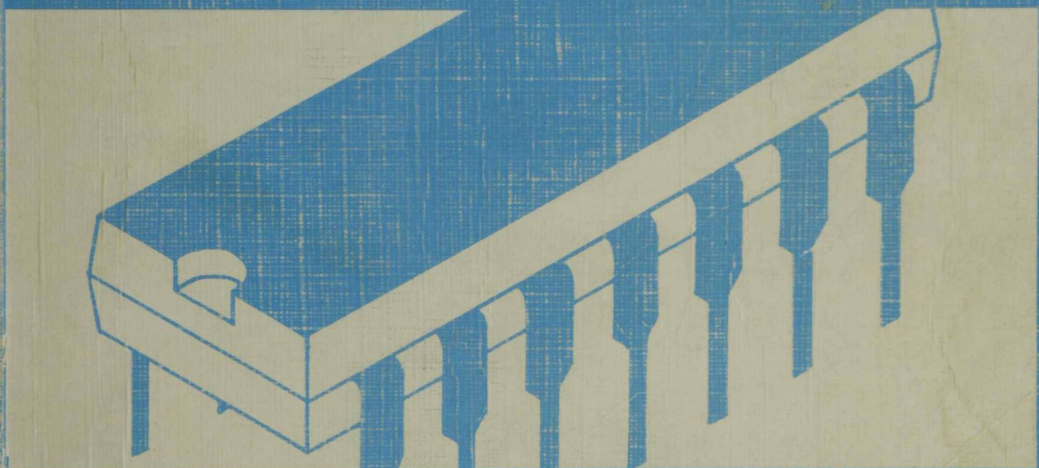


# ELEKTROONIKA- KOMPONENDID



LEMBIT ABO

LEMBIT ABO

---

**ELEKTROONIKA-  
KOMPONENDID**

---

TALLINN 1997

Trükiks ettevalmistamisel vaatasid käsikirja läbi Tallinna Tehnikaülikooli rakenduselektronika õpetooli professorid Vello Männama ja Enn Velme; autor on neile tänulik kõigi paranduste, täpsustuste ja täiendusettepanekute eest.

Käsiraamatus selgitatakse elektroonikaseadmete põhiliste aktiivelementide, nagu diodide, transistoride, integraallülituste, optoelektronseadiste, samuti passiivkomponentide (takistid, kondensaatorid, poolid, filtrid, valjuhääldid, mikrofonid, kontaktseadised), toitepatareide ja akude ehitust ning talitlust. Esitatakse seadiste olulisimad kasutamisujuhised ning tabelite kujul rohkesti andmenäiteid koos sokeldus- ja ühendamisskeemidega.

Raamat neile, kes oma huvialal või kutsetöös puutuvad kokku elektroonikalülituste korrastamise, täiustamise ning käitusega ja tunnevad elektrotehnika põhimõisteid.

---

## SISUKORD

---

<b>1. Diodid ja türistorid</b>	
1.1. Pooljuhtseadiste siirded	7
1.2. Alaldus- ja lülitidiodid	12
1.3. Stabilitronid	13
1.4. Mahtvusdiodid	15
1.5. Dioditüüpide tähistussüsteemid	16
1.6. Dioditüüpide värvimarkeering	18
1.7. Diodide kasutamine	18
1.8. Türistorid	28
1.8.1. Diodtüristor	28
1.8.2. Triodtüristor	29
1.8.3. Sümmetriline türistor	30
1.8.4. Vastujuhtiv türistor	31
1.8.5. Hübriidtüristor	31
1.8.6. Türistoride tähistussüsteeme	32
<b>2. Transistorid</b>	
2.1. Bipolaartransistorid	37
2.1.1. Struktuur ja talitus	37
2.1.2. Ühendusviisid	40
2.1.3. Töörežiimid	40
2.2. Bipolaartransistori parameetrid	41
2.2.1. Piirparameetrid	41
2.2.2. Jääkvoolud	43
2.2.3. Transistori võimendusomadused	44
2.2.4. Mürategur	45
2.2.5. Lülitirežiimi parameetrid	45
2.2.6. Siirete mahtvused	46
2.3. Väljatransistorid	46
2.3.1. Ülevaade	47
2.3.2. pn-väljatransistor	49
2.3.3. Schottky barjääriga transistor	48
2.3.4. MOP-transistor	49
2.3.5. Parameetrid	51
2.4. Transistoride tähistussüsteemid	51
2.5. Kasutamishühiseid	52
2.6. Transistoride andmed	53

<b>3. Integraallülitused</b>	
3.1. Ülevaade	79
3.2. Planaartehnoloogia põhietapid	80
3.3. Korpuste liigid	82
3.4. Tähistussüsteemid	82
3.5. Firmade tunnustähed IL-i tüübitähises	85
3.6. Eri tootjate sama otstarbega integraallülitusi	88
3.7. Analooqlülitused	94
3.7.1. Operatsioonvõimendid	94
3.7.2. Helisagedusvõimendid	100
3.7.3. Pingestabilisaatorid	113
3.8. Loogikalülitused	118
3.8.1. Põhiparameetrid	118
3.8.2. TTL-lülitused	119
3.8.3. KMOP-loogikalülitused	120
3.8.4. Loogikaelemendid	122
3.8.5. Trigerid	122
3.8.6. Liitlülitusi	123
3.8.7. Loogikakomponentide sokeldus	124
3.9. Integraalkomponentide kasutamine	128
<b>4. Optoelektronseadised</b>	
4.1. Ülevaade	128
4.2. Optoelektronilised kiirgusallikad	130
4.2.1. Valgusdiodid	130
4.2.2. Laserdiodid	134
4.3. Optoelektronilised kiirgusvastuvõtjad	135
4.3.1. Fototakisti	135
4.3.2. Fotodiodid	136
4.3.3. Fototransistor	138
4.3.4. Fototüristor	138
4.4. Optronid	139
4.5. Valgusdiodindikaatorid	141
4.6. Vedelkristallindikaatorid	142
4.7. Vaakumluminestsentsindikaatorid	145
<b>5. Elektronikiiretorud</b>	
5.1. Üldiseloostus	147
5.2. Mustvalgekineskoobid	148
5.3. Värvikineskoobid	149
5.4. Kuvaritoud	152
<b>6. Takistid</b>	
6.1. Liigitus ja üldandmeid	154

---

6.2. Põhiparameetrid	155
6.3. Markeering takistitel	159
6.4. Tüübitähised	162
6.5. Takistite kasutamine	163
6.6. Mittelineaartakistid	164
6.6.1. Varistor	164
6.6.2. Termistor	165
<b>7. Kondensaatorid</b>	
7.1. Liigitus ja üldandmeid	167
7.2. Põhiparameetrid	169
7.3. Markeering kondensaatoritel	172
7.4. Tüübitähised	174
7.5. Kasutamine	176
<b>8. Induktiiv- ja filterelemendid</b>	
8.1. Poolide üldandmeid	177
8.1.1. Ehitus ja liigid	177
8.1.2. Parameetrid	178
8.1.3. Magnetsüdamikud	179
8.2. Poolide arvutus	180
8.2.1. Sirge ümarjuhe	180
8.2.2. Ühekihiline pool	180
8.2.3. Mitmekihiline pool	181
8.2.4. Ringspiraalne lamepool	181
8.2.5. Ruutspiraalne lamepool	182
8.2.6. Ferriidist rõngassüdamikuga pool	183
8.2.7. Ferriidist või raudkarbonüülist häälestus- südamikuga pool	183
8.2.8. Ferriidist ummissüdamikuga pool	183
8.2.9. Diamagnetilise häälestussüdamikuga pool	184
8.2.10. Varjestatud pool	184
8.3. Detsimeeterlaineresonaatorid	185
8.4. Elektromehaaniliste muunduritega filtrid	187
8.4.1. Magnetostriksiioonfilter	187
8.4.2. Piesoelektriline filter	187
8.4.3. Kvartsresonaator	188
8.4.4. Piesokeraamilised filtrid	188
8.5. Akustoelektroonilised filtrid ja viitliinid	189
8.5.1. Akustoelektrooniline filter	189
8.5.2. Viitliin	190
<b>9. Trafod</b>	
9.1. Üldiseloomustus	191
9.2. Toitetrafo arvutus	193

---

<b>10. Elektroakustikaseadised</b>	
10.1. Valjuhääldid	196
10.1.1. Põhimõte ja ehitus	196
10.1.2. Parameetrid	299
10.1.3. Kuularid	201
10.1.4. Elektrodünaamiliste valjuhääldite andmed	201
10.2. Mikrofonid	203
10.2.1. Liigid ja tööpõhimõte	203
10.2.2. Parameetrid	205
<b>11. Kontaktseadised</b>	
11.1. Elektromehaanilised releed	210
11.2. Optoelektronreleed	214
11.3. Pistmikud	215
<b>12. Keemilised vooluallikad</b>	
12.1. Üldiseloostus	219
12.2. Galvaanielemendid ja -patareid	219
12.2.1. Parameetrid	219
12.2.2. Leclanché elemendid	222
12.2.3. Leeliselemendid	223
12.2.4. Hõbeoksiidelemendid	223
12.2.5. Liitiumelemendid	224
12.3. Galvaanielementide kasutamine	225
12.4. Nikkelkaadmiumakud	226
Kasutatud kirjandus	228
<b>LISAD</b>	
Elektriskeemide tingmärke	229
Lühendeid	231
Terminiregister	234

---

# 1. DIOODID JA TÜRISTORID

---

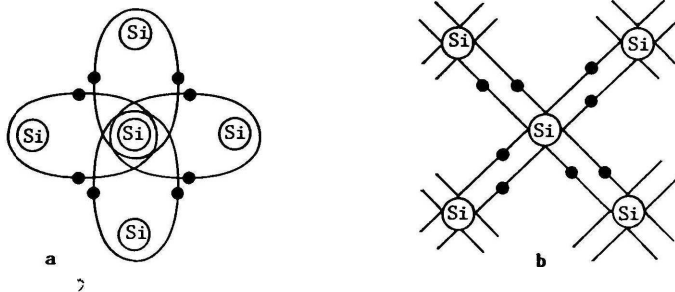
## 1.1. POOLJUHTSEADISTE SIIRDED

Enamiku dioodide ja ka paljude muude pooljuhtseadiste talitlus põhineb pn-siirde omadustel.

Nagu füüsikast teada, on pooljuhid ained, mis elektri-juhtivuselt asuvad elektrijuhtide ja dielektrikute vahepeal. Pooljuhttehnikas kasutatakse lähtematerjalina peamiselt neljavalentset elementi räni (Si) ning 3- ja 5-valentsete ainete ühendit galliumarseniidi (GaAs), vähemal määral neljavalentset germaaniumi (Ge). Neis ainetes paiknevad aatomid või molekulid üksteise suhtes korrapäraselt, moodustades kristallivõre.

Räni ja germaaniumi iga aatomi väliskihis on neli valentselektroni, milledest igaks tiirleb ühtlasi ümber naaberaatomi (j.1.1 a). Nii viisi iga aatomipaari ümber tiirlevad kaks valentselektroni moodustavad kovalentsideme. Tasapinnas kujutatakse kovalentsidemeid aatomivaheliste joontega (j. 1.1 b).

Absoluutsest nullist kõrgemal temperatuuril lahkeb osa valentselektrone aatomist, muutudes vabadeks elektronideks. Lahkunud elektroni kohta kovalentsidemes nimetatakse auguks. Auku võib kujutleda laengukandjana, millel on elektroni laenguga võrdne, kuid märgilt vastupidine positiivne laeng. Auku võib täita teisest kovalentsidemest



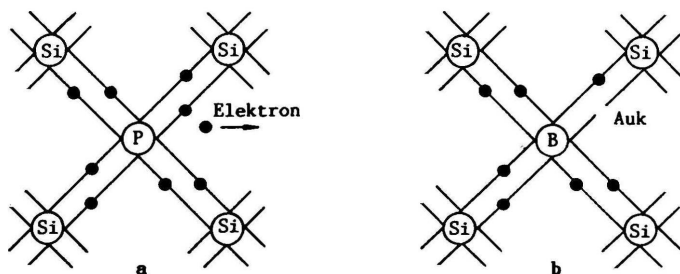
J.1.1. Räni aatomi kovalentsidemed (a) ja kristallivõre tasapinnaline kujutis (b)

eraldunud elektron, s.t. toimub elektroni ja augu rekombinatsioon. Seega põhjustab elektronide üleminek ühest sidemest teise aukude vastassuunalise liikumise. Puhtras pooljuhis on vabade elektronide arv võrdne aukude arvuga, sest kovalentsideme katkemisel moodustuvad paarikaupa üks vaba elektron ja auk. Niisuguse puhtpooljuhi elektrijuhtivus – omajuhtivus – on madalal temperatuuril lähedane dielektriku omale. Temperatuuri tõustes kasvab vabade e. juhtivuselektronide hulk kiiresti ning vastavalt väheneb pooljuhi eritakistus.

Enamiku pooljuhtseadiste talitluseks on vaja, et pooljuhi ühes piirkonnas oleks vabade elektronide, teises aukude ülekaal. Sellise olukorra saab luua sobiva lisandaine aatomite legeerimise (manustamise) teel pooljuhi kristallivõresse.

Kui asendada räni kristallivõres põhiaine aatom sellise aine aatomiga, millel on viis valentselektroni, siis neli neist kulub vajalike kovalentsidemete moodustamiseks, viies aga jääb vabaks ja võib teatud tingimustel aatomist eemalduda (j.1.2 a). Lisandi aatom muutub siis positiivseks iooniks. Niisuguseid lisandaineid, mis annavad pooljuhile juhtivuselektrone, nimetatakse doonoreiks (lad. 'donore' annetama). Doonorlisandaina kasutatakse viievalentseid elemente, nt. fosforit. Seejuures on tähtis, et juhtivuselektronide arvu oluliseks suurendamiseks on vaja väga väikest lisandikogust. Nii vähendab 1 mikrogramm fosforit 50 grammis ränis selle materjali eritakistust 100 000-kordselt.

Viievalentse ainega legeeritud pooljuhis on niisiis põhilisteks elektrivoolu kandjaks elektronid. Auke on

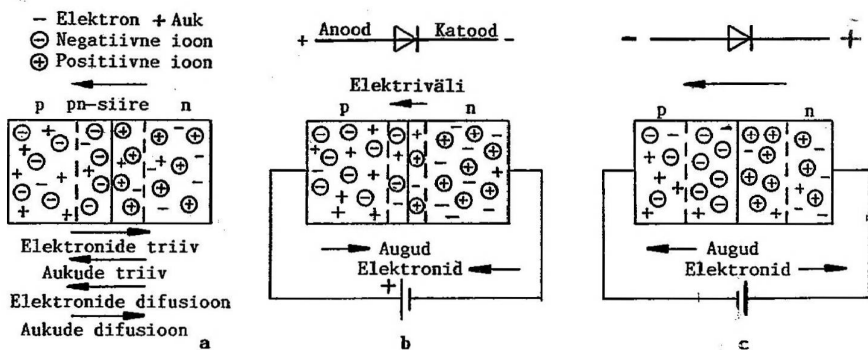


J.1.2. Viievalentse (a) ja kolmevalentse (b) lisandaine aatom pooljuhi kristallivõres

selles ainult sedavõrd, kuivõrd neid tekib põhiaine aatomite kovalentsidemete katkemise tõttu termilise või mõne muu mõju, nt. valguskiirguse tagajärjel. Liikuvaid laengukandjaid, mis on pooljuhis ülekaalus (vaadeldaval juhul elektrone), nimetatakse enamuslaengukandjaks ning vastasmärgilisi vähemuslaengukandjaks. Pooljuhti, kus enamuslaengukandjad on negatiivse laenguga, nimetatakse n-pooljuhiks ja tema juhtivust elektronjuhtivuseks.

Pooljuhi kristalli kolmevalentsete ainete (nt.boori) aatomite sisestamisel moodustavad need kovalentsideid üksnes põhiaine kolme aatomiga, kusjuures põhiaine neljanda aatomiga jääb side katkenuks (j.1.2 b). Niisiis moodustub auk, mille võib hõivata mõni vaba elektron. Et kolme kovalentsidemega lisandiaatom on elektriliselt neutraalne, muudab augu lahkumine (elektroniga täitumine) selle aatomi negatiivselt laetuks, s.o. negatiivseks iooniks. Neid lisandaineid, mis hõivavad kristallivõres elektrone, nimetatakse aktseptoreiks (lad. 'acceptor' vastuvõtja). Enamuslaengukandjaks on nüüd augud. Et neil on positiivne laeng, nimetatakse sellist materjali p-pooljuhiks. Sel juhul on tegemist aukjuhtivusega.

Vaatleme olukorda, kus pooljuhi kristalli ühes osas on tekitatud n-juhtivusega piirkond ja kohe selle kõrval p-piirkond (j.1.3 a); siis tingituna asjaolust, et elektronide kontsentratsioon on n-piirkonnas mitu suurusjärku suurem kui p-piirkonnas, tungib teatud osa kaootilises soojusliikumises olevaid elektrone sealt p-piirkonda. Seda nähtust nimetatakse difusiooniks. Samuti difundeeruvad augud oma paiknemistiheduse ühtlustamiseks p-piirkonnast n-piirkonda.



J.1.3. Pingestamata (a), päripingestatud (b) ja vastupingestatud (c) pn-siire

See protsess ei saa siiski kulgeda kumbagi liiki laengukandjate kontsentratsiooni ühtlustumiseni kogu kristalli struktuuris. Nimelt jääb n-piirkonnast lahkunud elektronidest maha nendega võrdne arv positiivseid paigeseid doonorioone, nagu ka p-piirkonnast eemalduvate aukude tõttu tekivad seal aktseptorioonid. Järelikult tekib n- ja p-piirkondade eralduspiiri juures n-juhtivusega materjalis positiivne ruumlaeng ning p-materjalis negatiivne ruumlaeng. Need liikumatute ioonide vastasmärgiliste laengutega piirkonnad moodustavad kristalli sees elektrivälja – potentsiaalibarjääri, mis paneb piiri laengukandjate edasisele difusioonile. Vastasmärgiliste lisandioonide piirkonnad eri juhtivusega pooljuhiosade eralduspinna juures moodustavad niisiis laengukandjaist vaese tõkkekihi, mida nimetatakse pn-siirdeks.

Vähemuslaengukandjaile (p-piirkonna elektronidele ja n-piirkonna aukudele) mõjub väli kiirendavalt ning nad läbivad siirde takistamatult. Nende laengute liikumine moodustab triivoolu. Ka väike osa enamuslaengukandjaid läbib oma suure soojusliku liikumisenergia tõttu siirde selle välja tõkestavast toimest hoolimata. Nii kujuneb difusioonvool. Väliste pinge puudumisel on nimetatud vastassuunalised voolud võrdsed ja nende summa null.

Enamasti valmistatakse siirded ebasümmetrisena, mis puhul ühes piirkonnas on enamuslaengukandjate kontsentratsioon sadu või tuhandeid kordi suurem kui teises.

pn-diodidel on enamasti tugevamini legeeritud p-juhtivusega piirkond; seda nimetatakse ka emitteriks. Vähemlegeeritud (vaadeldaval juhul n-) piirkond on siis baas.

Triiv- ja difusioonvoolu tasakaal kaob pn-siirde pingestamisel. Kui ühendada p-juhtivusega piirkond (diodil nimetatakse seda siis anoodiks) vooluallika positiivse poolusega ja n-juhtivusega piirkond (katoos) negatiivse poolusega, s.t. rakendada siirdele päripinge (j.1.3 b), mõjub väline elektriväli sisemisele vastu, alandades potentsiaalibarjääri. Seetõttu on rohkem elektrone suutelised difundeeruma läbi tõkkekihi p-piirkonda; samal põhjusel tugevneb ka aukude difusioon vastassuunas.

Resulteeriv difusioonvool on juba madalal pingel (u. 0,4 V Ge- ja 0,8 V Si-siirde korral) küllalt tugev. Et nii elektronid kui augud difundeeruvad piirkonda, kus nad osutavad vähemuslaengukandjaiks, on tegemist vähemuslaengukandjate injektsiooniga.

Siirdele vastupinge rakendamisel (j.1.3 c) liitub väline elektriväli siirde oma väljaga samasuunaliselt. Tulemusena muutub barjäär sedavõrd kõrgeks, et enamuslaengukandjate difusioon lakkab. Vähemuslaengukandjad

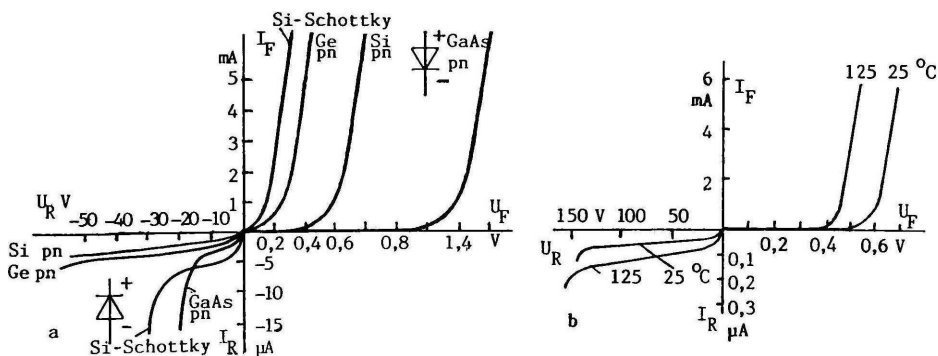
läbivad siirde küll takistamatult, kuid et neid tekib toatemperatuuril vähe, jääb vastuvool nõrgaks.

Niisiis on pn-siirdel ventiiliomadus: päripingestatud siiret läbib tugev vool. Siirdele rakendatava pinge polaarsuse muutmisel, s.o. siirde vastupingestamisel tema takistus kasvab järsult ning siiret läbib vaid nõrk soojuslik lekkevool. Seda omadust kasutatakse nt. vahelduvvoolu alaldamiseks.

Siirde päriivool sõltub pingest ligikaudu eksponentsiaalselt (j.1.4 a). Vastuvool tugevneb pinge tõstmisel algul aeglaselt, alates teatud piirpingest – läbilöögi-pingest – kiiresti. Samuti kasvab vastuvool kiiresti siirde soojenemisel, sest suureneb vähemuslaengukandjate arv (j.1.4 b). Ka päriivool tugevneb temperatuuri tõustes. Seejuures on päripinge temperatuuritegur negatiivne, u. -2 mV/K, s.t. püsiva päriivoolu korral alaneb päripingelang siirdel 2 mV temperatuuri tõusu iga kraadi kohta.

Sõltuvalt pn-siirdes toimuvatest füüsikalistest nähtustest eristatakse selle soojus-, laviin- ja tunnelli läbilööki. Soojusläbilööki on tingitud ülemäärase soojuse eraldumisest siiret läbiva voolu toimel. Soojuse mõjul hakkab siirde temperatuur tõusma, millega kaasneb vastuvoolu tugevnemine, nii et siire kuumeneb veelgi. Temperatuuri tõusul üle lubatava väärtuse (Si-siirde korral nt. 150, GaAs – 125, Ge – 85 °C), siirde struktuur hävib.

Laviinläbilööki rajaneb laengukandjate laviinitaolisel paljunemisel tugeva elektrivälja toimel: siiret vastusunas läbides omandavad nad sedavõrd lisaenergiat, et on suutelised moodustama uusi elektron-auk-paare.



J.1.4. Eri siirte pinge-voolu tunnusjooned (a) ja Si-pn-siirde UI-tunnusjooned eri temperatuuridel (b)

Tunnelläbilöök (Zeneri efekt) põhineb kvantmehaanikast tuntud tunnelfiektil; sel juhul läbivad laengukandjad tõkkekihi, ilma et nende energia seejuures muutuks.

Peale pn-siirde saab pooljuhtides luua ka teistsuguseid piirkondi, kus laengukandjate kontsentratsioonid tugevasti erinevad. Nt. pi- või ni-siirdes on ühes piirkonnas pooljuhil omajuhtivus  $i$  (sõnast 'intrinsic'), külgnevas piirkonnas aga p- või n-tüüpi lisandjuhtivus.

Kui pooljuhi ühes kihis on enamuslaengukandjaid tuhandeid kordi rohkem kui samatüübilise juhtivusega naaberkihis, kujuneb nende kihtide vahel p<sup>+</sup>p- või n<sup>+</sup>n-siire.

Siire võib kujuneda ka metalli ja pooljuhi kontakt-pinnas. (See nähtus, mida matemaatiliselt kirjeldas W. Schottky 1938. a., on tuntud juba kristalldetektori ajast). Harilikult kasutatakse sellist n-pooljuhti, mille elektronide väljumistöö on väiksem kui metallil (väljumistöö on vähim energia elektronvoltides, mis on vajalik elektroni väljutamiseks ainest). Sel juhul difundeeruvad elektronid põhiliselt pooljuhist metalli ja pooljuhi piirikihis moodustub enamuslaengukandjaist (elektronidest) vaene kiht, mida nimetatakse Schottky siirdeks e. barjääriks. Selle kihi paksus sõltub siirdele rakendatava pinge polaarsusest, nii et siirdel on ventiilitoime.

Schottky barjääriga diode kasutatakse loogika-integraallülitustes, ülikõrgsagedussignaali võimendamiseks, segustamiseks ja detekteerimiseks, samuti kiire lülitina.

Heterosiire on üleminekukiht kahe erisuguse keemilise koostisega pooljuhtmaterjali vahel. Materjalidel peab olema lähedane kristallstruktuur, et üleminekul tekiks võimalikult vähe struktuuridefekte. Heterosiirde saab moodustada erineva (pn) või ühesuguse juhtivustüübiga (p<sup>+</sup>p, n<sup>+</sup>n) materjalide vahel. Heterosiirdeid kasutatakse nt. valgus-, foto- ja laserdiodides.

