szerkezet. Felépítés, sávellhajlás, kapacitás-feszültség karakterisztika. A MOSFET. Felépítés, átmenő (transzfer) és kimeneti karakterisztika, annak szakaszai, hőmérsékletfüggése. A MOSFET-ek fajtái. Kiürítéses MOSFET konstrukciók. Helyettesítő kapcsolások, határfrekvencia, töltésáthaladási idő. A komplementer tranzisztorpár méretezése.
11. Unipoláris eszközök. Schottky dióda, CCD, J-FET, MESFET, vékonyréteg tranzisztor, MNOS és SONOS tranzisztor, lebegő vezérlőelektródás memóriatranzisztor. Működés, jellemzők, felhasználás.
12. Mikrohullámú diódák: pin és alagútdióda, IMPATT és Gunn-dióda. Működés, jellemzők, felhasználás.
13. Foelektromos 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. Fotorezisztor, fotodiódák, fototranzisztor. Napelemek.
14. Heteroeszközök. Heteroátmenetes bipoláris tranzisztor, MESFET, lézer és napelem szerkezetek előnyei a homoátmenetes eszközökkel szemben. HEMT, ballisztikus tranzisztor, kétpotenciálgátás rezonáns alagútdióda.
15. Kristálynövesztés, Czochralski és Bridgman módszer, zónás tisztítás. Folyadékfázisú, gőzfázisú és molekulásugaras epitaxia. Fémek- és szigetelők leválasztása: vákuumpárolgatás, porlasztás. A Si termikus oxidációja. Adalékolás: neutron-transzmutáció, diffúzió, ionimplantáció.
16. Fotolitográfia, elektron- és ionsugaras litográfia, Röntgen litográfia. Kémiai, plazma- és ionsugaras marás. Ellenállás és kapacitás előállítás.
17. A MOS és CMOS technológia alapvető lépései és gyártási folyamatai. A polikristályos Si alkalmazása. Szigetelőn létrehozott Si réteges (Silicon on insulator - SOI) technológia. A Si alapú bipoláris tranzisztor és a GaAs alapú MESFET gyártási folyamata. Kiszerezés, tokozás.
18. Az integrált áramkörök méretcsökkenése. Általános tendencia. Hol tartunk ma? Fizikai határai. Előnyei, hátrányai.
19. Az integrált áramkörök sajátosságai: hőcsatolás, tolerancia, paraziták.
20. Az integrált áramkörök fajtái, osztályozása. Berendezés orientált áramkörök: fajtái, jellemzőik.
21. Az inverter. Transzfer karakterisztika, jelgeneráló képesség, komparálási szint, logikai szint tartományok, jelterjedési idő, párkésleltetési idő, teljesítmény-késleltetés szorzat.

22. Passzív terhelésű MOS inverterek. Trióda és telítéses típusú, kiürítéses terhelésű. Dinamikus inverter.
23. 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. A minimális technológiai méret hatása a működési sebességre. Teljesítmény disszipáció (fogyasztás).
24. Kapuáramkörök. NMOS, PMOS, CMOS átvivő kapu. NMOS és CMOS logikai alap és komplex kapuk, méretezésük. A CMOS meghajtó áramkör és terhelés áramkör kapcsolata, egyiknek a másiktól történő megszerkesztése.
25. MOS tárolók. SR flip-flop, D-latch, MS és dinamikus MS tároló.
26. Memóriák. EPROM - FAMOS, EEPROM. MOS RAM és DRAM.
27. MOS multiplexer, dekóder.
- 28., Analóg áramkörök. Diódként kapcsolt MOS, feszültség referencia, áramtükrös, erősítő, differenciál erősítő. A feszültségvezérelt oszcillátor elve.
29. MOS digitális analóg konverter, analóg-digitális konverter, sample and hold egység.
30. Bemeneti és kimeneti áramkörök. A nagyfeszültségű MOSFET. Háromállapotú inverter. Bus hold áramkör. Az integrált áramkörök bemeneti védelme.
31. Az integrált áramkörök tesztelése. Hibamodellek, tesztvektorok, eredményvektorok. Beépített segédáramkörök, önteszt.
32. Az integrált áramkörök tervezése. Az áramkör típusának kiválasztása. A tervezés folyamatábrája, lépései. Szükséges adathalmazok. Funkcionális tervezés. Áramkör tervezés. Tesztelhetőre tervezés. Szimulációk.
33. Layout (topológia) tervezés. λ -alapú tervezés. Tervezési szabályok. Az áramkörök elhelyezése a chipen. Huzalozás. Maszksorozat készítése. A kihozatal és a chipterület összefüggése.
34. Programozható logikai eszközök. Felépítés, működési elv, programozás.