Pooljuhtseadiste siirdeid valmistatakse peamiselt planaarepitaksiaalmenetlusel (lähemalt vt. 3.1).

pn-siirdega diodidest on kõige laiemalt kasutusel alaldus-, lüliti-, stabilisaator- ja mahtvusdiodid.

## 1.2. ALALDUS- JA LÜLITIDIODID

Alaldusdiodid on ette nähtud vahelduvvoolu muundamiseks alalisvooluks; toodetakse ka alaldusplokke, mis sisaldavad enamasti sildlülituses diode.

Lülitidiodid (impulssdiodid) on mõeldud vooluahelate kontaktituks katkestamiseks ja sulgemiseks; nende eriomadus on kiire avanemine ja sulgumine. Mõistagi kõlbavad

lülitidiodid ka kõrgsagedusvoolu alaldamiseks. Alaldus- ja lülitidiodide põhiparameetrid on järgmised.

Suurim lubatav alalisvastupinge on diodi siirdele rakendada lubatava vastupinge suurim väärtus.

Suurim lubatav impulssvastupinge on mistahes kujuga perioodiliste vahelduvvooluimpulsside tippväärtus, ka siinuspinge amplituudiväärtus.

Suurim lubatav alalispäriivool on päriivoolu suurim keskvärtus.

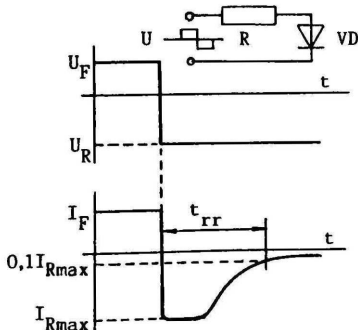
Suurim lubatav impulsspäriivool on päriivoolu suurim hetkväärtus, kui impulsid on etteantud pikkusega.

Suurim alalisvastuvool on etteantud alalisvastupinge korral diodi läbiva voolu suurim esineda võiv väärtus.

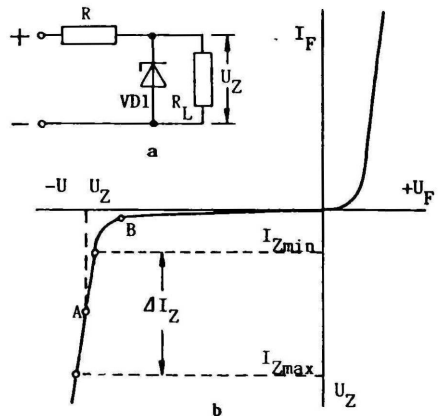
Lülitidiodi vastutakistuse taastumiskestus  $t_{rr}$  on ajavahemik alates hetkest, mil antud päripinge all oleva diodi ümberlülitamisel etteantud vastupingele diodi vool läbib nullväärtuse, kuni hetkeni, mil ümberlülitumisel kujunev vooluimpulss kahaneb etteantud väärtuseni (j.1.5).

### 1.3. STABILITRONID

Stabilitron (ka Zeneri diod, Z-diod) on ränipinddiod, mis hoiab pinge temaga rööbitisel koormusel peaaegu püsivana, kuigi toitepinge või koormustakistus muutub suures ulatuses. Ka vähendab ta alaldatud pinge pulsatsiooni.



J.1.5. Pinge ja voolu kulg diodi ümberlülitamisel vastupingele



J.1.6. Pinge stabiliseerimise skeem (a) ja stabilitroni pinge-voolu tunnusjoon (b)

Stabilitroni talitus põhineb pn-siirde läbilöögil teatud kindlat väärtust ületava vastupinge  $U_Z$  toimel (j.1.6). Siis väheneb järsult dioodi takistus ja vastavalt tugevneb teda läbiv vool. Kui seejuures siirdel hajuv võimsus ei ületa lubatavat maksimaalset väärtust, siis voolu katkemisel dioodi vastutakistus taastub, s.t. sel juhul läbilöök stabilitroni ei riku.

Siirde tugevalt legeeritud p- ja n-piirkondade vahel toimub tunnelläbilöök. Et seejuures moodustunud pn-siire on väga õhuke (u. 10 nm), siis on stabiliseerpinge madal. Suhteliselt vähe lisandeid sisaldavate piirkondadega siirdes tekib laviinläbilöök; sel juhul on stabiliseerpinge kõrgem. Tunnel- ja laviinläbilöögi piir on 6 V ringis.

Stabilitroni tööpunkt valitakse pinge-voolu tunnusjoone järsult langeva vastuharu sirgosal (nt. punkt A). Tüüpilises stabiliseerimisskeemis sisalduv piiramistakisti R võetakse niisuguse väärtusega, et stabilitroni läbiv vool ei saaks ületada suurimat lubatavat väärtust  $I_{Zmax}$ .

Vajaliku stabiliseerpinge saamiseks võib ühesuguse piir-hajuvõimsusega stabilitrone ühendada jadamisi, nt.  $5,6 + 6,2 = 11,8$  V.

Et ränidiodi pinge-voolu tunnusjoone päriharu on samuti järsult tõusev, saab dioodi ka pärisuunas ühendatuna kasutada 0,6...1-V püsiva pinge saamiseks. Selleks toodetavaid seadiseid nimetatakse stabistorideks. Tööpunkt valitakse siin pinge-voolu tunnusjoone päriharu järsult tõusval osal. Seega tuleb diodid ühendada toiteahelasse pärisuunas. Kõrgema stabiliseerpinge saamiseks paigutatakse ühte korpuse 2 või 3 dioodi.

Stabilitronide seas moodustavad omatehte rühmad täppis-, impulss- ja kaheanoodilised seadised.

Täppisstabilitronide stabiliseerpinge sõltub väga vähe temperatuurist. Selle saavutamiseks on neis stabiliseeriva siirdega järjestikku kaks päripingestatavat siiret. Kui stabiliseeriv siire töötab laviinläbilöögi režiimis, siis temperatuuri tõustes pinge temal kasvab, päripingestatud siiretel aga väheneb, nii et stabilitroni üldine stabiliseerpinge temperatuurist peaaegu ei sõltu.

Impulss-stabilitronid on mõeldud pingeimpulsside piiramiseks. Sel juhul valitakse tööpunkt B pinge-voolu tunnusjoonel veidi enne läbilööginget.

Kaheanoodilisi stabilitrone kasutatakse pinge kahepoolseks piiramiseks, nt. elektriahela elementide kaitseks mõlemasuunaliste liigpingete eest. Nii moodustub kaks vastuühenduses pn-siiret. Viikudega ühendatakse ainult siirete välimised piirkonnad, s.o. anoodid. Seega stabilitroni pingestamisel töötab kummagi polaarsuse korral üks

siire läbilöögi ning teine temperatuurkompensatsiooni režiimis.

Stabilitronide iseloomulikud parameetrid on järgmised.

Stabiliseerpinge  $U_Z$  on stabilitronil tekkiv pinge, kui teda läbib nimistabiliseervool  $I_{Zn}$ .

Vähim lubatav stabiliseervool  $I_{Zmin}$  on stabiliseervoolu vähim väärtus, mille korral läbilöögirežiim on veel stabiilne. Suurim lubatav stabiliseervool  $I_{Zmax}$  on stabiliseervoolu suurim väärtus, mille puhul stabilitron veel ülemäära ei kuumene.

Diferentsiaaltakistus  $r_Z$  tööpunktis on stabilitroni vahelduvvoolutakistus tööpiirkonnas:  $r_Z = \Delta U_Z / \Delta I_Z$ .

Kui nt. stabilitroni läbiva voolu muutumisel 1 mA võrra muutub stabiliseerpinge 25 mV, siis  $r_Z = 0,025/0,001 = 25 \Omega$ .

Pinge temperatuuritegur  $\alpha_{UZ}$  näitab stabiliseerpinge suhtelist muutust protsentides 1K(-kraadise) temperatuurivahe kohta. Kui nt.  $\alpha_{UZ} = +0,1 \text{ \%}/K$  ja  $U_Z = 9,1 \text{ V}$ , siis temperatuuri tõustes  $\Delta T = 20 \text{ K}$  võrra suureneb stabiliseeritav pinge  $\Delta U_Z = \alpha_{UZ} U_Z \Delta T / 100 = 0,1 \cdot 9,1 \cdot 20 / 100 = 0,18 \text{ V}$ .

Temperatuuriteguri väljendatakse ka stabiliseerpinge muutusena millivoltides kraadi kohta. Olgu nt. temperatuuril  $20^\circ C$   $U_Z = 9,1 \text{ V}$  ja  $\alpha_{UZ} +4 \text{ mV}/K$ ; siis ümbrustemperatuuril  $50^\circ C$   $U_Z = 9,1 + (50 - 20)0,004 = 9,22 \text{ V}$ .

Temperatuuritegur on tunnelläbilöögiga stabilitronidel negatiivne ja laviinläbilöögil põhinevatel diodidel positiivne, olles seega minimaalne 5...7-voldise stabiliseerpinge korral. Täppisstabilitronidel võib see tegur olla sõltuvalt sisemise temperatuurkompensatsiooni määrast positiivne või negatiivne.

#### 1.4. MAHTUVUSDIOODID

Mahtuvusdiod e. varikap on ränipinddiod, mille puhul kasutatakse diodi p- ja n-piirkonna vahelise mahtuvuse sõltuvust vastupingest. Mahtuvuse katteteguri suurendamiseks rakendatakse mitmekihilisi struktuure, nt. pnn<sup>+</sup>.

Diod toimib siin elektriliselt tüüritava muutkondensaatorina, mille elektrodidevahelise dielektriku - diodi tõkkekihi paksus suureneb vastupinge tõstmisel (j.1.7 a).

Ülikõrgsagedustel kasutatakse muutkondensaatorina Schottky barjääriga diodi.

Mahtvusdiodi põhirakendusala on võnkeringide häälestamine soovitud sagedusele (j.1.7 b). Sageli kasutatakse selleks kahest vastuühenduses diodist koosnevat lülitust, mille puhul on välditud mahtvuse muutus signaalipinge taktis (j.1.7 c).

Mahtvusdiodi eriomased parameetrid on järgmised.

Nimimahtvus  $C_{tot n}$  on diodi mahtvus teatud väikesel vastupingel  $U_R$ .

Mahtvuse kattetegur  $k_C = C_{totU1}/C_{totU2}$  väljendab nimi-mahtvuse ja suurimale lubatavale vastupingele  $U_{Rmax}$  vastava pinge korral ilmneva mahtvuse suhet.

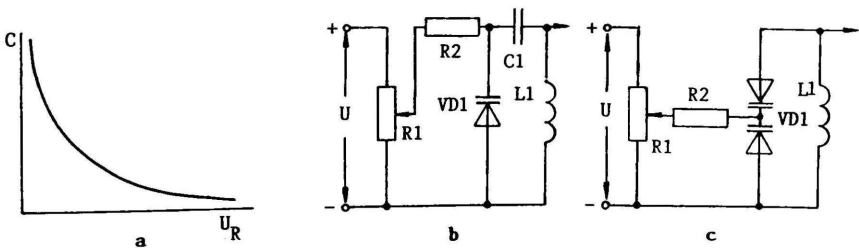
Hüvetegur  $Q = X_C/R_k$ , kus  $X_C$  on mahtvusdiodi reaktiivtakistus ja  $R_k$  kaotakistus. Siirde temperatuuri tõustes väheneb hüvetegur märgatavalt.

Mahtvuse temperatuuritegur  $\alpha_C = \Delta C/(C_{totn} \Delta T)$  1/K, kus  $\Delta C$  on temperatuurimuutusest  $\Delta T$  tingitud mahtvusemuutus. See tegur on enamikul diodidel  $+(1...5) \cdot 10^{-4}$  1/K.

## 1.5. DIOODITÜÜPIDE TÄHISTUSSÜSTEEMID

Pooljuhtseadiste tüüpide tähistamisel on levinuim USA süsteem JEDEC, Euroopas selle kõrval ka Pro Electron. Peale nende kasutavad firmad mitmesuguseid oma süsteeme.

Ülevaatlikkuse mõttes esitatakse siin mõnede süsteemide markeering näitena ja selle elemendid gruppina (tegelikult vahed tähisegruppide vahel puuduvad).



J.1.7. Diodi mahtvuse sõltuvus vastupingest (a); võnkeringi häälestamine varikapiga (b) ja diodmaatriksiga (c)

**Euroopa süsteem Pro Electron**

A A 113  
 B ZY 88 -C 4V7  
 B YX 83 -200

Materjal (A germaanium, B räni, C galliumarseniid, D indiumantimoniid, R siirdeta pooljuhtseadised)

Liik (nt. A üldotstarbeline, B mahtvusdiod, P fotodiod, Q valgusdiod, T türistor, X mahtvusdiod, Y suure võimsusega alaldusdiod, Z stabilitron); 3. tähel (tähestiku lõpust alates) pole sisutähendust

Tüübi järjenumbr

Stabilitroni stabiliseerpinge tolerants (A +/-1 %, B +/-2 %, C +/-5 %, D +/-10 %)

Stabilitroni nimi-stabiliseerpinge (kui see on kümnendmurd, seisab koma kohal täht V); alaldusdiodi suurim vastupinge

**USA süsteem JEDEC**

1N 2290 A

Dioodi tähis

Elektroonikatööstus Assotsiatsiooni (IEA) registreerimisnumber

Tüübiteisend

**Jaapani süsteem**

1S 2033 A

Dioodi tähis

Registreerimisnumber

Täiustatud teisend või eriomadused

**Vene süsteem**

K Д 4 11 B  
 2 B 1 24 A

Materjal (Г või 1 germaanium; K või 2 räni; A või 3 galliumiühend; numbriga algav tüüp on mõne parameetri poolest parem kui tähega algav analoog)

Liik (A ülikõrgsagedusdiodid; B mahtvusdiodid; Д alaldus-, lüliti- jt. diodid; И valgusdiodid; O optopaarid; C stabilitronid; У alaldusplokid)

Esitatud liiki kuuluvate diodide otstarve või elektrilised omadused (nt. liik A: 1, 2, 5, 6 ja 7 vastavalt segustus-, detektor-, lüliti-, kordistus- ja generaatoridiodid; liik Д: 1 ja 2 päriool vastavalt kuni 0,3 ja 10 A, 4, 5, 6, 7 ja 8 lülitidiodid, mille t<sub>rr</sub> on vastavalt >500, 150...500, 30...150, 5...30 ja 1...5 ns; liik C: 1, 2 ja 3 hajuvõimsus P<sub>max</sub> <0,3 W ning stabiliseerpinge

U<sub>Z</sub> vastavalt <10, 10...100 ja >100 V; 4, 5 ja 6 P<sub>max</sub> = 0,3...5 W ning U<sub>Z</sub> <10, 10...100 ja >100 V; 7, 8 ja 9 P<sub>max</sub> 5...10 W ning U<sub>Z</sub> <10, 10...100 ja >100 V; liik U:

3 ja 4 päriool vastavalt kuni 0,3 ja 10 A)

Tüübi järjenumbr (stabilitronidel väljendab see enamasti stabiliseerpinget, kusjuures pingel <10 V tuleb panna numbrita vahele koma, nt. KC191A U<sub>Z</sub> 9,1 V

Teisend mõne parameetri poolest

## 1.6. DIODITÜÜPIDE TÄHISTUSE VÄRVIMARKEERING

Väikeste dioodide tüüpe tähistatakse sageli dioodi korpuselise trükitavate värvitappide või -triipudega.

Euroopa süsteemis Pro Electron (j.1.8 a) markeeritakse üldotstarbelisi diode kahe laia triibuga (katoodi pool) ja kahe või kolme kitsa triibuga:

1. lai triip vastab tüübitähise kahele esimesele tähele: AA must, BA punane;

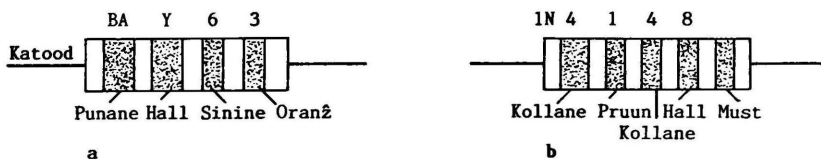
2. lai triip määrab kolmanda tähe: Z valge, Y hall, X must, W sinine; V roheline, T kollane, S oranž;

kitsaste triipude värv vastab numbriile järgmiselt: 0 must, 1 pruun, 2 punane, 3 oranž, 4 kollane, 5 roheline, 6 sinine, 7 lilla, 8 hall, 9 valge.

USA süsteemis JEDEC (j.1.8 b) markeeritakse diode ühe laia (katoodi pool) ja 2...4 kitsa triibuga sõltuvalt sellest, mitmekohaline on registreerimisnumber (numbrite värvikood on sama mis Pro Electroni süsteemis):

kolmekohalise numbriga korral on dioodil 3 triipu vastavalt numbrikoodile;

neljakohalise registreerimisnumbriga korral näitavad 4 esimest triipu numbreid, viies on must.



J. 1.8. Dioodide värvimarkeeringu näiteid

## 1.7. DIODIDE KASUTAMINE

1. Dioodile rakendatav vastupinge ei tohi ületada suurimat lubatavat vastupinget. Kõrgemal pingel toimub tõkkekihi läbilöök. Pika tööea huvides on soovitatav rakendada dioodile lubatavast piirväärtusest 30...50 % madalam pinge.

2. Dioodi tegelikult läbiv päriPOOL peab jääma suurimast lubatavast väärtusest vähemalt 20...30 % madalamaks. Siirde struktuur võib hävida ka väiksemal koormusel, kui dioodil tekkiv soojus ei pääse halva soojusvahetuse tõttu ümbritsevasse keskkonda. Soojuse paremaks eemalejuhtimiseks kinnitatakse võimsad pooljuhtseadised jahutusradiaatorile.

3. Diiodi paindviike ei tohi painutada korpusele lähemalt kui 1...3 mm (sõltuvalt tüübist), et mitte diiodi viiku ära murda või diiodi hermeetilisust rikkuda. Painde- raadius peab olema vähemalt võrdne viigu läbimõõdu või paksusega. Sellele vastavalt peavad olema ümardatud painutamiseks kasutatavate lamemokktangide või pintsettide servad. Jäikviike painutada ei tohi.

4. Jootmisel kasutada madalapingelist, eraldustrafo kaudu toidetavat kolbi, millel on peenike, hästi teritatud ja tinatatud tera. Viike puhastada eelnevalt piiritusebensiinini (vahekorras 1:1) seguga. Jootvedelikuna kasutada kampoli piirituslahust (1 osa kampolipuru lahustada 3 osas piirituses). Viiku ümbritseva joodise temperatuur ei tohi tõusta üle 260 °C, seepärast kasutada kergsulavat joodist.

Viiku ei või kuumutada üle 2...3 s; kui jooe ei tulnud korralik, võib jootmist korrata 10 s pärast. Joota tuleb nii, et joodis ega jootvedelik ei valguks korpusele. Jootejäägid eemaldada piiritusse kastetud pintsliga ja jooted katta kaitse lakiga.

5. ÜKS-dioode tuleb kaitsta väliste elektri- ja magnetväljade eest (vt. 2.5); hoida varjestavas eripakendis.

### T.1.1. Lääne firmade diiodide Vene analoogid

Tüüp	Asendat	BAY63	KD509A	BZX55C100B	KC600A	BZY85B3V3	KC133A
		BAY71	KD509A	BZX55C120B	KC620A	BZY85C3V9	KC139A
BA128	KD103A	BAY74	KD509A	BZX58C6V8	KC168A	BZY85C4V7	KC147A
BA317	KD419	BAY89	KD105A	BZX78C51	KC551A	BZY85C6V8	KC168A
BA318	KD419	BB104	KBC111A	BZX83C3V3	KC133A	BZY88C3V3	KC133A
BAV54-30	KD521Г	BB109	KB109A	BZX84C7V5	KC175A	BZY88C4V7	KC147A
BAW62	KD521A	BB109G	KB121A	BZX84C7V8	KC175A	BZY88C5V6	KC156A
BAW63A	KD521Г	BB113	KBC120A	BZX84C9V1	KC191A	BY157	KD105Г
BAX13	KD509A	BB205	KB122A	BZX84C10	KC210B	BY157	KD105Г
BAX52,53	KD906A	BB209	KB123A	BZX84C11	KC211Ж	BYW17-100	KD213Г
BAX63A	KD521Г	BB309	KB130A	BZX85C4V7	KC447A	BYW17-200	KD213
BAX13A	KD509A	BB404	KB107B	BZX85C5V6	KC456A	1N137A	KD519A
BAX80	KD509A	BB405	KB109	BZY56	KC147A	1N138A	ГД511A
BAX91C	KD521A	BB505	KB109	BZY60	KC168A	1N248	KD2997A
BAX95C	KD521A	BBY31	KB109A	BZY83C4V7	KC147A	1N249	KD2999B
BAY38	KD509A	BZX29C4V7	KC447A	BZY83C6V8	KC168A	1N300B	KD922A
BAY42	KD509A	BZX29C5V6	KC456A	BZY83C6V8	KC168A	1N320	KD209E
BAY45	KD409A	BZX46C3V3	KC133A	BZY83DC4V7	KC147A	1N327	KD401A
BAY46	KD109B	BZX55C3V3	KC133A	BZY83DC6V8	KC168A	1N354	KD104A

1N358	KД212Ж	1N1124	КД212А	1N1986	КC210Б	1N3082	КД205Г
1N388	КД103А	1N1126А	КД411БМ	1N1986А	КC210Ж	1N3083	КД205Б
1N401АМ	КД522А	1N1128	КД209Б	1N1988	КC215Ж	1N3097	КД407А
1N427	КД210В	1N1169	КД205Б	1N1988А	КC215Ж	1N3184	КД205А
1N444	КД205Е	1N1219	КД521Г	1N1989	КC218Ж	1N3193	КД205Л
1N445	КД105В	1N1220	КД521Г	1N1989А	КC218Ж	1N3228	КД205Г
1N483	КД103А	1N1253	КД205Г	1N1990	КC222Ж	1N3229	КД205А
1N533	КД205В	1N1254	КД205Б	1N1990А	КC222Ж	1N3239	КД205Л
1N534	КД205Е	1N1255	КД205Б	1N2022	КД2999А	1N3253	КД205Л
1N535	КД105В	1N1256	КД205Е	1N2034	КC482А	1N3277	КД205Л
1N538	КД205Л	1N1257	КД105В	1N2069А	КД205Л	1N3350	КД226А
1N551	КД205Г	1N1258	КД201И	1N2082	КД205Г	1N3361	КД212А
1N552	КД205В	1N1259	КД105Г	1N2083	КД205В	1N3367	КД209В
1N553	КД205Б	1N1365	КД205Л	1N2084	КД205Б	1N3545	КД205Г
1N554	КД205А	1N1440	КД205Л	1N2085	КД205А	1N3575	КД522Б
1N555	КД205Ж	1N1446	КД208А	1N2086	КД205Ж	1N3600	КД509А
1N560	КД105Г	1N1450	КД208А	1N2092	КД205Л	1N3604	КД521А
1N605	КД205Е	1N1473	КД521Г	1N2105	КД205Л	1N3606	КД521А
1N606А	КД105В	1N1488	КД205Л	1N2260А	КД210Б	1N3607	КД521А
1N625	КД417А	1N1520А	КC456А	1N2261	КД210Б	1N3639	КД205Л
1N840	КД504А	1N1557	КД205Л	1N2289А	КД208А	1N3656	КД205Л
1N866	КД410А	1N1563	КД208А	1N2290А	КД208А	1N3748	КД205Г
1N885	КД410В	1N1582	КЦ410В	1N2349	КД221А	1N3749	КД205Б
1N903А, АМ	КД509А	1N1586	КД202М	1N2391	КД208А	1N3750	КД205Ж
1N903М	КД509Г	1N1617	КД208А	1N2400	КД208А	1N3827	КC456А
1N904	КД521Г	1N1632	КД104А	1N2409	КД208А	1N3827А	КC456А
1N905А, АМ	КД521Г	1N1647	КД205Л	1N2418	КД208А	1N3873	КД509А
1N905М	КД521Г	1N1695	АД112А	1N2482	КД205Л	1N3873Н	КД509А
1N906А, АМ	КД521Г	1N1706	КД205Е	1N2505	КД105Г	1N3954	КД509А
1N906М	КД521Г	1N1709	КД205Г	1N2559	КД412А	1N3981	КД221Б
1N907	КД521Г	1N710	КД205Б	1N2571	КД412Б	1N3982	КД209А
1N908А, АМ	КД509А	1N711	КД205Б	1N2574	КД412А	1N3983	КД209Б
1N914А, В	КД521А	1N712	КД205А	1N2611	КД205Л	1N4001	КД209Д
1N916А, В	КД521А	1N1763	КД205Б	1N2638	КД208А	1N4002	КД104А
1N942	КД212Е	1N1763А	КД202А	1N2705	КЦ410В	1N4005С	КД411БМ
1N993	КД417А	1N1764А	КД205А	1N2708	КЦ409Г	1N4008	КД503А
1N994	ГД107А	1N1765	КC456А	1N2847	КД208А	1N4099	КC168А
1N1031	КД205Г	1N1765А	КC456А	1N2860	КД205Л	1N4142	КЦ409В
1N1032	КД205В	1N1849	КД104А	1N2878	КД205И	1N4147	КД503А
1N1033	КД205Б	1N1888	КC139А	1N2879	КД205И	1N4148	КД521А
1N1041	КЦ412В	1N1927	КC139А	1N3020А	КC510А	1N4149	КД521А
1N1053	КД208А	1N1927А	КC139А	1N3030В	КC527А	1N4151	КД521А
1N1075	КД246Б	1N1931	КC168В	1N3063	КД521А	1N4153	КД521А
1N1082	КД205Л	1N1984	КC168В	1N3064	КД509А	1N4154	КД521А
1N1084	КД205Б	1N1984А	КC168В	1N3064М	КД521А	1N4158	КД521А
1N1085	КД208А	1N1985	КC182А	1N3065	КД521А	1N4305	КД521А
1N1115	КД208А	1N1985А	КC182Б	1N3067	КД521Г	1N4306	КД509А

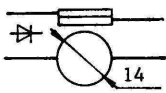
1N4307	KД509А	1N4762	KС591А	1N6478	КП412А	1S1219	КД521Г
1N4365	КД205Л	1N4817	КД208А	1S020	КД208А	1S1220	КД521Г
1N4439	КД210Б	1N5151	КД521А	1S032	КД205Л	1S1221	КД205Г
1N4446	КД521А	1N5215	КД205Г	1S101	КД205Л	1S1230	КД205Б
1N4447	КД521А	1N5216	КД205Б	1S231	КС518А	1S1231	КД205А
1N4448	КД521А	1N5217	КД205Ж	1S312	КД205Г	1S1232	КД205Ж
1N4449	КД521А	1N5318	КД521А	1S313	КД205Б	1S1473	КД521Г
1N4450	КД504А	1N5392	КД208А	1S314	КД205Б	1S1618	КВ129А
1N4454	КД521А	1N5405	КП409Б	1S315	КД205А	1S1619	КВ129А
1N4531	КД521А	1N5406	КД202Р	1S421	КД2997А	1S1763	КВ205Б
1N4532	КД509А	1N5446V	КВ136А	1S425	КД206Б	1S1849	КД208А
1N4622	КС139А	1N5448	КВ138А	1S427	КД210Б	1S1942	КД205Г
1N4624	КС147А	1N5466V	КВ136Б	1S431	КП410	1S1943	КД205Б
1N4655	КС456А	1N5466С	КВ136Г	1S442	КД202Б	1S1944	КД205Ж
1N4661	КС510А	1N5466D	КВ136Г	1S444	КД208А	1S2033	КС133А
1N4686	КС139А	1N5518B,C	КС133А	1S472	КС190А	1S2033А	КС133А
1N4688	КС147А	1N5518D	КС133А	1S544	КД210Б	1S2310	КД105Б
1N4734А	КС456А	1N5720	КД503А	1S558	КД205А	1S7033	КС133А
1N4747	КД503А	1N5770	КД908А	1S559	КД205Б	1S7033А	КС133А

## T.1.2. Alaldusdiodid

$U_{Rmax}$  suurim vastupinge maksimaalse ümbrustemperatuurini (sõltuvalt tüübist 85...130 °C);  $I_{Fmax}$  suurim lubatav alalispäri vool ümbrustemperatuurini 50...85 °C;  $U_F$  alalispingelang  $I_{Fmax}$  korral;  $I_{Rmax}$  alalivastuvoolu enimmäärtus  $U_{Rmax}$  korral (tegelik vastuvool on toatemperatuuril kuni kahe suurusjärgu võrra väiksem);  $f_{max}$  piirsagedus

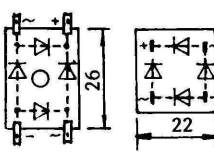
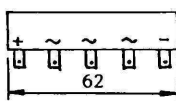
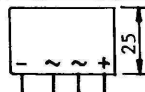
Tüüp	$U_{Rmax}$ V	$I_{Fmax}$ A	$U_F$ V	$I_{Rmax}$ $\mu A$	$f_{max}$ kHz	Täpp, triip	Kuju	
КД102А	300	0,1	1	0,1	4	Roheline		
КД102Б	300	0,1	1	1	4	Sinine		
КД103А	50	0,1	1	1	20	Sinine		
КД103Б	50	0,1	1,2	1	20	Kollane		
КД104А	300	0,01	1	3	20	Punane		
КД105Б	400	0,3	1	100	1	Roheline		
КД105В	600	0,3	1	100	1			
КД105Г	800	0,3	1	100	1			Punane
КД106А	100	0,3	1	10	30			
КД109А	100	0,3	1	100	10	Valge		
КД109Б	300	0,3	1	100	10	Kollane		
КД109В	600	0,3	1	100	10	Roheline		

Tüüp	$U_{Rmax}$ V	$I_{Fmax}$ A	$U_F$ V	$I_{Rmax}$ $\mu A$	$f_{max}$ kHz	Täpp, triip	Kuju
КД205А	500	0,5	1	100	5		
КД205Б	400	0,5	1	100	5		
КД205В	300	0,5	1	100	5		
КД205Г	200	0,5	1	100	5		
КД205Д	100	0,5	1	100	5		
КД205Е	500	0,3	1	100	5		
КД205Ж	600	0,5	1	100	5		
КД205И	700	0,3	1	100	5		
КД205К	100	0,7	1	100	5		
КД205Л	200	0,7	1	100	5		
КД208А	100	1,5	1	100	1		
КД209А	400	0,7	1	100	1		
КД209Б	600	0,5	1	100	1	Roheline	
КД209В	800	0,5	1	100	1	Punane	
КД212А	200	1	1	50	100		
КД212Б	200	1	1,2	100	100		
КД212В	100	1	1	50	100		
КД212Г	100	1	1,2	100	100		
КД213А	200	10	1	50	100		
КД213Б	200	10	1,2	100	100		
КД213В	200	10	1,2	50	100		
КД213Г	100	10	1,2	100	100		
КД221А	100	0,6	1,4	50	50		
КД221Б	200	0,4	1,4	50	50	Valge	
КД221В	400	0,3	1,4	100	50	Roheline	
КД221Г	600	0,3	1,4	150	20	Punane	
КД226А	100	1,7	1,4	50	35	Oranž	
КД226Б	200	1,7	1,4	50	35	Punane	
КД226В	400	1,7	1,4	50	35	Roheline	
КД226Г	600	1,7	1,4	50	35	Kollane	
КД226Д	800	1,7	1,4	50	35	Valge	
КД244А,Б	100	10	1,3	100	200		
КД244В,Г	200	10	1,3	100	200		
КД2994А	200	20	1,3	100	200		
КД2994Б	200	20	1,3	100	200		
КД2994В	200	20	1,3	100	200		
КД2994Г	200	20	1,3	100	200		
КД2997А	250	30	1	200	100		

Tüüp	$U_{Rmax}$ V	$I_{Fmax}$ A	$U_F$ V	$I_{Rmax}$ $\mu A$	$f_{max}$ kHz	Täpp, triip	Kuju
KД2997Б	200	30	1	200	100		
KД2997B	100	30	1	200	100		
KД2999A	250	20	1	200	100		
KД2999Б	200	20	1	200	100		
KД2999B	100	20	1	200	100		

## T.1.3. Alaldusplokid

$U_{RMmax}$  suurim lubatav siinuselise vastupinge amplituud;  $I_{Fmax}$  suurim lubatav alalispäriivool;  $U_{FSmax}$  suurim lühispinge (pinge plokki sisendis, kui väljundahel on lühistatud ja väljundis  $I_{Fmax}$ );  $I_{ROmax}$  suurim tühijooksuvool (vool plokki sisendis, kui väljundahel on katkestatud ja sisendis  $U_{Rmax}$ );  $F_{max}$  piirsagedus

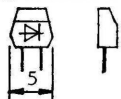
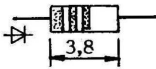
Tüüp	$U_{RMmax}$ V	$I_{Fmax}$ A	$U_{FSmax}$ V	$I_{ROmax}$ $\mu A$	$F_{max}$ kHz	Joonis	
KЦ402A, KЦ405A	600	1	4	125	5		
KЦ402Б, KЦ405Б	500	1	4	125	5		
KЦ402В, KЦ405В	400	1	4	125	5		
KЦ402Г, KЦ405Г	300	1	4	125	5		
KЦ402Д, KЦ405Д	200	1	4	125	5		
KЦ402Е, KЦ405Е	100	1	4	125	5		
KЦ402Ж, KЦ405Ж	600	0,6	4	125	5		
KЦ402И, KЦ405И	500	0,6	4	125	5		
KЦ409A	600	3	2,5	3	1		
KЦ409Б	500	3	2,5	3	1		
KЦ409В	400	3	2,5	3	1		
KЦ409Г	300	3	2,5	3	1		
KЦ409Д	200	3	2,5	3	1		
KЦ409Е	100	3	2,5	3	1		
KЦ409Ж	200	3	2,5	3	1		
KЦ409И	100	3	2,5	3	1		
KЦ410A	50	3	1,2	50			
KЦ410Б	100	3	1,2	50			
KЦ410В	200	3	1,2	50			

Tüüp	$U_{RMmax}$ V	$I_{Fmax}$ A	$U_{FSmax}$ V	$I_{ROmax}$ $\mu$ A	$f_{max}$ kHz	Joonis
KП412A	50	1	1,2	50		
KП412Б	100	1	1,2	50		
KП412B	200	1	1,2	50		
KП417A	600	1	3	15	5	
KП417Б	400	1	3	15	5	
KП417B	200	1	3	15	5	

### T.1.4. Lülitidioidid

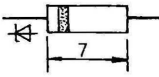
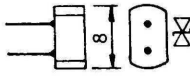
$U_{Rmax}$  suurim vastupinge;  $I_{Fmax}$  suurim alalisparivool;  $U_F$  alalispingelang;  $I_{Rmax}$  suurim alalisvastuvool;  $f_{max}$  kõrgeim töösagedus



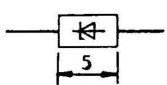
Tüüp	$U_{Rmax}$ V	$I_{Fmax}$ mA	$U_F$ V	$I_{Rmax}$ $\mu$ A	$f_{max}$ MHz	Täpp, triip	Kuju
АД516А	10	2	1,5	2	300		
АД516Б	10	2	1,5	2	300		
ГД511А	12	15	0,6	50	50	Sinised	
ГД511Б	12	15	0,6	100	50	Sin., koll.	
ГД511B	12	15	0,6	200	50	Sin., oranž	
КД409А	24	50		0,5	1000	Kollane	
КД410А	1000	50	2	3000	0,01	Punane	
КД410Б	600	50	2	3000	0,01	Sinine	
КД413А	24	20	1	100	50	Valge	
КД413Б	24	20	1	100	50	Valge ja punane	
КД417А	24	20	1		50	Valge	
КД419А	15	10	0,4		400		
КД419Б	30	10	0,4		400		
КД419B	50	10	0,4		400		
КД419Г	15	10	0,5		400		
КД509А	50	100	1,1	5	200	Sinised	
КД510А	50	200	1,1	5	200	Rohelised	

Tüüp	$U_{Rmax}$ V	$I_{Fmax}$ mA	$U_F$ V	$I_{Rmax}$ $\mu$ A	$f_{max}$ MHz	Täpp, triip	Kuju
KD513A	50	100	1,1	5	100		
KD518A	50	100	0,57	5	50		
KD521A	75	50	1	1	100	Sinised	
KD521B	60	50	1	1	100	Hallid	
KD521B	50	50	1	1	100	Kollased	
KD521Г	30	50	1	1	100	Valged	
KD521Д	12	50	1	1	100	Rohelised	
KD522A	50	100	1,1	5	100	1 must	
KD522B	30	100	1,1	5	100	2 musta	
KD922A	18	50	0,8	0,5		Punane	
KD922B	21	35	0,8	0,5		Sinine	
KD922B	10	10	0,9	0,5		Oranž	

## T.1.5. Stabilitronid

$U_{Zn}$  nimistabiliseerpinge (hälve  $\pm 5...10\%$ );  $I_{Zn}$  nimistabiliseer-  
vool;  $I_{Zmin}$  ja  $I_{Zmax}$  vähim ja suurim stabiliseervool;  $P_{max}$  suurim  
lubatav hajuvõimsus;  $r_Z$  diferentsiaaltakistus  $I_{Zn}$  korral;  $\alpha_{UZmax}$   
stabiliseerpinge temperatuuriteguri suurim väärtus

Tüüp	$U_{Zn}$ V	$I_{Zn}$ mA	$I_{Zmin}$ mA	$I_{Zmax}$ mA	$P_{max}$ W	$r_Z$ $\Omega$	$\alpha_{UZmax}$ %/K	Täpp, triip	Joonis
KC108A	6,4	7,5	3	10	0,07	15	$\pm 0,002$		
KC108B	6,4	7,5	3	10	0,07	15	$\pm 0,002$		
KC108B	6,4	7,5	3	10	0,07	15	$\pm 0,002$		
KC133Г	3,3	5	1	38	0,12	150	-0,02		
KC139Г	3,9	5	1	32	0,125	150			
KC147Г	4,7	5	1	27	0,125	150	-0,07		
KC156Г	5,6	5	1	22	0,125	100	+0,07		
KC170A	7,0	10	3	20	0,15	20	$\pm 0,01$		
KC175A	7,5	10	3	18	0,15	16	$\pm 0,04$		
KC182A	8,2	10	3	17	0,15	14	+0,05		
KC191A	9,1	10	3	15	0,15	18	+0,06		
KC210B	10	10	3	14	0,15	22	+0,07		
KC213B	13	10	3	10	0,15	25	+0,08		

Tüüp	$U_{Zn}$ V	$I_{Zn}$ mA	$I_{Zmin}$ mA	$I_{Zmax}$ mA	$P_{max}$ W	$r_Z$ $\Omega$	$\alpha_{UZmax}$ %/K	Täpp, triip	Joonis
KC162A	6,2	10	3	22	0,15	35	-0,06		
KC168B	6,8	10	3	20	0,15	28	+/-0,05		
KC175E*	7,5	5	3	17	0,15	30	+0,1		
KC175X	7,5	4	0,5	17	0,125	40	+0,07		Valge
KC182E*	8,2	5	3	15	0,15	30	+0,1		Koll.
KC182X	8,2	4	0,5	15	0,125	40	+0,08		
KC191E*	9,1	10	3	14	0,15	30	+0,1		Pun.
KC191X	9,1	10	5	14	0,125	40	+0,09		
KC210E*	10	5	3	13	0,15	30	+0,1		Roh.
KC210X	10	4	0,5	13	0,125	40	+0,09		
KC211E*	11	5	3	12	0,15	30	+0,1		Sin.
KC211X	11	4	0,5	12	0,125	40	+0,092		
KC212E*	12	5	3	11	0,15	30	+0,1		Must
KC212X	12	4	0,5	11	0,125	40	+0,092		
KC213E*	13	5	3	10	0,15	30	+0,1		Sin.
KC213X	13	4	0,5	10	0,125	40	+0,095		
KC215X	15	2	0,5	8,3	0,125	70	+0,1		Valge
KC216X	16	2	0,5	7,3	0,125	70	+0,1	Koll.	
KC218X	18	2	0,5	6,9	0,125	70	+0,1	Pun.	
KC220X	20	2	0,5	6,2	0,125	70	+0,1	Roh.	
KC222X	22	2	0,5	5,7	0,125	70	+0,1	Tumesin.	
KC224X	24	2	0,5	5,2	0,125	70	+0,1	Helesin.	
KC405A	6,2	0,5	0,1	60	0,4	200	+/-0,002		
KC406A	8,2	15	0,5	35	0,5	7			
KC406B	10	12,5	0,25	28	0,5	9			
KC407A	3,3	20	1	100	0,5	28	Helesin.		
KC407B	3,9	20	1	83	0,5	23	Oranž		
KC407B	4,7	20	1	68	0,5	19	Koll.		
KC407Г	5,1	20	1	59	0,5	17	Roh.		
KC407Д	6,8	18,5	1	42	0,5	5	Hall		
KC409A	5,6	5	1	48	0,4	20			
KC508A	12	10,5	0,25	23	0,5	12	Koll.,valge		
KC508B	15	8,5	0,25	18	0,5	16		Pun., roh.	
KC508B	16	7,8	0,25	17	0,5	17		Sin.,valge	
KC508Г	18	7,0	0,25	15	0,5	21		Helesin.,valge	
KC508Г	18	7,0	0,25	15	0,5	21		Roh.,valge	
KC508Д	24	5,2	0,25	11	0,5	33		Kollane	
KC509B	18	15	0,5	35	1,3	500		+0,09	
KC509B	20	10	0,5	31	1,3	600		+0,09	
KC509A	14,7	15	0,5	42	1,3	500		+0,09	
									Roheline
									Punane

\* Pingeimpulsside piiramiseks.

## T.1.6. Mahtuvusdioodid

$C_{tot}$  nimimahtuvusvahemik (madalal vastupingel  $U_{Rmin}$  1...4 V);  $k_C$  mahtuvuse kattetegur (vastupingetele  $U_{Rmax}$  ja  $U_{Rmin}$  vastavate mahtuvuste suhe);  $Q_{min}$  hüveteguri vähimväärtus (sagedusel 50 MHz);  $U_{Rmax}$  suurim lubatav vastupinge;  $I_{Rmax}$  vastuvoolu enimväärtus

Tüüp	$C_{tot}$ pF	$k_C$	$Q_{min}$	$U_{Rmax}$ V	$I_{Rmax}$ $\mu A$	Täpp, triip	Joonis
KB109A	2,3...2,8	4,5	300	25	0,5	Valge	
KB109B	2...2,3	5,5	300	25	0,5	Punane	
KB109B	8...16	5	160	25	0,5	Roheline	
KB109Г	8...17	4	160	25	0,5	—	
KB117A	26...40	6	180	25	1		
KB117B	26...40	5,5	180	25	1		
KB119A	168...252	18	180	12	1		
KB121A	4,3...6	7,6	200	30	0,5	Sinine	
KB121B	4,3...6	7,6	150	30	0,5	Kollane	
KB122A	2,3...2,8	3,7	450	30	0,2	Oranž	
KB122B	2...2,3	5,5	450	30	0,2	Lilla	
KB122B	1,9...3,1	5	300	30	0,2	Pruun	
KB127A	230...280	20	140	32	0,5	Valge	
KB127B	260...320	20	140	32	0,5	Punane	
KB127B	230...260	20	140	32	0,5	Kollane	
KB127Г	230...320	20	140	32	0,5	Roheline	
KB128A	22...28	1,9	300	12	0,05	Punane	
KB129A	7,2...11	4	50	25	0,005	Must	
KB130A	3,7...4,5	12	300	28	0,05	Punane	
KB132A	...38	3,5	300	12	0,05	Valge	
KB134A	18...22	2	400	23	0,05	Kollane	
KB136A	17...19		400	30	0,02		
KB136B	20...24		400	30	0,02		
KB136B	17...19		500	30	0,02		
KB136Г	20...24		500	30	0,02		
KB138A	14...18		200	12	0,05		
KB138B	17...21		200	12	0,05		
KB142A	60...85		300	32	0,05		
KB142B	70...115		300	32	0,05		

Mahtuvuse temperatuuritegur on enamasti  $+(0,5...5) \cdot 10^{-4}$  1/K.

## 1.8. TÜRISTORID

Türistor on vähemalt kolme pn-siirdega pooljuhtseadis vooluahelate lülitamiseks. Türistoril kui kontaktitul elektronlülitil on väikesed mõõtmised ja mass võimsusühiku kohta, kõrge lubatav pingeline ja tugev lülitatav vool (kuni mitu tuhat volti ja u. tuhat amprit) ning väike ümberlülituskadu (kasutegur kuni 99 %).

Türistore kasutatakse vahelduvvoolahelais pingeline reguleerimiseks ja stabiliseerimiseks, staatiliste lülititena (releede asemel) automaatjuhtimisseadmetes, pingeline inverteerimiseks (alalispinge muundamiseks vahelduvvooluks) ja vahelduvpingeline alaldamiseks.

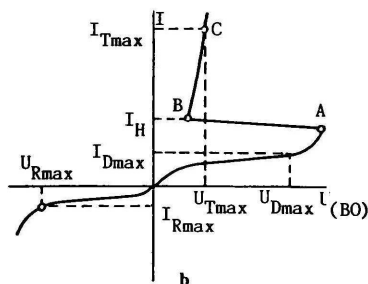
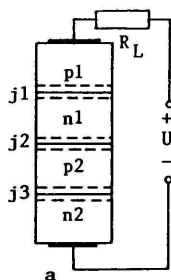
Türistoride põhiliigid on diood- ja trioodtüristor ning sümmeetriline türistor.

1.8.1. Diodtüristoride osa toodetavate türistoride seas on küll õige väike, kuid et nende struktuur ja tööpõhimõte on aluseks ka trioodtüristoride talitlusele, siis vaatleme kõigepealt dioodtüristoris toimuvaid nähtusi.

Diodtüristor on kahe elektroodi e. viiguga neljakihi-line pnpn-struktuuriga seadis (j.1.9). Äärmise p-kihiga ühendatav elektrood on anood ja äärmise n-kihiga ühendatav elektrood katood (seega nagu tavalise dioodi korralgi).

Kui rakendada seadisele päripinge (pluss anoodil), pingestuvad äärmised siirded j1, j3 pärisuunas (muutuvad juhtivaks), keskmine siire j2 aga vastusuunas. Päripingestatud siirdest j1 injekteeeruvad n1-kihti augud ja siirdest j3 p2-kihti elektronid. Need laengukandjad, difundeerudes vastassuundades keskmine siirdeni j2, läbivad selle siirde välja mõjul ning moodustavad türistori koguvoolu.

Kui pingeline on madal, rakendub see peaaegu tervenisti keskmisele siirdele. Seetõttu on äärmistele siirdele



J.1.9. Diodtüristori struktuur (a) ja U-I-tunnusjoon (b)

langev pinge väike ja vastavalt laengukandjate injektsioon nõrk. Türistori läbivaks vooluks on siis vaid nõrk keskmise siirde vastuvool. Kui hakata pinget tõstma, kasvab koguvool algul aeglaselt. Pinge edasisel tõstmisel hakkavad vastavalt keskmise siirde laienemisele järjest suuremat osa etendama laengukandjad, mis moodustuvad pörkeionisatsiooni tulemusena: teatud pingel  $U_{Dmax}$  omandavad laengukandjad sellise kineetilise energia, et hakkavad ioniseerima siirde aatomeid. Seejuures tekkivad augud suunduvad elektrivälja mõjul p2-kihti ja elektronid n1-kihti – siiret j2 läbiv vool tugevneb järsult. Pingelang sellel siirdel väheneb ja vastavalt äärmistel siiretel suureneb. Seetõttu injekteerub läbi nende rohkem laengukandjaid, mis kutsub esile koguvoolu edasise tugevnemise. Selle tulemusena kujuneva positiivse voolutagasiside tõttu muutub seadise diferentsiaaltakistus negatiivseks, s.t. türistori läbiva voolu tugevnemisega kaasneb temal tekkiva pingelangu vähenemine (tunnusjoonel lõik AB). Türistor avaneb: pinge langeb paari voldini ja vool tugevneb hüppeliselt mööda pinge-voolu tunnusjoont BC; alates punktist B kulgeb see samalaadselt tavalise diodi päriharuga. Voolu määrab nüüd põhiliselt toiteallika pinge U ja välisahela takistus  $R_L$ , sest pingelang avatud türistoril on keskmise siirde vastupidise polaarsuse tõttu lähedane üheainsa siirde päripingelangule.

Türistor püsib avatuna senikaua, kuni tema anood on katoodi suhtes positiivne ja teda läbiv vool on vähemalt võrdne hoidevooluga  $I_H$ . Diiodtüristor sulgub, s.t. katkestab voolu ahelas, kui teda läbiv vool toitepinge alandamisel või koormustakistuse suurendamisel muutub väiksemaks hoidevoolust.

Kiiresti sulgub seadis toitepinge polaarsuse muutumisel. Vastupingestatud türistoril on äärmised siirded suletud ja keskmine siire avatud ning seadist läbib nõrk vastuvool  $I_R$ . Kui vastupinge ületab lubatava maksimaalse väärtuse, kasvab vastuvool järsult – toimub läbilööki. Piisavalt suure koormustakistuse korral see läbilöögi-vool seadist ei riku ja tema vastutakistus toitepinge väljalülitumisel taastub.

**1.8.2. Trioodtüristorid** on struktuurilt nagu diiodtüristoridki vähemalt kolme siirdega seadised, kuid lisaks anoodile A ja katoodile K on neil ka tüüreelektrood G (j.1.10). See on enamasti ühendatud katoodiga külgneva p-kihiga; sellist türistori nimetatakse katoodtüüritavaks. Toodetakse ka anoodtüüritavaid türistore, millel tüüreelektrood on ühendatud anoodipoolse n-kihiga. Edaspidises käsitlеме üksnes katoodyüritavaid türistore.

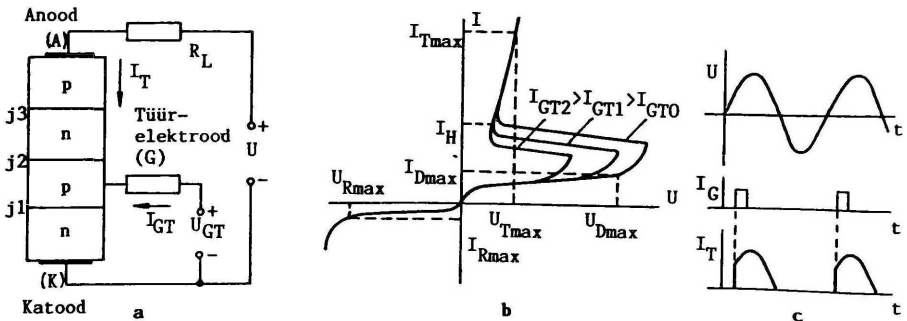
Kui tüürelektroodil pinge puudub, on trioodtüristori pinge-voolu tunnusjoon ja ka talitus samasugune kui diodtüristoril. Rakendades aga tüürelektroodile katoodi suhtes positiivse pinge  $U_{GT}$ , läbib siiret j1 avasuunas tüürvool  $I_{GT}$ . Seega seda siiret läbiv elektronide voog tugevneb ja ühtlasi intensiivistub laengukandjate injektioon keskmesse, vastupingestatud pn-siirdesse j2. Tüürpinge tõstmisel teatava väärtuseni toimub türistori ümberlülitumine positiivse voolutagasiside tõttu, s.t. ta muutub juhtivaks. Mida tugevam on tüürvool, seda madalamal anoodpingel türistor avaneb.

Trioodtüristore saab nagu diodtüristoregi välja lüürida toitepinge alandamisega, vahelduvvoolu korral polaarsuse muutmisega. Trioodtüristori saab välja lüürida ka tüürelektroodi kaudu antava vastassuunalise vooluimpulsi, mis peab aga olema küllalt tugev, lähenedes kommuteeritava voolu väärtusele. Toodetakse spetsiaalseid suletavaid türistore, mis on tüürelektroodi kaudu kiirelt ja ökonoomselt välja lüüritavad.

Türistori struktuur formeeritakse ränisse lisandite järkjärgulise difundeerimise teel, kusjuures rakendatakse planaartehnoloogiat. Kiibi (kristalli) tarviliku pindala määrab suurim lubatav voolutihedus  $200 \text{ A/cm}^2$ .

1.8.3. Sümmeetriline türistor e. sümistor on toimelt võrdväärne kahe vastassuunas ühendatud diod- või trioodtüristoriga (j.1.11). Seega toimub diodtüristori ümberlülitumine mõlemasuunalise pinge korral.

Kahe türistori vastassuunalise ühenduse realiseerimisel ühes seadises kujuneb nelja siirdega npnpn- (või



J.1.10. Katoodtüüritava türistori ühendamisskeem (a), pinge-voolu tunnusjoon (b) ja vahelduvpingest  $U$  tüürvoolu  $I_G$  toimel saadav vahelduvvool (c)

pnpnp-) struktuur, kusjuures keskmised kihid  $p_1, n_2, p_2$  on mõlemale türistoriosale ühised.

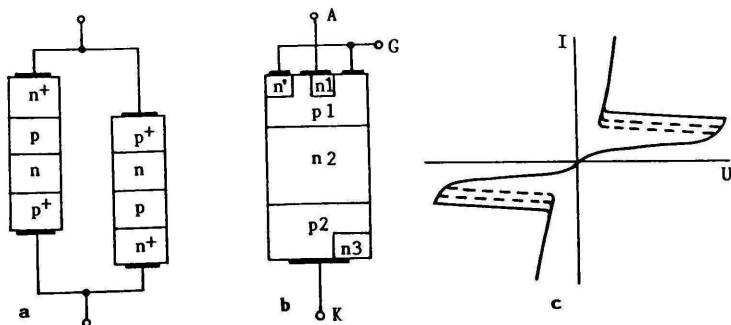
Kui niisugusele türistorile rakendatakse pinge plussiga  $n_1$ -kihil, siis on siirdel  $n_1p_1$  vastupinge ja seega seda läbib vool väga nõrk; türistori põhivool läbib siiret šunteerivat piirkonda  $p_1$ . Siire  $p_2n_3$  on päripingestatud ja läbi selle toimub elektronide injeksioon. Pinge vastupidise polaarsuse korral on siirded pingestatud vastupidiselt.

Tüüreelektroodi võib formeerida kiibisse nii, et sümmeetriline türistor avaneb kas ainult negatiivse või ainult positiivse tüüripulsi mõjul, või ka selle ükskõik kumma polaarsuse korral. Viimasel juhul peab tüüreelektroodil olema vahetu kontakt nii  $p_1$ -piirkonnaga kui ka lisaks moodustatud  $n'$ -piirkonnaga.

Sümmeetrilise türistori anoodiks nimetatakse leppeliselt seda põhielektroodi, mis on ühendatud tema metallkestaga; põhielektroode tähistatakse ka numbritega 1 ja 2.

1.8.4. Vastujuhtiv türistor on niisuguse struktuuriga, et osutub toimelt ekvivalentseks türistori ja vastusuunas ühendatud diodi rööpühendusega (j.1.12). Päripinge korral käitub siis seadis nagu trioodtüristor, vastupinge korral aga kui päripingestatud diodid.

1.8.5. Hübriidtüristor koosneb trioodtüristorist ja selle tüüreelektroodi ahelasse ühendatud ühesiirde-transistorist (j.1.13). Selline türistori ja transistori kombinatsioon võimaldab lihtsustada türistorlülitusi.



J.1.11. Sümmeetrilise diodtüristori moodustamine (a), struktuur (b) ja pinge-voolu tunnusjoon (c)

## 1.8.6. Türistoride tähistussüsteeme

**Euroopa süsteem Pro Electron**

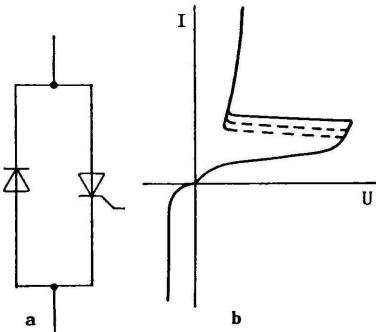
Materjal (B räni) \_\_\_\_\_ B TX 10 -200  
 Liik (T reguleer- ja lülitusseadised, tüüritavad alalidid;  
 2. täht - alates tähestiku lõpust - Z, Y, X, ... osu-  
 tab kasutamisele tööstus- ja eriaparatuuris) \_\_\_\_\_  
 Registreerimisnumber \_\_\_\_\_  
 Suurim lubatav vastupinge V \_\_\_\_\_

**Vene süsteem:**

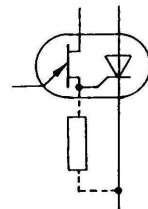
Türistorid alalispäriivooluga  $I_T$  kuni 20 A \_\_\_\_\_ K Y 2 19 B  
 Materjal (K või 2 räni) \_\_\_\_\_  
 Liik (H diodtüristor; Y triodtüristor) \_\_\_\_\_  
 Omadused ja otstarve (1, 2 türistorid alalispäriivooluga  
 vastavalt kuni 0,3 ja 0,3...10 A; 3, 4 suletavad türis-  
 torid; 5, 6 sümistorid; 7 türistorid alalispäriivooluga  
 kuni 20 A) \_\_\_\_\_  
 Tüübi järjenumber \_\_\_\_\_  
 Tüübi teisend \_\_\_\_\_

**Jõutüristorid**

Liik (nt. T türistor; TC sümistor; T3 suletav  
 türistor) \_\_\_\_\_ TC 1 2 2 -20 -6  
 Modifikatsiooni järjenumber \_\_\_\_\_  
 Liigitusmõõdme number (nt.1 kuuskantääriku võtme nr.11) \_\_\_\_\_  
 Tarinduse tingnumber (nt. 1 paindviikudega tõirtüüpi;  
 2 jäikviikudega tõirtüüpi; 3 tabletikujuline; 5 äärik-  
 tüüpi) \_\_\_\_\_  
 Suurim lubatav päriivool A \_\_\_\_\_  
 Suurim lubatav impulss-vastupinge sadades voltides \_\_\_\_\_



J.1.12. Vastujuhtiva türistori ekvi-  
 valentskeem (a) ja U-I-tunnusjoon (b)



J.1.13. Hübrid-  
 türistori skeem

## T.1.7. Trioodtüristorid

$U_{Dmax}$  suurim lubatav alalispäripinge suletud türistoril;  $U_{DRM}$  impulsspäripinge suurim lubatav hetkväärtus;  $I_{T(AV)}$  pärivoolu suurim lubatav keskvaartus;  $I_{Tmax}$  suurim lubatav alalispäri vool;  $I_{TRM}$  impulss-päri voolu suurim lubatav hetkväärtus;  $I_H$  hoidevool;  $U_T$  jääkpinge avatud türistoril;  $U_{TM}$  jääk-impulsspinge hetkväärtus;  $I_{Dmax}$  suurim lekkevool, s.o. suletud türistori päri vool  $U_{Dmax}$  toimel (niisama suur on ka vastuvool  $I_{Rmax}$  pingel  $U_{Rmax}$ );  $I_{GT}$  avava tüüralalissvoolu enimväärtus;  $U_{GT}$  avavale tüürvoolule vastav tüür-alalispinge;  $I_{GTM}$  avava tüüripulssvoolu enimväärtus;  $U_{GTM}$  avavale tüüripulssvoolule vastav tüüripulsspinge;  $t_q$  väljalülitumiskestus

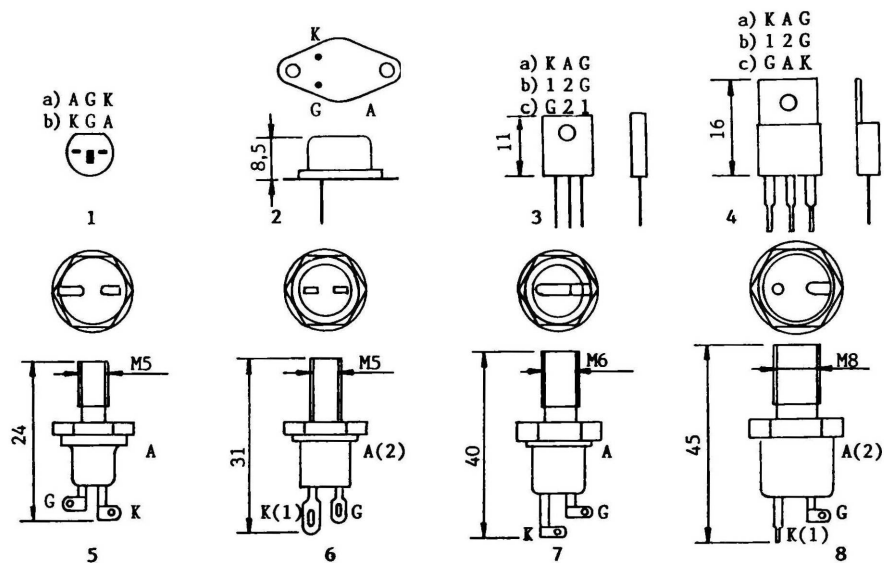
Tüüp	$U_{Dmax}$ ( $U_{DRM}$ ) V	$I_{T(AV)}$ ( $I_{Tmax}$ ) A	$I_{TRM}$ ( $I_H$ ) A	$U_T$ ( $U_{TM}$ ) V	$I_{Dmax}$ mA	$U_{GT}$ ( $U_{GTM}$ ) V	$I_{GT}$ ( $I_{GTM}$ ) mA	J. 1.14
BT145-500R	(500)	16	300	1,5	1	1,5	55	4a
BT145-600R	(600)	16	300	1,5	1	1,5	55	
BT145-800R	(800)	16	300	1,5	1	1,5	55	
BT148-400R	(400)	2,5	25	1,8	0,5	1,5	0,2	3a
BT148-500R	(500)	2,5	25	1,8	0,5	1,5	0,2	
BT148-600R	(600)	2,5	25	1,8	0,5	1,5	0,2	
BT149-B	(200)	0,5	8	1,35	0,1	0,8	0,2	1a
BT149-D	(400)	0,5	8	1,35	0,1	0,8	0,2	
BT149-E	(500)	0,5	8	1,35	0,1	0,8	0,2	
BT149-G	(600)	0,5	8	1,35	0,1	0,8	0,2	
BT169-B	(200)	0,5	8	1,35	0,1	0,8	0,2	1b
BT169-D	(400)	0,5	8	1,35	0,1	0,8	0,2	
BT169-E	(500)	0,5	8	1,35	0,1	0,8	0,2	
BT169-G	(600)	0,5	8	1,35	0,1	0,8	0,2	
BTA151-500R	(500)	7,5	65	1,75	0,5	1,5	4	8a
BTA151-650R	(650)	7,5	65	1,75	0,5	1,5	4	
KY220A	(1000)	4	100	1,5	0,5			5
KY220B	(1000)	4	100	1,5	0,5			5
KY220B	(1000)	4	100	1,5	0,5			5
KY220Г,Д	(800)	4	100	1,5	0,5			5

Tüüp	$U_{Dmax}$ ( $U_{DRM}$ ) V	$I_{T(AV)}$ ( $I_{Tmax}$ ) A	$I_{TRM}$ ( $I_H$ ) A	$U_T$ ( $U_{TM}$ ) V	$I_{Dmax}$ mA	$U_{GT}$ ( $U_{GTM}$ ) V	$I_{GT}$ ( $I_{GTM}$ ) mA	$t_q$ $\mu s$	J. 1.14
KY221A	(700)	3.2	100	(3,5)	0,3	3	100	30	2
KY221B	(750)	3.2	100	(3,5)	0,3	3	100	30	
KY221B	(700)	3.2	100	(3,5)	0,3	3	100	30	
KY221Г	(600)	3.2	100	(3,5)	0,3	3	100	30	
KY221Д	(500)	3.2	100	(3,5)	0,3	3	100	30	
KY601A	100	(5)	30	1,8	5	(5)	(90)	150	4c
KY601B	200	(5)	30	1,8	5	(5)	(90)	150	
KY601B	300	(5)	30	1,8	5	(5)	(90)	150	
KY601Г	400	(5)	30	1,8	5	(5)	(90)	150	
T106-10-1 kuni	100 kuni	10		(1,8)	1,5	2,5	25		4c
T106-10-6	600								
T112-10-1 kuni	100 kuni	10	70	(1,85)	3	3	40	100	6
T112-10-12	1200								
T112-16-1 kuni	100 kuni	16	70	(1,8)	3	3	40	100	6
T112-16-12	1200								
T122-10-1 kuni	100 kuni	20	80	(1,75)	3	3	60	100	7
T122-20-12	1200								
T132-16-13 kuni	1300 kuni	16	90	(2,2)	9	4	120	100	8
T132-16-20	2000								
T222-10-1 kuni	100 kuni	10	70	(1,75)	2	3	60	100	7
T222-10-12	1200								
T232-16-13 kuni	1300 kuni	16	90	(2,2)	9	4	120	100	8
T232-16-20	2000								

1. Türistori siirete kõrgeim lubatav temperatuur  $t_{jmax} = 100... \dots 125 \text{ }^\circ\text{C}$  (sõltuvalt tüübist). Parameetrid  $U_D$ ,  $U_R$ ,  $I_T$  vastavad temperatuurile  $t_{jmax}$ ,  $I_T$  enamikul tüüpidel ümbrustemperatuurile  $t_{amb} = 50...85 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $U_T$ ,  $U_{GT}$ ,  $I_{GT}$ ,  $I_D$ ,  $I_R - t_{amb} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ .

2. Suurim lubatav alalisvastupinge  $U_{Rmax}$  on enamasti võrdne väärtusega  $U_{Dmax}$  (või sellele lähedane).





## J.1.14. Türistoride sokeldus

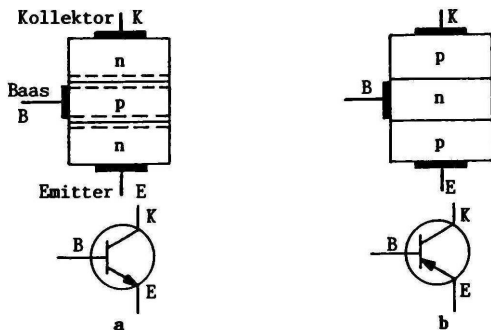
## 2. TRANSISTORID

Transistor (ingl. TRANSfer resISTOR ülekandev takisti) on tüüritav kolme viiguga pooljuhtseadis elektrivõngete võimendamiseks ja genereerimiseks ning ka elektriahelate lülitamiseks. Talitluspõhimõttelt jagunevad transistorid bipolaartransistorideks, mille talitluses osalevad kaht liiki laengukandjad – elektronid ja augud, ning unipolaar- e. väljatransistorideks, kus talitlevad ainult üht liiki laengukandjad, seega elektronid või augud.

Transistoride hulka loetakse ka kahe baasiga diodid – ühesiirdetransistor. Seadise suuretakistuslikku aluskristalli on formeeritud üks pn-siire, millest lähtub emitteriviik ning kristallist väljub kaks baasiviiku. Sellise seadise pingevoolu tunnusjoonel on negatiivse takistusega osa, mis võimaldab luua lihtsaid impulsigeneraatoreid, nt. türistoride tüürimpulsside kujundamiseks.

### 2.1. BIPOLAARTRANSISTORID

2.1.1. **Struktuur ja talitus.** Räni- (galliumarseniid-, germaanium- vm.) kristallist plaadis on tekitatud kolm vahelduva juhtivustüübiga ala (j.2.1), mida eraldavad kaks pn-siiret (vt. 1.1). Transistori normaallülituses päripingestatavat siiret nimetatakse emittersiirdeks ja sellega külgnevat ala emitteriks (lad. 'emittere' välja



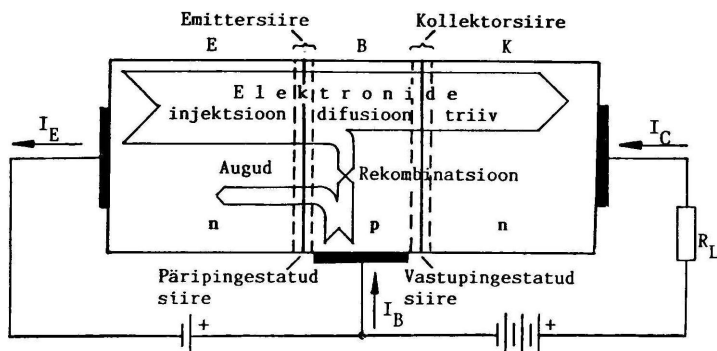
J.2.1. npn- (a) ja pnp- (b) transistori struktuur

saatma), vastupingestatatavat siiret kollektorsiideks ja sellega külgnevat ala kollektoriks (lad. 'collector' koguja). Keskmise ala – baas – võib olla p- või n-juhtivusega, millele vastavalt on npn- ja pnp-struktuuriga transistore.

Vaatleme lähemalt npn-transistori talitlust (j.2.2). Läbi päripingestatud emittersiirde injekteeerub (siseneb) emitterist baasi suurel hulgal elektrone, mis osutuvad siin vähemuslaengukandjaks. Seetõttu kasvab elektronide kontsentratsioon baasis emittersiirde juures tugevasti. Vastupingestatud kollektorsiidel lähedal on seevastu elektrone väga vähe. Suure kontsentratsioonivahe tõttu difundeeruvad (valguvad) vähemuslaengukandjad emittersiirde juurest kiiresti kollektorsiidel poole ja siirduvad kiirenevalt kollektorisse, sest vähemuslaengukandjale (npn-transistoris elektronidele) annab vastupingestatud siirde ruumlaengute väli energiat juurde. Kollektori kaudu liiguvad need elektronid kollektorivooluna välisahelasse.

Kollektoriahelasse saabuvad peaaegu kõik baasi sisenenud elektronid, üksnes väike osa neist jõuab rekombineeruda baasi aukudega, s.t. positiivsetest ionidest moodustuvad elektronidega liitumisel neutraalsed aatomid. Nende elektronide liikumine moodustab baasivoolu ühe komponendi. Selle voolu teise komponendi põhjustavad augud, mis injekteeeruvad baasist emitterisse.

Transistori talitluse seisukohast on tähtis, et baasivool oleks võimalikult nõrk. Selle saavutamiseks tehakse baas hästi õhuke (u. 0,2  $\mu\text{m}$  kõrgsagedus- ja kuni 30  $\mu\text{m}$  võimsustransistoris), et elektronid ei jõuaks seal kuigi-

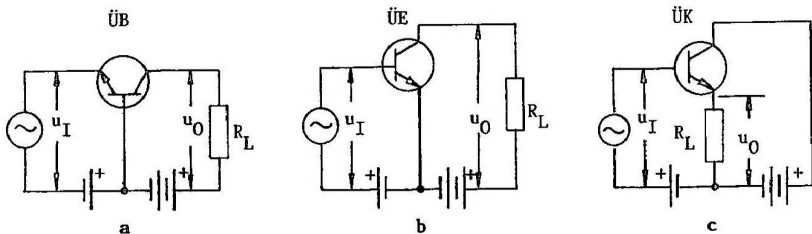


### J.2.2. Laengukandjate kulg pingestatud npn-transistoris

võrd rekombineeruda. Peale selle legeritakse p-juhtivusega baasi (s.t. manustatakse sinna aktseptorlisandeid) tunduvalt vähem kui emitterit; selle tulemusena on baasist emitterisse siirduvate aukude voog palju nõrgem kui vastassuunaline elektronide voog.

Et kiirendada laengukandjate baasist läbiminekut, difundeeritakse kõrgsagedustransistoride valmistamisel baasi emitteripoolsesse ossa lisandeid rohkem. Siis on npn-transistoris baasis ka auke kui enamusaengukandjaid emitter-siirde juures rohkem, võrreldes nende paiknemistihedusega kollektoripoolses baasiosas. Kontsentratsioonide ühtlustamiseks difundeerub osa auke baasis kollektori poole, nii et emittersiirde juures moodustavad negatiivsed akseptor-iioonid negatiivse laengu ja kollektorsiirde juures augud positiivse laengu. Nende laengute elektriväli kutsub pingestatud transistori baasis esile baasi injekteeruvate elektronide triivi kollektori poole, mistõttu kiirenebki nende liikumine kollektori suunas.

Transistori kasutamisel elektrisignaali võimendamiseks rakendatakse sisendsignaal emittersiirdele, s.o. baasi ja emitteri vahele, ja väljundsignaal võetakse kollektoriahelas ühendatud koormuselt  $R_L$  (j.2.2). Et kollektorsiire on vastupingestatud, avaldab ta voolumuutusele suurt takistust (harilikult kümned kilo-oomid). Seepärast võib ka koormustakistuse valida suure (nagu teada, on energia ülekande suurim energiaallika takistuse ja tarbija koormustakistuse võrdsuse korral). Seega on suur ka pingelang koormusel ja väljundsignaali võimsus (alalisvoolu-toiteallika arvel). Samal ajal on sisendsignaali võimsus (emittersiirde pinge ja baasivoolu korrutis) väike ja seejuures seda väiksem, mida väiksema osa emitterivoolust moodustab baasivool. Niisiis osutub elektrisignaali võimsus transistori väljundis palju suuremaks sisendsignaali võimsusest, s.t. toimub võimsuse võimendus.



J.2.3. Transistoride ühendusviisid

Samalaadselt kulgeb signaali võimendamine ka pnp-transistoris, ainult elektronide ja aukude osad on vahetunud ning toitepingete polaarsused ja seetõttu ka voolude suund vastupidine.

Transistoristruktuure valmistatakse põhiliselt planaarepitaksiaaltehnoloogia järgi (vt. 3.1).

**2.1.2. Ühendusviisid.** Et transistoril on kolm viiku, peab tema kui neliklemmi ühendamisel olema üks viik sisend- ja väljundahelale ühine. Sellele vastavalt on võimalik ühisbaas- (ÜB-), ühisemitter- (ÜE-) ja ühiskollektor- (ÜK-) ühendus (j.2.3). Toiteallikad on signaali-ahelate suhtes lühiseks.

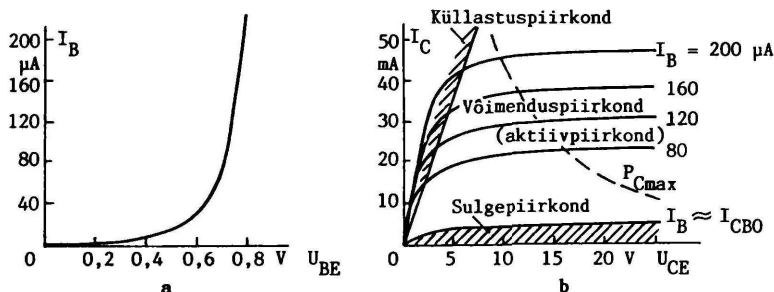
Levinuim on ÜE-ühendus, sest annab suure pinge- ja vooluvõimenduse ning sisend- ja väljundtakistused ei ole teineteisest väga erinevad; see võimaldab astmeid hõlpsalt sidestada. ÜB-ühenduses astme pingevõimendus on niisama suur kui ÜE korral, vooluvõimendus veidi alla 1; rakendatakse kõrgetel sagedustel. ÜK-ühenduses astme vooluvõimendus on sama mis ÜE korral, pingevõimendus alla 1; see ühendus on tuntud emitterjärgurina ning kasutatakse suure sisend- ja väikese väljundtakistuse tõttu sageli takistuste sobitamiseks.

**2.1.3. Töörežiimid.** Bipolaartransistor võib töötada kolmes põhirežiimis.

1. Aktiivrežiimis on emittersiire avatud (takistus väike) ja kollektorsiire suletud (takistus suur). Aktiivrežiimis töötab transistor võimendina.

2. Sulgerežiimis on peale kollektorsiire ka emittersiire suletud, s.t. mõlemal siirdel on vastupinge.

3. Küllastusrežiimis on mõlemad siirded avatud. Siis injekteeruvad laengukandjad baasi nii emitterist kui kollektorist. Baasivool võib tugevusest muutuda võrrel-



#### J.2.4. ÜE-ühenduses transistori sisend- ja väljundtunnusjooned

davaks emitterivooluga. Küllastus tekib, kui pinge kollektoril muutub npn-transistoris baasi suhtes negatiivseks; seejuures emitteri suhtes võib ta olla veel positiivne.

Töörežiimi kindlaksmääramisel tuleb arvestada pn-siirde iseärasust, et siire jääb suletuks päripingel, mis on germaaniumi korral alla 0,15...0,2 V, ränisiirdel alla 0,5...0,6 V ja GaAs korral alla 1,3...1,4 V. Seega tuleb emittersiirde avamiseks rakendada sellele npn-struktuuriga Ge-transistoris pinge vähemalt 0,2...0,3 V, Si-transistoris +0,6...+0,7 V ja GaAs-transistoris 1,4...1,5 V. Selleks et kollektorsiire jääks suletuks, s.t. ei tekiks küllastust, peab ÜE-ühenduses npn-transistori kollektori ja emitteri vaheline vastupinge olema vähemalt +0,5...+2,5 V.

Transistori kui põhimõtteliselt sümmeetrilise struktuuriga (npn või pnp) seadist on võimalik peale normaallülituse aktiivrežiimi põhimõtteliselt kasutada ka inversioonaktiivrežiimis, mispuhul emitteri ja kollektori kohad on vahetatud (emittersiire vastu- ja kollektorsiire päripingestatud). Tegelikult tuleb arvestada emitteri ja kollektori erisugust pindala ning legeritust.

Transistore kasutatakse võimendusrežiimis ning lülitirežiimis. Nõrga signaali võimendamisel asub transistori tööpunkt tunnusjoonte lineaarses osas, s.o. aktiivpiirkonnas (j.2.4 b), tugeva signaali, samuti impulss-signaali võimendamisel aktiiv- ja ka sulgepiirkonnas. Lülitirežiimi korral töötab transistor kõigis kolmes piirkonnas, kusjuures tööpunkt püsib kestvamalt sulge- või küllastuspiirkonnas ja ainult üleminekul ühest piirkonnast teise läbib aktiivpiirkonna.

## 2.2. BIPOLAARTRANSISTORI PARAMEETRID

**2.2.1. Piirparameetrid.** Kollektori suurim lubatav hajuvõimsus on suurim võimsus, millele vastav energia võib hajuda transistori kollektoris etteantud ümbrustemperatuuril või transistori korpuse temperatuuril. Andmetabeleis antakse see võimsus seotuna kindla temperatuuriga (sageli 25 °C). Kui ümbrustemperatuur (väikese võimsusega transistoridel) osutub sellest kõrgemaks, arvutatakse tegelik piirvõimsus ümbrustemperatuuril  $t_a$  teg

$$P_{Cteg} = P_C - (t_a teg - t_a) / R_{thja},$$

kus  $P_C$  on suurim lubatav võimsus temperatuuril  $t_a$  ning  $R_{thja}$  siirde ja keskkonna vaheline soojustakistus. See

soojustakistus näitab, mitme kraadi võrra tõuseb transistori temperatuur kollektorsirde piirkonnas, kui seal hajub võimsus 1 W. Nt. transistoril KT3170A9 võib 25 °C juures hajuda võimsus 0,25 W; siirde ja keskkonna vaheline soojustakistus on 500 K/W; kuni 100 kraadini väheneb lubatav võimsus lineaarselt. Kui tegelik ümbrustemperatuur on 75 °C, siis lubatav võimsus 0,25 - (75 - 25)/500 = 0,15 W.

Kui transistori kohta on antud siirde kõrgeim lubatav temperatuur  $t_j$ , siis tegelikult lubatav hajuvõimsus

$$P_{Cteg} = (t_j - t_{a\ teg})/R_{thja}.$$

Kui siire võib kuumeneda 150 kraadini, siis ümbrustemperatuuril 75 °C lubatav piirvõimsus näitejuhul (150 - 75)/500 = 0,15 W.

Suure võimsusega transistorid on ette nähtud paigaldada jahutusradiaatorile, mis juhib eralduva soojust ümbritsevasse õhku. Nende puhul antakse suurim lubatav hajuvõimsus korpuse temperatuuril  $t_c$  ning siirde ja korpuse vaheline soojustakistus  $R_{thjc}$ . Siis piirvõimsus mingil kõrgemal temperatuuril  $t_{c\ teg}$

$$P_{Cteg} = P_C - (t_{c\ teg} - t_c)/R_{thjc} \text{ või}$$

$$P_{Cteg} = (t_j - t_{c\ teg})/R_{thjc}.$$

Nt. transistoril KT897 suurim lubatav hajuvõimsus  $P_C = 150$  W  $t_c = 25$  °C juures,  $R_{thjc} = 1$  K/W ja  $t_j = 175$  °C; lubatav hajuvõimsus väheneb lineaarselt temperatuurini 125 °C. Siis nt. transistori korpuse (ühtlasi ligikaudselt radiaatori) temperatuuril  $t_{c\ teg} = 100$  °C piir-hajuvõimsus

$$150 - (100 - 25)/1 = 75 \text{ W või } (175 - 100)/1 = 75 \text{ W.}$$

Radiaatori vajalik soojustakistus selle transistori kasutamisel, kui on vaja hajutada võimsust  $P_{Cteg} = 50$  W keskkonna temperatuuril  $t_{amb} = 50$  °C,

$$\begin{aligned} R_{thca} &= (t_j - t_{amb})/P_{Cteg} - R_{thjc} = \\ &= (175 - 50)/50 - 1 = 1,5 \text{ K/W.} \end{aligned}$$

Suurim lubatav kollektoripinge  $U_{CER}$  on kollektori ja ja emitteri vahele rakendatav maksimaalne pinge, kui baasi ja emitteri vahel olev takistus ei ületa teatavat kriitilist väärtust (väikese võimsusega transistoridel enamasti 1...10 k $\Omega$ , suure võimsusega transistoridel vahemikus 10...1000  $\Omega$ ). Kui baasiahela tegelik takistus on suurem, siis lubatav kollektoripinge väheneb, seejuures seda enam, mida kõrgem on siirde tegelik temperatuur.

Kollektori ja baasi vaheline suurim lubatav vastupinge  $U_{CBO}$  on suurim alalispinge, mida võib rakendada nimetatud elektrodide vahele, ilma et transistori parameetrid halveneksid; see pinge on kollektori vastupingega võrdne või sellest kuni 25 % kõrgem. Emitteri ja baasi vaheline suurim lubatav vastupinge  $U_{EB}$  on enamasti 3...5 V.

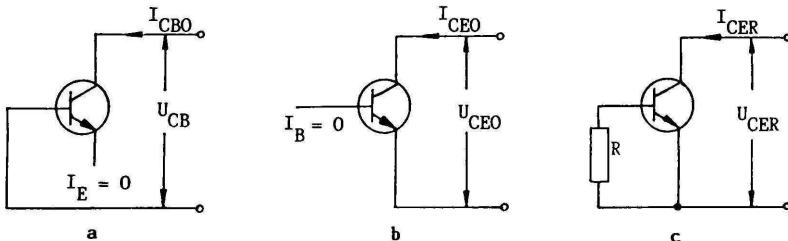
Suurim lubatav kollektorivool  $I_{Cmax}$  on suurim alalisvool, millega transistor võib kehtvalt töötada lubatava hajuvõimsuse piires.

Suurim lubatav kollektoriimpulssvool  $I_{CM}$  on etteantud parameetritega impulssvoolu suurim amplituudiväärtus (ületab lubatava alalisvoolu enamasti 1,5...3-kordselt).

2.2.2. Jääkvoolud. Kollektori vastuvool  $I_{CBO}$  (j.2.5 a) on vastupingestatud kollektorsiidet etteantud pingel (enamasti  $U_{CBmax}$ ) läbiv vool, kui emitteriahel on katkestatud. Temperatuuril 25 °C on see vool väikese võimsusega Ge-transistoridel kuni kümned mikroamprid, Si-transistoridel alla 0,1  $\mu A$ , suure võimsusega Si-transistoridel alla 0,1 mA. Vastuvool sõltub vähe siirdele rakendatud pingest, kuid õige oluliselt temperatuurist, tugevnedes iga 10-kraadise temperatuuritõusu kohta keskmiselt kahekordseks.

Kollektori ja emitteri vaheline läbivool  $I_{CEO}$  (b) on kollektoriahela vool etteantud kollektoripingel, kui baasiahel on katkestatud. Läbivool on vooluülekandeteguri kordselt kollektori vastuvoolust tugevam.

Kollektori ja emitteri vaheline vastuvool  $I_{CER}$  (c) on kollektoriahela vool etteantud kollektoripingel, kui baasi ja emitteri vahel on etteantud väärtusega takistus.



### J.2.5. Transistoride jääkvoolud

**2.2.3. Transistori võimendusomadusi väljendatakse järgmiste parameetridega:**

Vooluülekanalitegur  $h_{21e}$  (kasutusel ka tähised  $\beta$ ,  $h_{fe}$ ) on ÜE-transistori väljundvoolu (kollektorivoolu) muutuse ja seda põhjustanud sisendvoolu muutuse suhe, kui väljundahel on vahelduvvoolu suhtes lühistatud. Seega iseloomustab ülekanalitegur transistori vooluvõimendust ja teda nimetatakse ka vooluvõimendusteguriks.

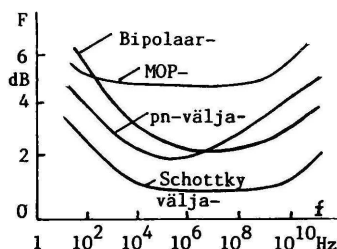
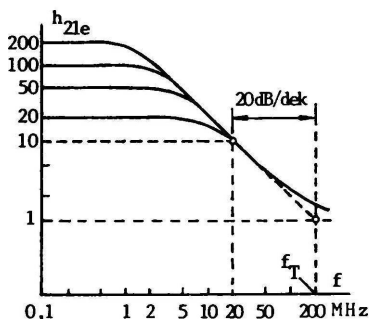
Staatiline vooluülekanalitegur  $h_{21E}$  (ka  $B$ ,  $H_{FE}$ ) avaldub ÜE-ühenduses transistori kollektori ja baasi alalisvoolude suhtena teatud kollektoripinge ja kollektorivoolu korral.

Läbivjuhtivus  $g_m$ ,  $y_{21}$  (ka tõus  $S$ ) on väljundvoolu-muutuse ja sisendpingemuutuse suhe (ühik mA/V või mS).

Võimsusvõimendustegur  $G_p$  on väljundvõimsuse ja sisendvõimsuse suhe sobitatud koormuse korral.

Väljundvõimsus  $P_{out}$  on võimendusastmest etteantud sagedusel saadav võimsus.

Kõrgetel sagedustel (alates kümnetest megahertsidest) muutuvad transistori parameetrid kompleksuurusteks, mistõttu transistori võimendust väljendatakse vooluülekanaliteguri mooduliga  $h_{21e}$  teatud kõrgel sagedusel  $f$ ; seejuures  $h_{21e} = f_T/f$ , kus  $f_T$  on transiitsagedus. See seos kehtib sagedusvahemikus  $0,1f_T \dots f_T$ , kus sageduse suu-



J.2.6. Vooluülekanaliteguri sagedussõltuvus

J.2.7. Eri liiki transistoride müra- ja sagedussõltuvus

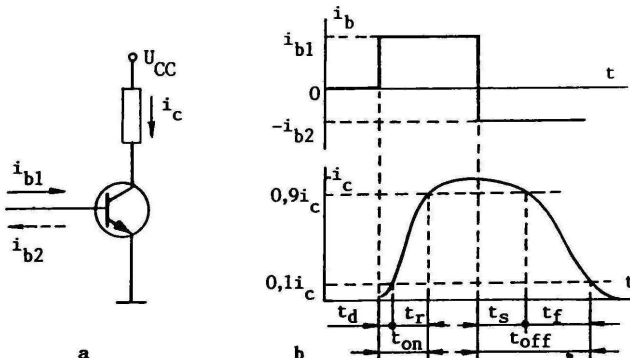
renemisel 10-kordselt, s.o. 1 dekaadi võrra väheneb  $h_{21e}$  20 dB, seega ka 10-kordselt (vastavalt 6 dB oktava kohta).

Vooluülekandeteguri transiitsageduseks  $f_T$  loetakse sellist sagedust, millel ÜE-ühenduses transistori vooluülekandeteguri moodul ekstrapoleerub väärtuseni 1. Transiitsagedus ei sõltu vooluülekandetegurist (j.2.6).

**2.2.4. Mürategur F** on transistori väljundahelas ilmneva müra koguvõimsuse suhe (dB) nimetatud võimsuse sellesse ossa, mida põhjustab signaali allika soojusmüra. Mürategur sõltub oluliselt signaali sagedusest (j.2.7). Teatud sagedusest madalamal on mürategur pöördvõrdeline sagedusega  $f$ , mistõttu seda osa müra nimetatakse  $1/f$ -müraks. Kõrgematel sagedustel hakkab mürategur suurenema võimenduse vähenemise tagajärjel. Mürateguri enimväärtus antakse kindlal mõõtorežiimil (nt.  $U_{CBO} = 5 \text{ V}$ ,  $I_E = 5 \text{ mA}$ ,  $f = 1 \text{ kHz}$ ) ja on enamasti 2...10 dB.

**2.2.5. Lülitirežiimi parameetrid** (j.2.8). Lülitirežiimis muudab transistor oma olekut suletud seisust küllastusse või vastupidi. Kollektorivool reageerib baasivoolu hüppelisele suurenemisele ja vähenemisele hilinemisega. Hilistust väljendavad sisselülituskestus  $t_{on}$  ja väljalülituskestus  $t_{off}$ . Sisselülituskestus omakorda koosneb viitekestusest  $t_d$  ja tõusukestusest  $t_r$ , väljalülituskestus ekstraktsioonikestusest  $t_s$  ja langukestusest  $t_f$ .

Baasi ja emitteri vaheline küllastuspinge  $U_{BEsat}$  on nende elektroodide vaheline pinge küllastusrežiimis (etteantud baasi- ja kollektorivoolu korral).



J.2.8. Kollektorivoolu  $i_c$  kulg baasivoolu  $i_b$  ristkülikimpulsi korral

Kollektori ja emitteri vaheline küllastuspinge  $U_{CEsat}$  on nende elektroodide vaheline pinge küllastusrežiimis (etteantud baasi- ja kollektorivoolu korral).

Küllastustakistuseks  $r_{CEsat}$  nimetatakse küllastuses transistori kollektori- ja emitteriviikude vahelist takistust:  $r_{CEsat} = U_{CEsat}/I_C$ .

Nt. transistoril KT3142A  $U_{CEsat} = 0,25$  V ja  $U_{BEsat} = 0,85$  V (mõlemal juhul  $I_C = 10$  mA ja  $I_B = 1$  mA);  $t_{on} = 12$  ns,  $t_s = 13$  ns ja  $t_f = 5$  ns ( $I_C = 100$  mA,  $I_B = 10$  mA); transistoril KT839  $U_{CEsat} = U_{BEsat} = 1,5$  V ( $I_C = 4$  A,  $I_B = 2$  A);  $t_s = 10$   $\mu$ s ja  $t_f = 1,5$   $\mu$ s ( $I_C = 4,5$  A,  $I_B = 1,8$  A).

**2.2.6. Siirete mahtuvused** mõjutavad transistori sagedusomadusi ja ümberlülitumiskiirust. Teatavasti on pn-siire vaadeldav kondensaatorina, mille mahtuvus rakendatava vastupinge tõustes väheneb.

Kollektorsiidre mahtuvus  $C_c$  on kollektori- ja baasiviigu vaheline mahtuvus, kui emitteriahel on katkestatud ja kollektorsiidrel on vastupinge (harilikult 5 või 10 V). Väikevõimsustransistoridel on see mahtuvus kümnetest pikofaraditest (madala transiitsageduse korral) pikofaradi murdosadeni (gigahertsides mõõdetaval transiitsagedusel).

Emittersiidre mahtuvus  $C_e$  on emitteri- ja baasiviigu vaheline mahtuvus, kui kollektoriahel on katkestatud ning emitteril on väike vastupinge. See mahtuvus on kollektorsiidre mahtuvusega enam-vähem võrdne.

Kollektorimahtuvusega on võrdeline kollektori tagasi-sideahela ajakonstant  $\tau_c = r_{b'c} C_c$ , kus  $r_{b'c}$  on jaotatud baasitakistus (väikevõimsustransistoridel kümned kuni sadajad oomid), mis sõltub baasimaterjali eritakistusest. Mida väiksem on see ajakonstant, seda kõrgemal sagedusel töötab võimendusaste stabiilselt (endaergutuseta).

## 2.3. VÄLJATRANSISTORID

**2.3.1. Ülevaade.** Väljatransistoris tekitab sisendpinge elektrivälja, millega saab mõjutada juhtivat kanalit läbivate ühenimeliste laengukandjate – elektronide või aukude – voogu. Juhtiva kanali otstes on elektroodid; neist üht, mille kaudu laengukandjad sisenevad kanalisse, nimetatakse lätteks, ja teist, mille kaudu laengukandjad väljuvad kanalist, neeluks. Tüüreelektroodi nimi on pais.

Väljatransistorid jagunevad struktuurilt pn-tõkkekihiga transistorideks, kus tüüriva elektrivälja mõjul muutub kanali tegevristlõige, ja isoleerkihiga transistorideks, kus elektriväli muudab laengukandjate kontsentratsiooni kanalis, seega kanali takistust. Esimesi nimetatakse lühemalt pn-väljatransistorideks, teisi MOP-transistorideks. Tõkkekihiga väljatransistoride eriliik on Schottky siirde e. barjääriga transistorid.

Kasutamise seisukohast erinevad väljatransistorid bipolaartransistoridest eelkõige suure sisendtakistuse poolest (pn-väljatransistoridel kuni sadad megaoomid, MOP-transistoridel veelgi suurem). Puudub soojuslabilöögi oht, sest temperatuuri tõustes neeluvool nõrgeneb. Üldiselt sõltuvad parameetrid temperatuurist vähem kui bipolaartransistoridel, sest väljatransistoride talitus põhineb enamislaengukandjail, mille hulk temperatuurist kuigivõrd ei ole.

Väljatransistoristruktuurid on eriti laialt kasutusel suurtes integraallülitustes, sest bipolaartransistoridega võrreldes on nad palju voolusäästlikumad, väikesed (4x5 mm suurusele räniplaadile mahub kuni kümneid tuhandeid struktuure) ja suhteliselt lihtsad valmistada.

2.3.2. pn-väljatransistori kanal on enamasti n-juhtivusega, s.t. laengukandjaiks on elektronid (j.2.9); nende liikuvus on mitu korda suurem kui aukudel. Õhukeses p-juhtivusega räniplaadis on doonorlisandite difundeerimise teel tekitatud n-juhtivusega kanal. Selle kanali ühel küljel on aktseptorlisanditega tugevalt legeeritud p<sup>+</sup>-kiht. Ränidioksiidi SiO<sub>2</sub> kihis olevate aukude kaudu väljuvad alumiiniumelektroodid n-kanali otstest (läte, neel) ja p<sup>+</sup>-piirkonnast (pais). Aluskristalli p-kiht on harilikult transistori sees ühendatud lättega. Kanali pikkus on mõni mikromeeter, paksus (p-kihtide vahel) u. 1 μm ja laius (risti joonise pinnaga) on seoses transistori piirvõimsusega.

Kanali ja paisu vahel moodustub laengukandjaist vaene kiht – pn-siire. Transistori normaalrežiimis peab siire olema suletud, s.t. suure takistusega. Seepärast rakendatakse paisule läte suhtes negatiivne pinge. Selle pinge suurendamisel hakkab siirde tõkkekiht laienema peamiselt kanali poole, sest paisus on laengukandjate – aukude kontsentratsioon palju suurem kui elektronide tihedus kanalis. Kanal aheneb kõige rohkem neelupoolses otsas, sest potentsiaal kanalis tõuseb neelu suunas ja seetõttu kasvab vastavalt ka pn-siirdele rakenduv vastupinge.

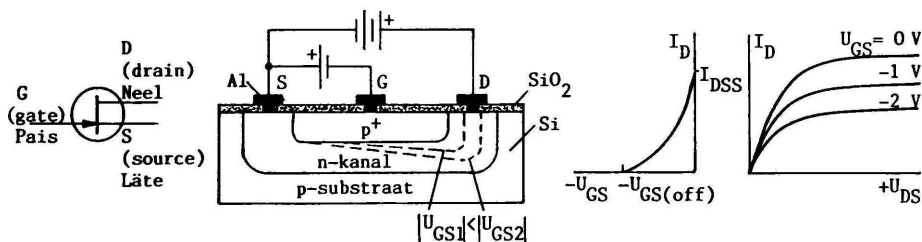
Paisupinge negatiivse väärtuse suurendamisel sulgepingeni  $U_{GS(off)}$  sulgub kanal peaaegu täiesti ja neeluvool

jääb väga nõrgaks. Niisiis väheneb neeluvool oma suurimast väärtusest nulliga võrdse paisupinge korral väga väikese väärtuseni sulgepingel. Paisupinge muutmiseiga selles vahemikus saabki muuta kanalit läbivate elektronide arvu, seega tüürida neeluvoolu. Positiivse paisupingega ei saa n-kanaliga pn-väljatransistori tüürida, sest tekiks tunduv baasivool. Negatiivse paisupinge korral on paisuvool (kui siirde vastuvool) tühiselt väike.

Neeluvool kasvab neelupinge tõstmise korral algul lineaarselt, ent kõrgemal pingel ilmneb küllastusnähtus: voolu tugevnemine aeglustub tingituna sellest, et neelupinge tõustes suureneb ka siirdele rakenduv vastupinge ja kanali tegevristlõige väheneb. Küllastuspiirkonnas on neeluvoolu ja neelupinge vaheline sõltuvus jällegi lineaarne ja seda kasutatakse tööpiirkonnana.

2.3.3. Schottky barjääriga transistor on struktuurilt ja talitluspõhimõttelt samalaadne pn-väljatransistoriga, ületades viimast tunduvalt toimekiiruse ja tõusu poolest. Legeerimata dielektrilisel GaAs-kristallil on tekitatud rohke doonorlisandiga, s.o.  $n^+$ -tüüpi lätte- ja neelupiirkonnad; nendevahelise n-tüüpi kanali paksus on kõigest u. 0,1  $\mu\text{m}$  ja pikkus 1  $\mu\text{m}$ . Kanalile on kantud paisuelektroodina toimiv metallikiht.

Negatiivse paisupingega saab muuta kanali juhtivat ristlõiget ja seega tüürida neeluvoolu. Suur sisendtakistus säilib ka kuni 0,5V positiivsel paisupingel; kõrgemal päripingel siire avaneb.



J.2.9. n-kanaliga pn-väljatransistori struktuur, ülekande- ja väljundtunnusjoon

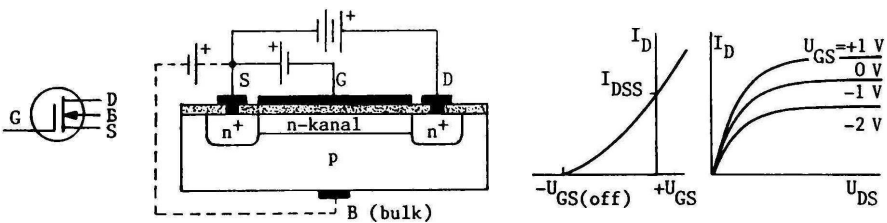
2.3.4. **MOP-transistoris** on paisuks metallikiht, mis on pooljuhist eraldatud õhukese dielektrikukihiga, enamasti ränidioksiidiga  $\text{SiO}_2$ . Lühend MOP tuleneb sõnadest Metall – Oksiid – Pooljuht.

Sõltuvalt sellest, kas pooljuhtplaati on voolukanal sisse moodustatud või kujuneb see seadise pingestamisel, eristatakse formeer- ja indutseerkanaliga väljatransistore. Järgnevas vaatleme n-kanaliga seadiseid kui levinumaid (vastavatel p-kanaliga transistoridel on laengukandjais elektronide asemel augud ja elektroodipingete polaarsused vastupidised).

**Formeerkanaltransistoris** (j.2.10) on p-juhtivusega aluskristallis tekitatud neelu ja lätte jaoks tugevalt legeeritud  $n^+$ -piirkonnad. Pooljuhi pinnale on kasvatatud u. 0,1  $\mu\text{m}$  paksune isoleeriv ränidioksiidi kiht; sellele kantud metallikihist väljub paisuviik.

Lätte ja neelu vaheline juhtiv kanal võib olla loodud nt. doonorlisandite difundeerimise teel, või siis kujuneb see pooljuhi ja seda katva ränidioksiidikihi vastastikuse toime tulemusena (nt. väljuvad elektronid kergemini ränidioksiidist kui nõrgalt legeeritud ränist). Püsiva juhtiva kanali olemasolu tõttu on kanalil teatav juhtivus ka paisupinge puudumisel ja positiivse neelupinge mõjul läbib seda vool.

Kui rakendada paisule negatiivne pinge, tõukab selle tekitatud elektriväli elektrone seda kaugemale paisust, mida negatiivsemaks tüürpinge muutub. Nii kujuneb kanal isoleerikihi all elektronidest vaene kiht. Vastavalt nõrgeneb ka neeluvool, mis läbib kanalit neelu ja lätte vahelise pinge mõjul.



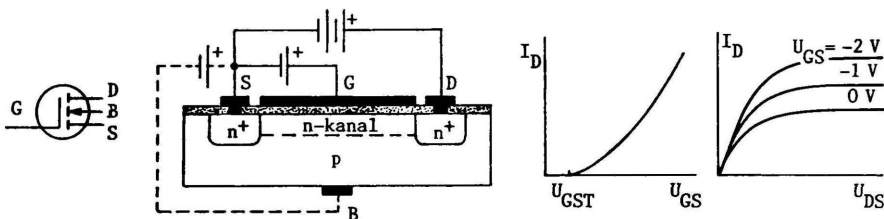
J.2.10. Formeeritud n-kanaliga MOP-transistori struktuur, ülekande- ja väljundtunnusjoon

Erinevalt pn-siirdega väljatransistorist võib vaadel-daval juhul anda baasile ka positiivse pinge, sest dielektrikukiht ei lase paisuvoolu tekkida. Sel juhul elektronide kontsentratsioon kanali dielektrikupoolses kihis kasvab ja neeluvool tugevneb; tegemist on laengukandja-rikka e. küllusrežiimiga. Enamasti kasutatakse siiski laengukandjaveast e. vaegsurežiimi, mistõttu formeerkanal-transistore nimetatakse vaegustüüpi MOP-transistorideks.

Indutseerkanaltransistori p-juhtivusega aluskristalli on läte ja neelu jaoks moodustatud kõrglegeeritud  $n^+$ -piirkonnad, kuid kanal nende vahel puudub. Pais on pooljuhist eraldatud dielektrikukihiga (j.2.11).

Kui paisu ja läte vahel pinge puudub, on p-juhtivusega aluskristalli läbiv vool neelupinge ükskõik kumma polaar-suse korral väga nõrk, sest üks pn-siire on igal juhul vastupingestatud; seega on transistor suletud.

Juhul kui anda paisule positiivne pinge, mis ületab teatavat lävipingeks  $U_{GS(th)}$  nimetatavat väärtust, rikastub pooljuhi dielektrikupoolne kiht elektronidega – moodustub inversioonikiht, kus vähemuslaengukandjate (vaadeldaval juhul elektronide) tihedus on suurem enamus-laengukandjate (p-pooljuhis aukude) kontsentratsioonist. Mida positiivsem on paisupinge, seda laiemaks ja laengu-kandjarikkamaks muutub n-juhtivusega inversioonikiht, tegelikult indutseeritud n-kanal, ja vastavalt tugevneb neeluvool. Paisule rakendatav negatiivne pinge tõukaks elektrone dielektrikust eemale, nii et mingit kanalit moodustuda ei saaks. Järelikult on indutseerkanal-transistore võimalik kasutada üksnes küllusrežiimis ja vastavalt võib kõnelda küllustüüpi MOP-transistoridest.



J.2.11. Indutseeritava n-kanaliga MOP-transistori struktuur, ülekande- ja väljundtunnusjoon

MOP-väljatransistoridel võib olla väljaviik (tähis B, ingl. 'bulk') ka aluskristallist e. substraadist; siis on võimalik neeluvoolu tüürida ka aluskristalli ja lätte vahelise pingega samamoodi kui pn-väljatransistoris.

**2.3.5. Parameetreist** on lisaks juba nimetatud sulgepingele ja lävipingele väljatransistoridele iseloomulikud tõus, võimsusvõimendustegur ning väljundvõimsus.

Tõusuks  $S$  (ka  $g_m$ ,  $y_{21s}$ ,  $y_{fs}$ ) nimetatakse paisupinge-neeluvoolu tunnusjoone tõusu, s.o. neeluvoolu muutuse ja seda põhjustava paisupinge muutuse jagatist.

Võimsusvõimendustegur  $G_P$  on transistorastme väljund- ja sisendvõimsuse suhe (dB)<sub>P</sub> antud sagedusel.

Väljundvõimsus  $P_{out}$  on suurim võimsus, mida selle transistoriga võimendusastmest või generaatorist on võimalik saada etteantud sagedusel. Nt. transistoril KIP905A  $S = 18$  mA/V,  $G_P = 8$  dB ja  $P_{out} = 1$  W (sagedusel 1 GHz).

Mürateguri  $F$  sagedussõltuvuse laad on väljatransistoridel samasugune kui bipolaartransistoridel (vt. j.2.7), kusjuures väärtuselt on pn-väljatransistori mürategur viimaste omaga võrreldav, MOP-transistoridel veidi suurem, Schottky barjääriga väljatransistoridel kõige madalam (1 dB ringis) gigahertsidesse ulatuvate sagedusteni.

## 2.4. TRANSISTORIDE TÄHISTUSSÜSTEEMID

Dešifreeritakse levinuimate tähistussüsteemide tüübitähi-seid. Ülevaatlikkuse mõttes esitatakse markeering näitena ja selle elemendid gruppidena (tegelikult vahed tähise-gruppide vahel puuduvad). Paljud firmad kasutavad oma markeeringut.

### Euroopa süsteem Pro Electron

	B F 321 S
	C FX 14
Materjal (nt. A germaanium, B räni, C galliumarseniid)	_____
Liik (C ja D väikese ja suure võimsusega ms-transistor;	_____
F ja L väikese ja suure võimsusega ks-transistor; S ja	_____
U väikese ja suure võimsusega lülitustransistorid)	_____
Tüübi järjenumber _____	_____
Teisend mõne parameetri osas või põhitüübist erinev korpus _____	_____

### USA süsteem JEDEC

	2N 760 A
	2N 5821
Transistori tähis _____	_____
Registreerimisnumber Elektroonikaettevõtete Assotsatsioonis EIA _____	_____
Teisend mõne parameetri osas _____	_____

**Jaapani süsteem** (standard JIS-C-7012)

2S A 522  
2S C 3596 E

Transistori tähis \_\_\_\_\_  
Liik (A ja B vastavalt kõrg- ja madalsageduslik pnp-transistor; C ja D kõrg- ja madalsageduslik npn-transistor; I ja K vastavalt p- ja n- kanaliga väljatransistor)  
Registreerimisnumber \_\_\_\_\_  
Täiustatud teisend või eriomadused \_\_\_\_\_

**Vene süsteem**

K T 3 126 A 9  
3 П 6 02 B -2

Materjal (Г või 1 germaanium; K või 2 räni; A või 3 galliumiühend; numbriga algav tüüp on mõne parameetri poolest parem kui tähega algav analoog) \_\_\_\_\_  
Liik (T bipolaartransistor; П väljatransistor)  
Elektrilised omadused (1, 4 ja 7 vastavalt väikese, keskmise ja suure võimsusega ms-transistorid; 2, 5 ja 8 kesksagedustransistorid; 3, 6 ja 9 ks-transistorid) \_\_\_\_\_  
Tüübi järjenumber \_\_\_\_\_  
Teisend mõne parameetri osas \_\_\_\_\_  
Tarinduse iseärasused (nt. 2 korpuseta, paindviikudega; 9 väikeses plastkorpuses jootmiseks trükkplaadi peale; M teistsugune korpus) \_\_\_\_\_

## 2.5. KASUTAMISJUHISEID

1. Transistorile mõjub kahjulikult liiga kõrge vastupinge siiretel ja siirdeid läbiv ülemäärane tugev vool. See pärast tuleb transistor tööle rakendada sellises režiimis, mille puhul tema pinged, voolud ja hajuvõimsus jäävad lubatud piirväärtustest 20...30 % väiksemaks. Koormatuse suurema vähendamise korral töökindlus enam ei tõuse.

2. Transistori elektroodipingeid, eriti baasipinget, tuleb mõõta elektronvoltmeetriga, sest väikese sisendtakistusega voltmeeter muudaks transistori töörežiimi. Mõõteotsakud peavad olema peaaegu teravikeni isoleeritud, et vältida transistori viikude juhuslikku lühistamist. Kõige ohtlikum võib olla transistoride baasi- ja kollektoriviikude lühistamine. Läbilööki võib põhjustada ka katkestus baasiahelas kõrge kollektoripinge korral.

3. Transistori viikude jootmisel peab lülituse toide olema väljas (jootmise kohta vt. 1.7).

4. Peab olema välditud võimalus rakendada transistorile vastandpolaarsusega toitepinget, sest see võiks põhjustada siirete ülemääraast kuumenemist või läbilööki. Selleks võib seadistamise ajaks ühendada toiteahelasse alaldusdiodi.

5. Transistoride käsitlemisel tuleb neid kaitsta elektrostaatilisest potentsiaali eest, mille väärtus võib teatud tingimustel tõusta inimese kehal mitme kilovoldini, isoleerainest esemete pinnal koguni mitmekümne kilovoldini. Kui selline kõrge potentsiaal satub pintseti, jootekolvi vm. metalleseme kaudu transistori elektroodidele, võib tekkiv elektriimpulss pooljuhtseadise ära rikuda või selle omadusi halvendada. Kõige tundlikumad on Schottky barjääriga ja MOP-transistorid (ohtlik on juba potentsiaal alates 30...150 voldist), samuti ülikõrgsageduslikud bipolaartransistorid (alates 150...250 V). MOP-transistori paisudielektriku läbilöötk on erinevalt siirete elektriläbilöötkist pöördumatu iseloomuga. Nende seadiste ning neid sisaldavate integraallülituste kaitseks tuleb võtta järgmisi meetmeid:

säilitamise ja montaaži ajal hoida seadise viigud lühistatuna;

metallesemed (jootekolvi tera, pintsetid, lõiketangid), millega pooljuhtseadise viike puudutatakse, peavad olema maandatud, või siis hoida neid maandatud metallplaadil;

jootekolvi tuleb toita läbi eraldustrafo, mille mähiste vahel on elektrostaatiline varje, või siis kolvi toitepistik jootmise ajaks pesast välja võtta.

6. Asendamiseks sobivad samasse sageduse ja hajuvõimsuse rühma kuuluvad transistorid, mille piirparameetrid sageduse, hajuvõimsuse ja elektroodipingete ning -voolude osas ei ole väiksemad kui asendataval transistoril. Asendustransistor peab mõistagi olema samast materjalist (Si, Ge) ja sellesama juhtivustüübiga mis asendatav. Vooluülekanaliteguri väärtusel pole sageli kuigi määravat tähtsust, sest temperatuurstabiliseerimiseks rakendatakse tavaliselt tugevat negatiivset tagasisidet, mis vähendab transistori parameetrite erinevuse mõju lülituse tööle.

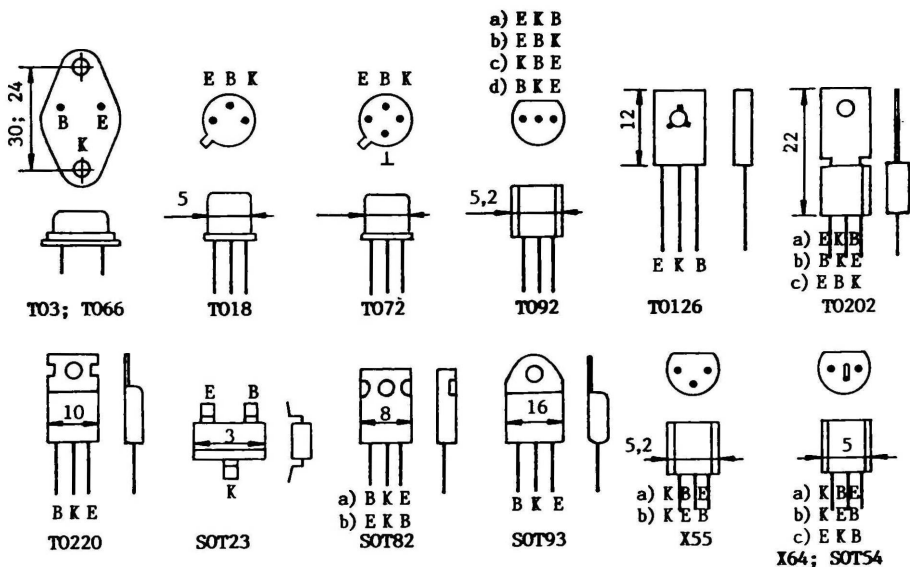
## 2.6. TRANSISTORIDE ANDMED

Mõnede Euroopa (tähistussüsteemis Pro Electron), USA (JEDEC) ja Jaapani transistoride sokeldus ning analoogtüübid on tabelis 2.1. Andmeid bipolaartransistoride kohta on tabelis 2.2 ja 2.3. Transistori juhtivustüübi määrab kollektoripinge  $U_{CER}$  polaarsus: npn-transistoridel on see teatavasti emitteri suhtes positiivne (nt. +25 V), pnp-transistoridel negatiivne.

Parameetrid on üldiselt antud vastavuses temperatuurile 25 °C. Kõrgeim lubatav ümbrustemperatuur on Ge- ja GaAs-transistoridel 70...85 °C, Si-transistoridel 85...125 °C.

Väljatransistoride põhiandmetest annab ülevaate t.2.4. Kõrgsageduslike väljatransistoride piirsagedus ulatub sadadesse megahertsidesse.

Transistore toodavad (või on tootnud) Amperex, Fairchild, General Electric, Hewlett-Packard, International Devices, Intersil, ITT Semiconductors, Microwave Semiconductor, Motorola, National Semiconductor, Power Tech., RCA, Raytheon, Solitron Devices, Solid Power, Sprague, Siliconix, Teledyne, Texas Instruments, TRW, Westinghouse (kõik USA); Fujitsu, Hitachi, Mitsubishi, Matsushita, Nippon Electric, Sanyo Electric, Sanken Electric, Sony Semiconductor, Toshiba (Jaapan); Intermetall, Siemens, Valvo (Saksamaa); Ferranti, Mullard (Inglismaa); Philips (Holland); Ates-SGS (Itaalia); Thompson (Prantsusmaa) jt.



### J.2.12. Transistoride kuju ja sokeldus

#### T.2.1. Lääne firmade Si-bipolaartransistoride sokeldus ja Vene lähimad analoogid

Tüüp	J.2.12	Asendab	BC182A	X64a	KT3102A	BC237A	X64a	KT3102A
			BC182B	X64a	KT3102B	BC237B	X64a	KT3102B
BC170A	X64a	KT3151E9	BC182C	X64a	KT3102E	BC238A	X64a	KT3102A

BC238C	X64a	KT3102Г	BC526B	T092b	KT3107И	BCW81	SOT23	KT3130B9
BC239B	X64a	KT3102Д	BC526C	T092b	KT3102K	BCW89	SOT23	KT3129B9
BC239C	X64a	KT3102E	BC527-6	T092b	KT644A	BCY56	TO18	KT3102B
BC250A	X64a	KT361A	BC527-10	T092b	KT644B	BCY57	TO18	KT3102E
BC250B	X64a	KT361B	BC547A	X64a	KT3102A	BCY58A	TO18	KT342A
BC307A	X64a	KT3107Б	BC547B	X64a	KT3102Б	BCY58B	TO18	KT342Б
BC307B	X64a	KT3107И	BC547C	X64a	KT3102Г	BCY58C	TO18	KT342Б
BC308A	X64a	KT3107Г	BC548A	X64a	KT3102A	BCY58D	TO18	KT342B
BC308B	X64a	KT3107Д	BC548B	X64a	KT3102B	BCY69	TO18	KT342B
BC308C	X64a	KT3107K	BC548C	X64a	KT3102Г	BCY70	TO18	KT3107A
BC309B	X64a	KT3107E	BC549A	X64a	KT3102Д	BCY71	TO18	KT3107E
BC309C	X64a	KT3107Л	BC549Б	X64a	KT3102Д	BCY72	TO18	KT3107B
BC317	T092b	KT3107A	BC549C	X64a	KT3102E	BCY78	TO18	KT3107Д
BC318	T092b	KT3107Б	BC557	X64a	KT361Д	BCY79	TO18	KT3107Б
BC319	T092b	KT3107E	BC557A	X64a	KT3107A	BCY92	TO18	KT208E
BC320A	T092b	KT3107Б	BC557B	X64a	KT3107И	BCY93	TO18	KT208K
BC320B	T092b	KT3107Д	BC558	X64a	KT3107Д	BCY94	TO18	KT208K
BC321A	T092b	KT3107Б	BC558A	X64a	KT3107Г	BCY95	TO18	KT208K
BC321B	T092b	KT3107И	BC558B	X64a	KT3107Д	BD165	TO126	KT815A
BC321C	T092b	KT3107K	BC559	X64a	KT3107Ж	BD166	TO126	KT814Б
BC322B	T092b	KT3107Ж	BC636		KT639A1	BD167	TO126	KT815Б
BC322C	T092b	KT3107Л	BC638		KT639Г1	BD168	TO126	KT814Б
BC327-10	X64a	KT639B1	BC727		KT639B1	BD169	TO126	KT815Б
BC355	T092c	KT352Б	BCF29	SOT23	KT3129B9	BD170	TO126	KT814Г
BC355A	T092c	KT352A	BCF30	SOT23	KT3129Г9	BD175	TO126	KT817Б
BC382B	X64a	KT3102Б	BCF32	SOT23	KT3129B9	BD176	TO126	KT816Б
BC382C	X64a	KT3102Г	BCF33	SOT23	KT3129E9	BD177	TO126	KT817Б
BC383B	X64a	KT3102Д	BCF70	SOT23	KT3129Г9	BD178	TO126	KT816Б
BC383C	X64a	KT3102E	BCF81	SOT23	KT3129Б9	BD179	TO126	KT817Г
BC384B	X64a	KT3102Д	BCV71	SOT23	KT3130A9	BD180	TO126	KT816Г
BC384C	X64a	KT3102E	BCV72	SOT23	KT3130B9	BD181	TO3	KT819EM
BC451	T092c	KT3102Б	BCW29	SOT23	KT3130B9	BD182	TO3	KT819BM
BC452	T092c	KT3102Б	BCW30	SOT23	KT3130Г9	BD183	TO3	KT819ГM
BC453	T092c	KT3102Д	BCW31	SOT23	KT3130B9	BD201	TO220	KT819B
BC454A	T092c	KT3102Б	BCW32	SOT23	KT3130B9	BD202	TO220	KT819Б
BC454B	T092c	KT3102И	BCW33	SOT23	KT3130Г9	BD203	TO220	KT819Г
BC454C	T092c	KT3102K	BCW60A	SOT23	KT3130A9	BD204	TO220	KT819Б
BC455A	T092c	KT3102Г	BCW60B	SOT23	KT3130B9	BD220	TO220	KT817Г
BC455B	T092c	KT3102Д	BCW60C	SOT23	KT3130B9	BD221	TO220	KT817Б
BC455C	T092c	KT3102K	BCW60D	SOT23	KT3130E9	BD222	TO220	KT817Г
BC456A	T092c	KT3102E	BCW61A	SOT23	KT3129B9	BD223	TO220	KT837H
BC456B	T092c	KT3102Ж	BCW61B	SOT23	KT3129Г9	BD224	TO220	KT837Ф
BC456C	T092c	KT3102Л	BCW61C	SOT23	KT3129Г9	BD225	TO220	KT837C
BC513	X55a	KT345A	BCW69	SOT23	KT3129Б9	BD226	TO126	KT943A
BC521	T092b	KT3102Д	BCW70	SOT23	KT3129Г9	BD227	TO126	KT639Б
BC521C	T092b	KT3102Д	BCW71	SOT23	KT3130A9	BD228	TO126	KT943Б
BC526A	T092b	KT3107И	BCW72	SOT23	KT3130B9	BD229	TO126	KT639Д

BD236	T0126	KT816B	BD617	T0202a	KT817B	BD951	TO220	KT819B
BD237	T0126	KT817Г	BD618	T0202a	KT816B	BD952	TO220	KT818B
BD238	T0126	KT816Г	BD619	T0202a	KT817Г	BD953	TO220	KT819Г
BD246	SOT93	KT818B	BD620	T0202a	KT816Г	BD954	TO220	KT819Г
BD249	SOT93	KT829B	BD643	TO220	KT829B	BDT91	TO220	KT819B
BD249	SOT93	KT829A	BD645	TO220	KT829B	BDT92	TO220	KT818B
BD263	T0126	KT829B	BD647	TO220	KT829A	BDT93	TO220	KT819B
BD263A	T0126	KT829A	BD663	TO220	KT819A	BDT94	TO220	KT818B
BD265	TO220	KT829B	BD664	TO220	KT819B	BDT95	TO220	KT819Г
BD266	TO220	KT829A	BD675	TO126	KT829Г	BDT96	TO220	KT818Г
BD267	TO220	KT819A	BD675A	TO126	KT829Г	BDV91	SOT93	KT819B
BD267A	TO220	KT818A	BD677	TO126	KT829B	BDV92	SOT93	KT818B
BD291	SOT82	KT819B	BD677A	TO126	KT829B	BDV93	SOT93	KT819B
BD292	SOT82	KT818B	BD679	TO126	KT829B	BDV94	SOT93	KT819B
BD293	SOT82	KT819B	BD679A	TO126	KT829B	BDV95	SOT93	KT819Г
BD294	SOT82	KT818B	BD681	TO126	KT829A	BDV96	SOT93	KT818Г
BD295	SOT82	KT829B	BD705	TO220	KT819A	BDW21	TO3	KT819AM
BD296	SOT82	KT829B	BD706	TO220	KT818B	BDW21A	TO3	KT819EM
BD331	SOT82	KT829A	BD707	TO220	KT819B	BDW21B	TO3	KT819BM
BD333	SOT82	KT943A	BD708	TO220	KT818B	BDW21C	TO3	KT819ГM
BD335	SOT82	KT943B	BD709	TO220	KT819Г	BDW22	TO3	KT818EM
BD375	T0126	KT943B	BD710	TO220	KT818Г	BDW22A	TO3	KT818BM
BD377	T0126	KT644B	BD711	TO220	KT819Г	BDW22B	TO3	KT818ГM
BD379	T0126	KT817A	BD712	TO220	KT818Г	BDW22C	TO3	KT818ГM
BD386	TO202	KT816A	BD813	TO202a	KT815A	BDW23	TO220	KT829Г
BD433	T0126	KT817A	BD814	TO202a	KT814A	BDW23A	TO220	KT829B
BD434	TO220	KT816A	BD815	TO202a	KT815B	BDW23B	TO220	KT829B
BD435	T0126	KT817A	BD816	TO202a	KT814A	BDW23C	TO220	KT829A
BD436	T0126	KT816B	BD817	TO202a	KT815B	BDW51	TO3	KT819AM
BD437	T0126	KT817B	BD818	TO202a	KT814Г	BDW51A	TO3	KT819BM
BD438	T0126	KT816B	BD825	TO202a	KT646A	BDW51B	TO3	KT819ГM
BD439	T0126	KT817Г	BD826	TO202a	KT639B	BDW51C	TO3	KT819ГM
BD440	TO126	KT816Г	BD827	TO202a	KT646A	BDW52	TO3	KT819EM
BD441	TO126	KT819B	BD828	TO202a	KT639Д	BDW52A	TO3	KT819BM
BD442	TO202	KT818B	BD840	TO202a	KT639B	BDW52B	TO3	KT819ГM
BD533	TO220	KT819B	BD842	TO202a	KT639Д	BDW52C	TO3	KT819ГM
BD534	TO220	KT818B	BD933	TO220	KT817B	BDX10	TO3	KT819ГM
BD535	TO220	KT819Г	BD934	TO220	KT816B	BDX10C	TO3	KT819ГM
BD536	TO220	KT818Г	BD935	TO220	KT817B	BDX13C	TO3	KT819EM
BD537	TO220	KT817A	BD936	TO220	KT816B	BDX18	TO3	KT819ГM
BD538	TO220	KT817A	BD937	TO220	KT817Г	BDX53	TO220	KT829Г
BD611	TO202a	KT817A	BD938	TO220	KT816Г	BDX53A	TO220	KT829B
BD612	TO202a	KT816A	BD944	TO220	KT837Ф	BDX53B	TO220	KT829B
BD613	TO202a	KT817A	BD946	TO220	KT837Ф	BDX53C	TO220	KT829A
BD614	TO202a	KT816A	BD948	TO220	KT837Ф	BDX62	TO3	KT829Д
BD615	TO202a	KT817A	BD949	TO220	KT819B	BDX62A	TO3	KT829Г
BD616	TO202a	KT816B	BD950	TO220	KT818B	BDX62B	TO3	KT829Г


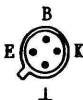
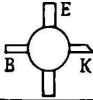
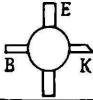

BDX63	T03	KT827B	BF189	SOT23	KT3170A9	BU207A	T03	KT838A
BDX64A	T03	KT825Г	BF199	X64b	KT339AM	BU208A	T03	KT838A
BDX64B	T03	KT825Г	BF254	X55b	KT339AM	BU326	T03	KT840A
BDX65	T03	KT827B	BF272	T072	KT3128A9	BU326A	T03	KT828A
BDX65A	T03	KT827A	BF297	X64a	KT940B	BU409	T03	KT812B
BDX66	T03	KT825Д	BF298	X64a	KT940A	BU606	T03	KT840A
BDX66A	T03	KT825Г	BF299	X64a	KT940A	BU607	T03	KT840B
BDX66B	T03	KT825Г	BF311	X64a	KT339B	BU608	T03	KT848A
BDX67	T03	KT827B	BF423S		KT3157A	BUW36	T03	KT839A
BDX67A	T03	KT827A	BF457	T0126	KT940B	BUX82	T03	KT839A
BDX71	T0220	KT819B	BF458	T0126	KT940B	BUX83	T03	KT812A
BDX73	T0220	KT819Г	BF459	T0126	KT940A	BUX97	T03	KT812A
BDX77	T0220	KT819Г	BF469	T0126	KT940B	BUX97A	T03	KT828A
BDX78	T0220	KT818Г	BF470	T0126	KT940A	BUX97B	T03	KT822A
BDX85	T03	KT827B	BF471	T0126	KT940A	BUY18	T03	KT822A
BDX85A	T03	KT827B	BF506	X64a	KT3165A	BUY55	T03	KT840A
BDX85B	T03	KT827B	BF536	SOT23	KT3126A9	2N759AJ		KT808A
BDX85C	T03	KT827A	BF595	X64b	KT695A	2N1036		KT3151B9
BDX86	T03	KT825B	BF615	T0202	KT940B	2N1132B		KT218Д9
BDX86A	T03	KT825B	BF617	T0202	KT940A	2N1654		KT639A1
BDX86B	T03	KT825Г	BF821S		KT667A9	2N1717		KT218B9
BDX86C	T03	KT827Г	BFR38	T072	KT9128A9	2N2246		KT684B
BDX87	T03	KT827B	BFX44	T018	KT340B	2N2601		KT3151E9
BDX87A	T03	KT827B	BFX65	T018	KT9102E	2N2904		KT216A
BDX87B	T03	KT827B	BFX73	T072	KT368A	2N3055	T03	KT692A
BDX87C	T03	KT827A	BFX89	T072	KT355A	2N3055E	T03	KT819ГM
BDX88	T03	KT825Д	BFX94	T018	KT3117A	2N3121	T018	KT819ГM
BDX88A	T03	KT825Д	BFY78	T018	KT368A	2N3209	T018	KT315A
BDX88B	T03	KT825Г	BFY80	T018	KT3151B9	2N3210	T018	KT347A
BDX88C	T03	KT825Г	BFY90	T072	KT399A	2N3248	T018	KT616B
BDX91	T03	KT819EM	BSS64	SOT23	KT3151A9	2N3249	T018	KT351A
BDX92	T03	KT819EM	BSW20	X64a	KT361Г	2N3250	T018	KT345B
BDX93	T03	KT819EM	BSW21	X64	KT343B	2N3301	T018	KT313B
BDX94	T03	KT819BM	BSW41	T018	KT616A	2N3302	T018	KT3117A
BDX95	T03	KT819ГM	BSW61	T018	KT3117A	2N3304	T018	KT3117A
BDX96	T03	KT819ГM	BSW62	T018	KT3117A	2N3442	T03	KT337A
BDY20	T03	KT819ГM	BSW85	T018	KT646B	2N3451	T018	KT945A
BDY25	T03	KT812B	BSX51	T018	KT340B	2N3545	T018	KT337A
BDY34	T0126	KT943A	BSX52	T018	KT340B	2N3546	T018	KT343B
BDY38	T03	KT819ГM	BSX75	T018	KT3117A	2N3570	T072	KT363A
BDY73	T03	KT819ГM	BSX79A	T018	KT3117A	2N3571	T072	KT399A
BDY90	T03	KT945A	BSX79B	T018	KT342B	2N3572	T072	KT399A
BDY91	T03	KT945A	BSX97	T018	KT3117A	2N3576	T018	KT399A
BDY92	T03	KT908A	BU133	T03	KT828A	2N3600	T072	KT347A
BDY93	T03	KT828	BU204	T03	KT838A	2N3702	T092a	KT368A
BDY94	T03	KT812A	BU205	T03	KT838A	2N3709	T092a	KT345B
BDY95	T03	KT704B	BU207	T03	KT838A	2N3710	T092a	KT373A





2N3906	T092b	KT361Г	2N5839	T03	KT840Б	2N6292	T0220	KT819Г
2N3964	T018	KT3107J	2N5840	T03	KT840A	2N6293	T0220	KT819Г
2N4034	T018	KT326Б	2N5842	T072	KT355A	2N6304	T072	KT399A
2N4123	T092b	KT3102A	2N5845	T092	KT645A	2N6305	T072	KT399A
2N4124	T092b	KT3102Д	2N5851	T072	KT355A	2N6371	T03	KT818БМ
2N4125	T092b	KT361Б	2N5852	T072	KT355A	2N6469	T03	KT819БМ
2N4126	T092b	KT3107Ж	2N6050	T03	KT825Д	2N6470	T03	KT819БМ
2N4137	T018	KT3142	2N6051	T03	KT825Г	2N6471	T03	KT819ГМ
2N4207	T018	KT337Б	2N6052	T03	KT825Г	2N6472	T03	KT504Б
2N4208	T018	KT337Б	2N6057	T03	KT825Б	2N6721		KT816Б
2N4209	T018	KT363A	2N6058	T03	KT825Б	2SA490	T0220	KT839Б
2N4260	T072	KT363A	2N6059	T03	KT827A	2SA496	T0126	KT352A
2N4261	T072	KT363Б	2N6077	T03	KT812Б	2SA500	T018	KT639Д
2N4494	X64a	KT645A	2N6078	T03	KT812Б	2SA505	T0126	KT326Б
2N4495	T092b	KT3117Б	2N6079	T03	KT812A	2SA522	T018	KT313Б
2N5031	T072	KT399A	2N6099	T0220	KT819Б	2SA530	T018	KT352A
2N5032	T072	KT399A	2N6101	T0220	KT819Г	2SA559	T018	KT3107Д
2N5043	T072	ГТ329Б	2N6107	T0220	KT819Г	2SA564	T092a	KT3107И
2N5044	T072	KT329A	2N6109	T0220	KT818Б	2SA564A	T092a	KT345Б
2N5056	T018	KT347Б	2N6111	T0220	KT818A	2SA568	T092d	KT313Е
2N5092	T018	KT504A	2N6121	T0220	KT817A	2SA603	T018	KT357Г
2N5179	T072	KT399AM	2N6122	T0220	KT817Б	2SA628	T092d	KT3107К
2N5190	T0220	KT817A	2N6123	T0220	KT817Г	2SA640	T092a	KT3107Л
2N5191	T0220	KT817Б	2N6124	T0220	KT839Ф	2SA641	T092a	KT816Б
2N5192	T0220	KT317Г	2N6125	T0220	KT839С	2SA670	T0220	KT816Б
2N5193	T0220	KT818A	2N6126	T0220	KT819H	2SA671	T0220	KT350A
2N5194	T0220	KT818Б	2N6129	T0220	KT819Б	2SA715Б	T0126	KT639Б
2N5195	T0220	KT818Г	2N6130	T0220	KT819Б	2SA715С	T0126	KT639Б
2N5209	T092	KT3102Д	2N6131	T0220	KT819Г	2SA715Д	T0126	KT639Б
2N5210	T092	KT3102Е	2N6132	T0220	KT818Б	2SA718	T018	KT313Б
2N5219	T092	KT375Б	2N6133	T0220	KT818Б	2SA733	T092a	KT3107И
2N5221	T092	KT351A	2N6134	T0220	KT818Г	2SA738Б	T0126	KT639Б
2N5223	T092	KT375Б	2N6246	T03	KT818БМ	2SA738С	T0126	KT639Б
2N5226	T092	KT350A	2N6247	T03	KT818ГМ	2SA738Д	T0126	KT639Б
2N5228	T092	KT357A	2N6248	T03	KT818ГМ	2SA741H	T018	KT352A
2N5447	X55a	KT345Б	2N6253	T03	KT818БМ	2SA743	T0126	KT639Г
2N5490	T0220	KT819Б	2N6260	T03	KT805БМ	2SA743A	T0126	KT639Г
2N5492	T0220	KT819Б	2N6282	T03	KT827Б	2SA750	T092a	KT3107К
2N5494	T0220	KT819Б	2N6283	T03	KT827Б	2SA755A	T0220	KT932Б
2N5496	T0220	KT819Г	2N6284	T03	KT827A	2SA755Б	T0220	KT932Б
2N5581	T018	KT928A	2N6285	T03	KT827Д	2SA768	T0220	KT816Б
2N5582JTX	T018	KT928Б	2N6286	T03	KT825Г	2SA769	T0220	KT816Г
2N5652	T072	KT372Б	2N6287	T03	KT825Г	2SA779К	T0202b	KT639Б
2N5769	T092b	KT3142A	2N6288	T0220	KT819A	2SA780AK	T0202b	KT639Д
2N5771	T092b	KT363AM	2N6289	T0220	KT819A	2SA811C5	SOT23	KT3129Б9
2N5821	X55a	KT639Д1	2N6290	T0220	KT819Б	2SA811C6	SOT23	KT3129Г9
2N5838	T03	KT840Б	2N6291	T0220	KT819Б	2SA812M4	SOT23	KT3129Б9

2SA815	TO220	KT814Г	2SC714	TO92c	KT645B	2SC2431	TO3	KT945A
2SA812M5	SOT23	KT3129B9	2SC828A	TO92a	KT3102B	2SC2456	TO126	KT940A
2SA844C	TO92	KT3107И	2SC900	TO92a	KT3102Г	2SC2562	TO220	KT805AM
2SA844D	TO92	KT3107И	2SC923	TO92a	KT3102Г	2SC2611	TO126	KT604BM
2SA876H	TO18	KT313B	2SC945	TO92a	KT3102Д	2SC2716	SOT23	KT3151Д9
2SA962A	TO202c	KT639Д	2SC1044	TO72	KT355A	2SC2790	TO3	KT828A
2SA999	TO92c	KT3107И	2SC1114	TO3	KT812B	2SC2790A	TO3	KT828A
2SA999L	TO92d	KT3107И	2SC1172	TO3	KT839A	2SC2791	TO3	KT828A
2SA1015	TO92a	KT3107B	2SC1172A	TO3	KT839A	2SC2794	TO126	KT943B
2SA1029B	TO92a	KT3107Г	2SC1172B	TO3	KT839A	2SC3335	TO126	KT940B
2SA1029C	TO92a	KT3107Д	2SC1173	TO220	KT948A	2SC3390	TO92b	KT3117B
2SA1029D	TO92a	KT3107И	2SC1220Q	SOT23	KT3180A9	2SC3419	TO126	KT940A
2SA1030B	TO92a	KT3107B	2SC1260	TO72	KT399A	2SC3422	SOT82	KT940B
2SA1030C	TO92a	KT3107Д	2SC1317	TO92a	KT645A	2SC3423	SOT82	KT940B
2SA1031B	TO92a	KT3107Г	2SC1440	TO3	KT945A	2SC3424	SOT82	KT940B
2SA1031C	TO92a	KT3107Ж	2SC1454	TO3	KT812B	2SC3596C,D		KT9141A
2SA1031D	TO92a	KT3107Ж	2SC1550	TO126	KT940B	2SC3596E,F		KT9141A
2SA1033B	TO92a	KT3107Г	2SC1566	TO126	KT940B	2SC4173		KT646B
2SA1033C	TO92a	KT3107Д	2SC1569	TO220	KT940A	2SD203	TO3	KT808A
2SA1033D	TO92a	KT3107K	2SC1617	TO3	KT812B	2SD234	TO220	KT817A
2SA1052B	SOT23	KT3129B9	2SC1618	TO3	KT808A	2SD235	TO220	KT817B
2SA1052C	SOT23	KT3129B9	2SC1619	TO3	KT808A	2SD526	TO220	KT817Г
2SA1052D	SOT23	KT3129B9	2SC1619A	TO3	KT808A	2SD601	SOT23	KT3130B9
2SA1090	TO18	KT313B	2SC1622D	SOT23	KT3130B9	2SD601A	SOT23	KT3130B9
2SA1356	SOT82	KT626A	2SC1623L	SOT23	KT3130A9	2SD602A		KT3117A
2SA1462	SOT23	KT370A9	2SC1624	TO220	KT945B	2SD605	TO3	KT834A
2SB434	TO220	KT837P	2SC1625	TO220	KT945B	2SD640	TO3	KT828B
2SB434G	TO220	KT837P	2SC1815	TO92d	KT3102B	2SD668	TO126	KT611BM
2SB435	TO220	KT837Y	2SC1826	TO220	KT817Г	2SD668A	TO126	KT611BM
2SB435G	TO220	KT837P	2SC1827	TO220	KT817Г	2SD675A	TO3	KT945A
2SB553	TO220	KT818B	2SC1828	TO3	KT828A	2SD685	TO3	KT834A
2SB595	TO220	KT816Г	2SC1846	TO126	KT645A	2SD686	TO220	KT829A
2SB596	TO220	KT816Г	2SC1894	TO3	KT839A	2SD716	SOT93	KT819ГM
2SB650H	TO3	KT825Г	2SC1895	TO3	KT839A	2SD814	SOT23	KT3179A9
2SB693H	TO3	KT825Г	2SC1896	TO3	KT839A	2SD820	TO3	KT839A
2SB709	SOT23	KT3129Д9	2SC1929	TO220	KT504B	2SD821	TO3	KT839A
2SB709A	SOT23	KT3129Г9	2SC2036	TO126	KT646A	2SD822	TO3	KT839A
2SB754	SOT93	KT818B	2SC2068	TO202b	KT940A	2SD843	TO220	KT819ГM
2SB834	TO220	KT835B	2SC2121	TO3	KT828B	2SD867	TO3	KT808AM
2SB906	TO220	KT835B	2SC2137	TO3	KT812A	2SD1279	TO3	KT839A
2SB1016	TO220	KT818Г	2SC2138	TO3	KT812A	2SD1354	TO202	KT817B
2SB1017	TO220	KT818Г	2SC2231	TO202b	KT940B	2SD1356	TO202	KT817Г
2SB1018	TO220	KT818Г	2SC2231A	TO202b	KT940B	2SD1406	TO202	KT817B
2SB1019	TO220	KT818B	2SC2242	TO220	KT940A	2SD1408	TO202	KT817Г
2SC478	TO92b	KT3117A	2SC2258	TO126	KT940B	2SD1423		KT3117A1
2SC538	TO92a	KT3102Г	2SC2404	SOT23	KT3130Г9	2SD1423A		KT3117A
2SC538A	TO92a	KT3102B	2SC2405	SOT23	KT3130Г9	2SD1949		KT3153A9

### T.2.2. Väikese võimsusega ( $P_{Cmax} < 1 \text{ W}$ ) bipolaartransistorid







$P_C$  kollektori suurim lubatav hajuvõimsus ümbrustemperatuuril  $t_a$ ,  
 $U_{CER}$  kollektori ja emitteri vaheline suurim lubatav alalispinge,  
 kui baasi ja emitteri vahel on teatav takistus;  
 $U_{CBO}$  kollektori ja baasi vaheline suurim lubatav alalispinge;  
 $I_C$  ja  $I_{CM}$  suurim lubatav kollektori alalisvool ja impulssvool;  
 $f_T$  vooluülekanndeteguri transiitsageduse vähimväärtus;  
 $h_{21E}$  ÜE-ühenduses transistori staatiline vooluülekanndetegur;  
 $h_{21e}$  ÜE-ühenduses transistori vooluülekanndetegur;  
 $R_{thja}$  transistori siirde ja ümbritseva keskkonna vahelise soojus-  
 takistuse enimväärtus


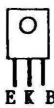
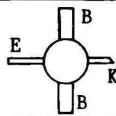







Tüüp	$P_C$ ( $t_a$ ) mW ( $^{\circ}\text{C}$ )	$U_{CER}$ ( $U_{CBO}$ ) V	$I_C$ ( $I_{CM}$ ) mA	$f_T$ MHz	$h_{21E}$ ( $h_{21e}$ )	$R_{thja}$ K/W	Sokeldus
ГТ313А	100 (20)	-15	30	350	(20...200)	900	
ГТ313Б	100 (20)	-15	30	450	(20...200)	900	
ГТ313В	100 (20)	-15	30	350	30...170)	900	
ГТ322А	50 (25)	-10	10	80	30...100	700	
ГТ322Б	50 (25)	-6	10	80	50...120	700	
ГТ322В	50 (25)	-10	10	50	20...120	700	
ГТ322Г	50 (25)	-10	5	50	50...120	700	
ГТ322Д	50 (25)	-10	5	50	20...70	700	
ГТ322Е	50 (25)	-10	5	50	50...120	700	
ГТ328А	50 (55)	-15	10	400	20...200	600	
ГТ328Б	50 (55)	-15	10	300	40...200	600	
ГТ328В	50 (55)	-15	10	300	10...50	600	
ГТ383А-2	25 (55)	+5	10	2400	15...250	1250	
ГТ383Б-2	25 (55)	+5	10	1500	10...250	1250	
ГТ383В-2	25 (55)	+5	10	3600	15...250	1250	
КТ315А	150 (25)	+25	100	250	20...90	670	
КТ315Б	150 (25)	+20	100	250	50...350	670	
КТ315В	150 (25)	+40	100	250	20...90	670	
КТ315Г	150 (25)	+35	100	250	50...350	670	
КТ315Д	150 (25)	+40	100	250	20...90	670	
КТ315Е	150 (25)	+35	100	250	50...350	670	
КТ315Ж	100 (25)	+15	50	250	30...250	670	
КТ315И	100 (25)	+60	50	250	30...	670	
КТ315К	150 (25)	+20	100	250	50...350	670	
КТ315Р	150 (25)	+35	100	250	150...350	670	

Tüüp	$P_C$ ( $t_a$ ) mW ( $^{\circ}C$ )	$U_{CER}$ ( $U_{CBO}$ ) V	$I_C$ ( $I_{CM}$ ) mA	$f_T$ MHz	$h_{21E}$ ( $h_{21e}$ )	$R_{thja}$ K/W	Sokeldus
KT325AM	225 (85)	+15	30	800	30...90	290	K E B
KT325BM	225 (85)	+15	30	800	70...210	290	
KT325BM	225 (85)	+15	30	1000	160...400	290	
KT342AM	250 (25)	+35	50	250	100...250	500	K B E
KT342BM	250 (25)	+25	50	300	200...500	500	
KT342BM	250 (25)	+10	50	300	400...1000	500	
KT345A	300 (30)	-20	200	350	20...60	400	
KT345B	300 (30)	-20	200	350	50...85	400	
KT345B	300 (30)	-20	200	350	70...105	400	
KT349A	200 (30)	-15	(40)	300	20...80	600	
KT349B	200 (30)	-15	(40)	300	40...160	600	
KT349B	200 (30)	-15	(40)	300	120...80	600	
KT350A	300 (30)	-15	(600)	100	20...200	400	
KT351A	300 (30)	-15	(400)	200	20...80	400	
KT351B	300 (30)	-15	(400)	200	50...200	400	
KT352A	300 (30)	-15	(200)	200	25...120	400	
KT352B	300 (30)	-15	(200)	200	70...300	400	
KT355AM	225 (85)	+15	30	1500	80...300	300	
KT358A	100 (50)	+20	30	80	(10...100)	700	
KT358B	100 (50)	+20	30	120	(25...100)	700	
KT358B	100 (50)	+20	30	120	(50...280)	700	
KT361A	150 (35)	-25	50	250	20...90	670	Sama mis KT315
KT361B	150 (35)	-20	50	250	50...350	670	
KT361B	150 (35)	-40	50	250	40...160	670	
KT361Г	150 (35)	-35	50	250	50...350	670	
KT361Д	150 (35)	-40	50	250	20...90	670	
KT361E	150 (35)	-35	50	250	50...350	670	
KT361Ж	150 (35)	-10	50	250	50...350	670	
KT361И	150 (35)	-15	50	250	250...	670	
KT361K	150 (35)	-60	50	250	50...350	670	
KT363AM	150 (45)	-15	30	1000	20...70	700	K B E
KT363BM	150 (45)	-12	30	1000	40...120	700	
KT368AM	225 (65)	+15	30	900	50...300	360	
KT368BM	225 (65)	+15	30	900	50...300	360	
KT370A9	30 (50)	-15	15	1000	20...70	2000	
KT370B9	30 (50)	-12	15	1200	40...120	2000	

Tüüp	$P_C$ ( $t_a$ ) mW ( $^{\circ}C$ )	$U_{CER}$ ( $U_{CBO}$ ) V	$I_C$ ( $I_{CM}$ ) mA	$f_T$ MHz	$h_{21E}$ ( $h_{21e}$ )	$R_{thja}$ K/W	Sokeldus
KT372A	50(100)	+15	10	2400	10...	1000	
KT372B	50(100)	+5	10	3000	10...	1000	
KT372B	50(100)	+5	10	2400	10...	1000	
KT373A	150 (55)	+30	50	250	100...150	610	
KT373B	150 (55)	+25	50	250	200...600	610	
KT373B	150 (55)	+10	50	250	500...1000	610	
KT373Г	150 (55)	+60	50	250	50...125	610	
KT375A	200 (25)	+60	100	250	10...100	500	
KT375B	200 (25)	+30	100	250	50...280	500	
KT396A9	100 (25)	+15	40	2100	40...250	1000	
KT399AM	150 (55)	+15	20	1800	40...	630	
KT3102A	250 (25)	(+50)	100	150	100...250	400	
KT3102B	250 (25)	(+50)	100	150	200...500	400	
KT3102B	250 (25)	(+30)	100	150	200...500	400	
KT3102Г	250 (25)	(+20)	100	300	400...1000	400	
KT3102Д	250 (25)	(+30)	100	150	200...500	400	
KT3102E	250 (25)	(+50)	100	300	400...1000	400	
KT3107A	300 (25)	(-50)	100	200	70...140	420	
KT3107B	300 (25)	(-50)	100	200	120...220	420	
KT3107B	300 (25)	(-30)	100	200	70...140	420	
KT3107Г	300 (25)	(-30)	100	200	120...220	420	
KT3107Д	300 (25)	(-30)	100	200	180...460	420	
KT3107E	300 (25)	(-25)	100	200	120...220	420	
KT3107Ж	300 (25)	(-325)	100	200	180...460	420	
KT3107И	300 (25)	(-50)	100	200	180...460	420	
KT3107K	300 (25)	(-30)	100	200	380...800	420	
KT3107Л	300 (25)	(-25)	100	200	380...800	420	
KT3108A	300 (25)	-60	200	250	50...150	500	
KT3108B	300 (25)	-45	200	250	50...150	500	
KT3108B	300 (25)	-45	200	250	100...300	500	
KT3109A	170 (40)	-25	50	800	15...	650	
KT3109B	170 (40)	-20	50	800	15...	650	
KT3109B	170 (40)	-20	50	600	15...	650	

Tüüp	$P_C$ ( $t_a$ ) mW ( $^{\circ}C$ )	$U_{CER}$ ( $U_{CBO}$ ) V	$I_C$ ( $I_{CM}$ ) mA	$f_T$ MHz	$h_{21E}$ ( $h_{21e}$ )	$R_{thja}$ K/W	Sokeldus
KT3115A-2	70 (70)	+10	8,5	5800	15...		
KT3115B-2	70 (70)	+10	8,5	5800	15...		
KT3115Г-2	50 (85)	+7	8,5	5800	15...		
KT3117A1	300 (40)	+60	400	200	40...200	350	
KT3120A	100 (65)	+15	20	1800	40...	860	
KT3123AM	150 (25)	-12	30	5000	40...	1000	
KT3123BM	150 (25)	-12	30	5000	40...	1000	
KT3123BM	150 (25)	-10	30	3500	40...	1000	
KT3126A	150 (30)	-20	20	500	25...150	780	
KT3126B	150 (30)	-20	20	600	60...180	780	
KT3126A9	110 (25)	-35	30	450	25...150		
KT3128A9	110 (35)	-35	20	650	15...150		
KT3129A9	75 (25)	(-50)	100	200	30...120		
KT3129B9	75 (25)	(-50)	100	200	80...250		
KT3129B9	75 (25)	(-30)	100	200	80...250		
KT3129Г9	75 (25)	(-30)	100	200	200...500		
KT3129Д9	75 (25)	(-20)	100	200	200...500		
KT3130A9	100 (25)	(+50)	100	150	100...250		
KT3130B9	100 (25)	(+50)	100	150	200...500		
KT3130B9	100 (25)	(+30)	100	150	200...500		
KT3130Г9	100 (25)	(+20)	100	300	400...1000		
KT3130Д9	100 (25)	(+30)	100	150	200...500		
KT3130E9	100 (25)	(+20)	100	300	400...1000		
KT3130Ж9	100 (25)	(+30)	100	150	100...500		
KT3139A9	200 (25)	(+20)	200	150	200...		
KT3139B9	200 (25)	(+32)	200	150	60...		
KT3139B9	200 (25)	(+32)	200	150	120...		
KT3139Г9	200 (25)	(+32)	200	150	100...310		
KT3140A	200 (25)	(-20)	200	150	200...		
KT3140B	200 (25)	(-32)	200	150	60...		
KT3140B	200 (25)	(-32)	200	150	120...460		
KT3140Г	200 (25)	(-32)	200	150	100...310		
KT3140Д	200 (25)	(-20)	200	150	200...		

Tüüp	$P_C$ ( $t_a$ ) mW ( $^{\circ}C$ )	$U_{CER}$ ( $U_{CBO}$ ) V	$I_C$ ( $I_{CM}$ ) mA	$f_T$ MHz	$h_{21E}$ ( $h_{21e}$ )	$R_{thja}$ K/W	Sokeldus
KT3142A	360 (25)	+40	200	500	40...120		
KT3145A	200 (25)	+32	200	125	200...		
KT3145B	200 (25)	+45	200	125	60...		
KT3145B	200 (25)	+45	200	125	120...460		
KT3145Г	200 (25)	+45	200	125	100...310		
KT3145Д	200 (25)	+45	200	125	120...460		
KT3146A	200 (25)	-32	200	125	200...		
KT3146B	200 (25)	-45	200	125	60...		
KT3146B	200 (25)	-45	200	125	120...460		
KT3146Г	200 (25)	-45	200	125	100...310		
KT3146Д	200 (25)	-45	200	125	120...460		
KT3151A9	200 (25)	+80	100	100	20...	500	
KT3151B9	200 (25)	+80	100	100	30...90	500	
KT3151B9	200 (25)	+60	100	100	40...120	500	
KT3151Г9	200 (25)	+40	100	100	40...120	500	
KT3151Д9	200 (25)	+30	100	100	80...	500	
KT3151E9	200 (25)	+20	100	100	40...	500	
KT3153A9	300 (25)	+50	400	250	100...300	417	
KT3157A	200 (25)	-250	30	60	50...		
KT3168A9	180 (55)	+15	28	3000	60...180		
KT3169A9	200 (25)	-40	30	750	25...	500	
KT3170A9	250 (25)	+30	30	300	100...	500	
KT3171A9	200 (25)	(+15)	530	150	50...	500	
KT3172A9	200 (25)	+20	20	500	40...	500	
KT3173A9	200 (25)	(+30)	530	200	50...	500	
KT3176A9	200 (25)	(+35)	500	150	65...	500	
KT3179A9	200 (25)	+150	20		65...	500	
KT3180A9	200 (25)	+150	50		90...	500	
KT502A	350 (25)	(-40)	150	5	40...120	210	
KT502B	350 (25)	(-40)	150	5	80...240	210	
KT502B	350 (25)	(-60)	150	5	40...120	210	
KT502Г	350 (25)	(-60)	150	5	80...240	210	
KT502Д	350 (25)	(-80)	150	5	40...200	210	
KT502E	350 (25)	(-90)	150	5	40...120	210	


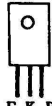
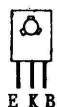

Tüüp	$P_C$ ( $t_a$ ) mW ( $^{\circ}C$ )	$U_{CER}$ ( $U_{CBO}$ ) V	$I_C$ ( $I_{CM}$ ) mA	$f_T$ MHz	$h_{21E}$ ( $h_{21e}$ )	$R_{thja}$ K/W	Sokeldus
KT503A	350 (25)	(+40)	150	5	40...120	210	K B E 
KT503B	350 (25)	(+40)	150	5	80...240	210	
KT503B	350 (25)	(+60)	150	5	40...120	210	
KT503Г	350 (25)	(+60)	150	5	80...240	210	
KT503Д	350 (25)	(+80)	150	5	40...200	210	
KT503E	350 (25)	(+100)	150	5	40...120	210	
KT611AM	800 (25)	+200	100	60	10...40	150	
KT611EM	800 (25)	+200	100	60	30...120	150	
KT640A-2	600 (60)	(+25)	60	3000		150	
KT640B-2	600 (60)	(+25)	60	3800		150	
KT640B-2	600 (60)	(+25)	60	3800		150	
KT645A	500 (25)	+50	300	200	20...200	250	K B E 
KT645B	500 (25)	+40	300	200	30...	250	
KT660A	500 (25)	+50	800	200	40...200		K E B 
KT660B	500 (25)	+50	800	200	200...450		
KT668A	500	(-50)	100	200	75...140		K B E 
KT668B	500	(-50)	100	200	125...250		
KT668B	500	(-50)	100	200	220...475		
KT680A	350 (85)	(+30)	600	120	85...300		K E B 
KT681A	350 (85)	(-30)	600	120	85...300		
KT684A	800	+45	1000	40	40...250		E K B 
KT684B	800	+60	1000	40	40...160		
KT684B	800	+100	1000	40	40...160		
KT695A	450 (25)	+25	30	300	50...220	255	
KT698A	600 (25)	+90	2000		20...		K B E 
KT698B	600 (25)	+70	2000		20...		
KT698B	600 (25)	+50	2000		50..		
KT698Г	600 (25)	+30	2000		50...		
KT698Д, E	600 (25)	+12	2000		50...		

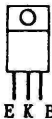

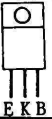





### T.2.3. Suure võimsusega ( $P_{Cmax} \geq 1$ W) bipolaartransistorid

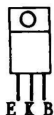

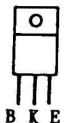

- $P_{Cmax}$  kollektori suurim lubatav hajuvõimsus (radiaatoriga) korpuse temperatuuril  $t_c$ ;
- $U_{CERmax}$  kollektori ja emitteri vaheline suurim lubatav alalispinge, kui baasi ja emitteri vahel on takistus (sõltuvalt tüübist 10...1000  $\Omega$ );
- $U_{CBOmax}$  kollektori ja baasi vaheline suurim lubatav alalispinge, kui emitteriahel on avatud;
- $I_{Cmax}$  suurim lubatav kollektori alalisvool;
- $f_T$  vooluülekandeteguri transiitsageduse vähimväärtus;
- $h_{21E}$  ÜE-ühenduses transistori staatiline vooluülekandetegur;
- $R_{thjc}$  transistori siirde ja korpuse vaheline soojustakistus;
- $R_{thja}$  transistori siirde ja ümbruse vaheline soojustakistus


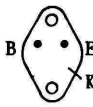
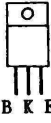
Tüüp	$P_{Cmax}(t_c)$ W	$(t_c)$ (°C)	$U_{CERmax}$ ( $U_{CBOmax}$ ) V	$I_{Cmax}$ A	$f_T$ MHz	$h_{21E}$	$R_{thjc}$ ( $R_{thja}$ ) K/W	Sokeldus (j.2.13)
2N3715	150	(25)	(+60)	10	4	30...		T03
2N3791	150	(25)	(-60)	10	4	30...		T03
2N5038	140	(25)	(+90)	20	60	20...100		T03
2N5303	200	(25)	(+80)	20	2	15...60		T03
2N5630	200	(25)	(+120)	16	1	20...80		T03
2N5631	200	(25)	(+140)	16	8	15...60		T03
2N5745	200	(25)	(-80)	20	2	15...60		T03
2N5758	100	(25)	(+100)	8	1	25...100		T03
2N5875	150	(25)	(-60)	10	4	20...100		T03
2N5876	150	(25)	(-80)	10	4	20...100		T03
2N5877	150	(25)	(+60)	10	4	20...100		T03
2N5878	150	(25)	(+80)	10	4	20...100		T03
2N5879	160	(25)	(+60)	15	4	20...100		T03
2N5880	160	(25)	(-80)	15	4	20...100		T03
2N5881	160	(25)	(-60)	15	4	20...100		T03
2N5882	160	(25)	(+80)	15	4	20...100		T03
2N6030	200	(25)	(-120)	16	1	20...80		T03
2N6031	200	(25)	(-140)	16	8	15...60		T03
2N6050	150	(25)	(-60)	12	4	750...		T03
2N6051	150	(25)	(-80)	12	4	750...		T03
2N6052	100	(25)	(-100)	12	4	750...		T03
2N6053	100	(25)	(-60)	8	4	750...		T03
2N6054	100	(25)	(-80)	8	4	750...		T03
2N6055	100	(25)	(+60)	8	4	750...		T03
2N6056	100	(25)	(+80)	8	4	750...		T03

Tüüp	$P_{Cmax}(t_c)$ W	$(t_c)$ (°C)	$U_{CERmax}$ ( $U_{CBOmax}$ ) V	$I_{Cmax}$ A	$f_T$ MHz	$h_{21E}$	$R_{thjc}$ ( $R_{thja}$ ) K/W	Sokeldus (j.2.13)
2N6057	150	(25)	(+60)	12	4	750...		T03
2N6058	150	(25)	(+80)	12	4	750...		T03
2N6059	150	(25)	(+100)	12	4	750...		T03
2N6040	75	(25)	(-60)	8	4	1000...		T0220
2N6041	75	(25)	(-80)	8	4	1000...		T0220
2N6042	75	(25)	(-100)	8	4	1000...		T0220
2N6043	75	(25)	(+60)	8	4	1000...		T0220
2N6044	75	(25)	(+80)	8	4	1000...		T0220
2N6045	75	(25)	(+100)	8	4	1000...		T0220
2N6107	40	(25)	(-70)	7	4	30...150		T0220
2N6109	40	(25)	(-50)	7	4	30...150		T0220
2N6111	40	(25)	(-30)	7	4	30...150		T0220
2N6247	175	(25)	(+400)	15	6	6...30		T03
2N6251	175	(25)	(+350)	15	2	6...50		T03
2N6282	160	(25)	(+60)	20	4	750...		T03
2N6283	160	(25)	(+80)	20	4	750...		T03
2N6283	160	(25)	(+80)	20	4	750...		T03
2N6284	160	(25)	(+100)	20	4	750...		T03
2N6285	160	(25)	(-60)	20	4	750...		T03
2N6286	160	(25)	(-80)	20	4	750...		T03
2N6287	160	(25)	(-100)	20	4	750...		T03
2N6288	40	(25)	(+30)	7	4	30...150		T0220
2N6292	40	(25)	(+70)	7	4	30...150		T0220
2N6338	200	(25)	(+100)	25	40	30...120		T03
2N6339	200	(25)	(+120)	25	40	30...120		T03
2N6340	200	(25)	(+140)	25	40	30...120		T03
2N6341	200	(25)	(+150)	25	40	30...120		T03
2N6387	65	(25)	(+60)	10	20	1000...		T0220
2N6388	65	(25)	(+80)	10	20	1000...		T0220
2N6437	200	(25)	(-100)	25	40	30...120		T03
2N6438	200	(25)	(-120)	25	40	30...120		T03
2N6487	75	(25)	(+60)	15	5	20...150		T0220
2N6488	75	(25)	(+80)	15	5	20...150		T0220
2N6490	75	(25)	(-60)	15	5	20...150		T0220
2N6491	75	(25)	(-80)	15	5	20...150		T0220
2N6497	80	(25)	(+250)	5	5	10...75		T0220
2N6498	80	(25)	(+300)	5	5	10...75		T0220
2N6667	65	(25)	(-60)	10	20	1000...		T0220
2N6668	65	(25)	(-80)	10	20	1000...		T0220

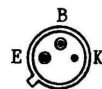
Tüüp	$P_{Cmax}(t_c)$		$U_{CERmax}$ ( $U_{CBOmax}$ )	$I_{Cmax}$	$f_T$	$h_{21E}$	$R_{thjc}$ ( $R_{thja}$ )	Sokeldus
	W	(°C)						
KT504A	10	(25)	+350	1	20	15...100	12,5(125)	
KT504B	10	(25)	+200	1	20	15...100	12,5(125)	
KT504B	10	(25)	+275	1	20	15...100	12,5(125)	
KT602AM	2,8	(25)	+120	0,075	150	20...80	45 (150)	
KT602BM	2,8	(25)	+120	0,075	150	50...220	45 (150)	
KT611AM	3	(25)	+180	0,1	60	10...40	40 (150)	
KT611BM	3	(25)	+180	0,1	60	30...120	40 (150)	
KT626A	6,5	(60)	-45	0,5	75	40...250	10	
KT626B	6,5	(60)	-60	0,5	75	30...100	10	
KT626B	6,5	(60)	-80	0,5	45	15...45	10	
KT626Г	6,5	(60)	-20	0,5	45	15...60	10	
KT626Д	6,5	(60)	-20	0,5	45	40...250	10	
KT639A	12,5	(35)	(-45)	1,5	80	40...100	10 (115)	
KT639B	12,5	(35)	(-45)	1,5	80	63...160	10 (115)	
KT639B	12,5	(35)	(-45)	1,5	80	100...250	10 (115)	
KT639Г	12,5	(35)	(-60)	1,5	80	40...100	10 (115)	
KT639Д	12,5	(35)	(-60)	1,5	80	63...160	10 (115)	
KT639E	12,5	(35)	(-100)	1,5	80	40...100	10 (115)	
KT639Ж	12,5	(35)	(-80)	1,5	80	40...100	10 (115)	
KT639И	12,5	(35)	(-30)	1,5	80	180...400	10 (115)	
KT644A	12,5	(35)	(-60)	0,6	200	40...120	10 (115)	
KT644B	12,5	(35)	(-60)	0,6	200	100...300	10 (115)	
KT644B	12,5	(35)	(-40)	0,6	200	40...120	10 (115)	
KT644Г	12,5	(35)	(-40)	0,6	200	100...300	10 (115)	
KT646A	1		+50	0,5	250	40...200	(125)	
KT646B	1		+40	0,5	250	150...	(125)	
KT683A	8	(25)	+150	1	50	40...120	15 (100)	
KT683B	8	(25)	+120	1	50	80...240	15 (100)	
KT683B	8	(25)	+120	1	50	40...120	15 (100)	
KT683Г	8	(25)	+100	1	50	40...120	15 (100)	
KT683Д	8	(25)	+60	1	50	80...240	15 (100)	
KT683E	8	(25)	+60	1	50	160...480	15 (100)	
KT692A	1	(25)	(-40)	1	190	20...	(125)	







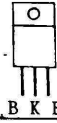

Tüüp	$P_{Cmax}(t_c)$		$U_{CERmax}$ ( $U_{CBOmax}$ )	$I_{Cmax}$	$f_T$	$h_{21E}$	$R_{tjc}$ ( $R_{thja}$ )	Sokeldus
	W	( $^{\circ}C$ )						
KT709A2	30	(25)	-100	10	3	500...	4 (125)	
KT709B2	30	(25)	-80	10	3	750...	4 (125)	
KT709B2	30	(25)	-60	10	3	750...	4 (125)	
KT712A	50	(25)	-200	10	3	500...		
KT712B	50	(25)	-160	10	3	400...		
KT710A	50	(50)	+3000	5	3	3,5...		
KT716A	30	(25)	+100	10	6	750...	4 (60)	
KT716B	30	(25)	+80	10	6	750...	4 (60)	
KT716B	30	(25)	+60	10	6	750...	4 (60)	
KT805AM	30	(50)	+60	5	20	15...	3,3	
KT805BM	30	(50)	+60	5	20	15...	3,3	
KT805BM	30	(50)	+60	5	20	15...	3,3	
KT807A	10	(70)	+100	0,5	5	15...45	8	
KT807B	10	(70)	+100	0,5	5	30...100	8	
KT807AM	10	(70)	+100	0,5	5	15...45	8	Sama mis KT611AM
KT807BM	10	(70)	+100	0,5	5	30...100	8	
KT808AM	60	(50)	+130	8	10	20...125	1,67	
KT808BM	60	(50)	+100	8	10	20...125	1,67	
KT808BM	60	(50)	+80	8	10	20...125	1,67	
KT808GM	60	(50)	+70	8	10	20...125	1,67	
KT812A	50	(50)	+400	8	3	4...	1,67(67)	
KT812B	50	(50)	+300	8	3	4...	1,67(67)	
KT812B	50	(50)	+200	8	3	10...	1,67(67)	
KT814A	10	(25)	-40	1,5	3	40...	10 (100)	
KT814B	10	(25)	-50	1,5	3	40...	10 (100)	
KT814B	10	(25)	-70	1,5	3	40...	10 (100)	
KT814G	10	(25)	-100	1,5	3	30...	10 (100)	
KT815A	10	(25)	+40	1,5	3	40...	10 (100)	
KT815B	10	(25)	+50	1,5	3	40...	10 (100)	
KT815B	10	(25)	+70	1,5	3	40...	10 (100)	
KT815G	10	(25)	+100	1,5	3	40...	10 (100)	
KT816A	25	(25)	-40	3	3	25...	5 (100)	
KT816B	25	(25)	-45	3	3	25...	5 (100)	
KT816B	25	(25)	-60	3	3	25...	5 (100)	
KT816G	25	(25)	-100	3	3	25...	5 (100)	
KT817A	25	(25)	+40	3	3	25...	5 (100)	

Tüüp	$P_{Cmax}(t_c)$		$U_{CERmax}$ ( $U_{CBOmax}$ )	$I_{Cmax}$	$f_T$	$h_{21E}$	$R_{tjc}$ ( $R_{thja}$ )	Sokeldus
	W	(°C)						
KT817B	25	(25)	+45	3	3	25...	5 (100)	
KT817B	25	(25)	+60	3	3	25...	5 (100)	
KT817Г	25	(25)	+100	3	3	25...	5 (100)	
KT818A	60	(25)	-40	10	3	15...	1,67(67)	
KT818B	60	(25)	-50	10	3	20...	1,67(67)	
KT818B	60	(25)	-70	10	3	15...	1,67(67)	
KT818Г	60	(25)	-90	10	3	12...	1,67(67)	
KT819A	60	(25)	+40	10	3	15...	1,67(67)	
KT819B	60	(25)	+50	10	3	20...	1,67(67)	
KT819B	60	(25)	+70	10	3	15...	1,67(67)	
KT819Г	60	(25)	+100	10	3	12...	1,67(67)	
KT818AM	100	(25)	-40	15	3	15...	1 (50)	
KT818BM	100	(25)	-50	15	3	20...	1 (50)	
KT818BM	100	(25)	-70	15	3	15...	1 (50)	
KT818ГM	100	(25)	-90	15	3	12...	1 (50)	
KT819AM	100	(25)	+40	15	3	15...	1 (50)	
KT819BM	100	(25)	+50	15	3	20...	1 (50)	
KT819BM	100	(25)	+70	15	3	15...	1 (50)	
KT819ГM	100	(25)	+100	15	3	12...	1 (50)	
KT825Г	125	(25)	-90	20	4	750...	1 (40)	
KT825Д	125	(25)	-60	20	4	750...	1 (40)	
KT825E	125	(25)	-30	20	4	750...	1 (40)	
KT826A	15	(50)	+700	1	6	10...120	6,6	
KT826B	15	(50)	+700	1	6	10...120	6,6	
KT826B	15	(50)	+700	1	6	10...120	6,6	
KT827A	125	(25)	+100	20	4	750...	11	
KT827B	125	(25)	+80	20	4	750...	11	
KT827B	125	(25)	+60	20	4	750...	11	
KT829A	60	(25)	+100	8	4	750...	2	
KT829B	60	(25)	+80	8	4	750...	2	
KT829B	60	(25)	+60	8	4	750...	2	
KT829Г	60	(25)	+45	8	4	750...	2	
KT834A	100	(25)	+500	15	4	150...	2	
KT834B	100	(25)	+450	15	4	150...	2	
KT834B	100	(25)	+400	15	4	150...	2	

Tüüp	$P_{Cmax}(t_c)$		$U_{CERmax}$ ( $U_{CBOmax}$ )	$I_{Cmax}$	$f_T$	$h_{21E}$	$R_{thjc}$ ( $R_{thja}$ )	Sokeldus	
	W	( $^{\circ}C$ )							V
KT835A	25	(25)	(-30)	3	1	25...	4		
KT835B	25	(25)	(-45)	7,5	1	10...100	4		
KT837A,Л	30	(25)	-70	7,5	1	10...40	3,3(100)		
KT837B,М	30	(25)	-70	7,5	1	20...80	3,3(100)		
KT837B,Н	30	(25)	-70	7,5	1	50...150	3,3(100)		
KT837Г,П	30	(25)	-55	7,5	1	10...40	3,3(100)		
KT837Д,Р	30	(25)	-55	7,5	1	20...80	3,3(100)		
KT837E,С	30	(25)	-55	7,5	1	50...150	3,3(100)		
KT837Ж,Т	30	(25)	-40	7,5	1	10...40	3,3(100)		
KT837И,У	30	(25)	-40	7,5	1	20...80	3,3(100)		
KT837K,Ф	30	(25)	-40	7,5	1	50...150	3,3(100)		
KT838A	12,5	(95)	+1500imp.	5	3	4...	1,6		
KT839A	50	(25)	+1500imp.	10	5	5...	2		
KT840A	60	(50)	+400	6	8	10...100	1,67		
KT840B	60	(50)	+350	6	8	10...100	1,67		
KT841A	50	(25)	(+600)	10	10	12...	2,5		
KT841B	50	(25)	(+400)	10	10	12...	2,5		
KT841B	50	(25)	(+600)	10	10	12...	2,5		
KT842A	50	(25)	(-300)	5	10	15...	2,5		
KT842B	50	(25)	(-200)	5	10	15...	2,5		
KT844A	50	(50)	(+250)	10	1	10...50	12,5		
KT845A	40	(50)	+400	5	5	15...100	12,5		
KT847A	125	(25)	+650	15	15	8...25	17,5		
KT847B	125	(25)	+650	15	10	8...25	17,5		
KT848A	35	(100)	+400	15	3	20...	5		
KT850A	25		+200	2	20	40...200			
KT850B	25		+250	2	20	20...200			
KT850B	25		+250	2	20	20...200			
KT851A	25		-200	2	20	40...200			
KT851B	25		-250	2	20	20...200			
KT851B	25		-150	2	20	20...200			
KT852A	50		-100	2,5	7	500...	2,5		
KT852B	50		-80	2,5	7	500...	2,5		
KT852B	50		-60	2,5	7	1000...	2,5		
KT852Г	50		-45	2,5	7	1000...	2,5		
KT853A	60		-100	8	7	750...			
KT853B	60		-80	8	7	750...			

Tüüp	$P_{Cmax}(t_c)$		$U_{CERmax}$ ( $U_{CBOmax}$ )	$I_{Cmax}$	$f_T$	$h_{21E}$	$R_{thjc}$ ( $R_{thja}$ )	Sokeldus
	W	( $^{\circ}C$ )						
KT853B	60		-60	8	7	750...		
KT853Г	60		-45	8	7	750...		
KT854A	60		+500	10	10	20...		
KT854B	60		+300	10	10	20...		
KT855A	40		(-250)	5	5	20...		
KT855B	40		(-150)	5	5	20...		
KT855B	40		(-150)	5	5	15...		
KT857A	60		+250	7	10	7,5...		
KT858A	60		+400	7	10	10...		
KT859A	40		+800	3	10	10...		
KT863A	50		+30	10	4	100...		
<hr/>								
KT864A	100		(+160)	10	15	40...200		
KT865A	100		(-160)	10	15	40...200		
KT868A	70		(+900)	6	8	10...60		
KT868B	70		(+750)	6	8	10...100		
<hr/>								
KT875A	50	(25)	+90	10	20	80...250	2,5(50)	
KT875B	50	(25)	+70	10	20	80...250	2,5(50)	
KT875B	50	(25)	+50	10	20	80...250	2,5(50)	
KT875Г	50	(25)	+90	10	20	40...160	2,5(50)	
KT876A	50	(25)	-90	10	20	80...250	2,5(40)	
KT876B	50	(25)	-70	10	20	80...250	2,5(40)	
KT876B	50	(25)	-50	10	20	80...250	2,5(40)	
KT876Г	50	(25)	-90	10	20	40...160	2,5(40)	
KT877A	50	(25)	-80	20	100	750...	2,2(50)	
KT877B	50	(25)	-60	20	100	2500...	2,2(50)	
KT877B	50	(25)	-40	20	100	2500...	2,2(50)	
KT878A	100	(25)	+800	25	22	12...50	1,25	
KT878B	100	(25)	+600	25	22	12...50	1,25	
<hr/>								
KT880A	5	(25)	-100	2	30	80...250	25 (150)	
KT880B	5	(25)	-80	2	30	80...250	25 (150)	
KT880B	5	(25)	-50	2	30	80...250	25 (150)	
KT880Г	5	(25)	-100	2	30	40...160	25 (150)	
KT881A	5	(25)	+100	2	30	80...250	25 (150)	
KT881B	5	(25)	+80	2	30	80...250	25 (150)	
KT881B	5	(25)	+50	2	30	80...250	25 (150)	
KT881Г	5	(25)	+100	2	30	40...160	25 (150)	



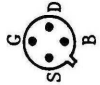




Tüüp	$P_{Cmax}(t_c)$		$U_{CERmax}$ ( $U_{CBOmax}$ )	$I_{Cmax}$	$f_T$	$h_{21E}$	$R_{thjc}$ ( $R_{thja}$ )	Sokeldus
	W	(°C)						
KT897A	150	(25)	+350	20	10	400...	1 (50)	
KT897B	150	(25)	+200	20	10	400...	1 (50)	
KT898A	125	(25)	+350	20	10	400...	1,2(100)	
KT898B	125	(25)	+200	20	10	400...	1,2(100)	
KT8101A	150	(25)	+200	16	10	20...	0,8	
KT8101B	150	(25)	+160	16	10	20...	0,8	
KT8102A	150	(25)	--200	16	10	20...	0,8	
KT8102B	150	(25)	-160	16	10	20...	0,8	
KT928A	3,6	(25)	+60	0,8	250	20...100	(250)	
KT928B	3,6	(25)	+60	0,8	250	50...200	(250)	
KT928B	3,6	(25)	+75	0,8	250	100...300	(250)	
KT943A	25	(25)	+45	5	30	40...200	5	
KT943B	25	(25)	+60	5	30	40...160	5	
KT943B	25	(25)	+80	5	30	40...120	5	
KT943Г	25	(25)	+80	5	30	20...60	5	
KT943Д	25	(25)	+60	5	30	30...100	5	
KT961A	12,5	(40)	+100	1,5	50	40...100	10 (110)	
KT961B	12,5	(40)	+80	1,5	50	63...160	10 (110)	
KT961B	12,5	(40)	+60	1,5	50	100...250	10 (110)	
KT969A	6	(25)	+250	0,1	60	50...250	20 (125)	
KT972A	4	(85)	+60	4	200	750...	16	
KT972B	4	(85)	+45	4	200	750...	16	
KT973A	4	(85)	-60	4	200	750...	16	
KT973B	4	(85)	-45	4	200	750...	16	
KT997A	40	(25)	+45	10	50	40...	2,5(75)	
KT997B	40	(25)	+45	10	50	20...		
KT9120A	50	(25)	-45	12	50	40...		
KT9141A	3	(50)	+80	0,3	1000	15...45	35	
KT9143A	3	(25)	-65	0,1	1500	20...		
KT9143B	3	(25)	-65	0,1	1500	20...60		
KT9143B	3	(25)	-65	0,1	1000	20...		


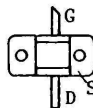




Suure vooluilekandeteguri (vähiväärtus sadades) korral on tege-  
mist liittransistoriga, mille korpuses on kaks Darlingtoni lülituses  
struktuuri. Lisaks võib seadises olla diodid kaitseks vastandpolaarse  
pinge eest ja diodid toimekiiruse suurendamiseks.

## T.2.4. Väljatransistorid

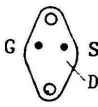
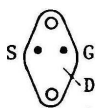







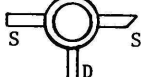
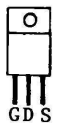
$P_{DSmax}$  suurim lubatav hajuvõimsus (ümbrustemperatuuril 25 °C);  
 $U_{DSmax}$  neelu ja lätte vaheline suurim lubatav pinge kokkuühendatud paisu ja lätte korral;  
 $U_{GSmax}$  paisu ja lätte vaheline suurim lubatav pinge;  
 $I_{Dmax}$  suurim lubatav neeluvool;  $U_{GS(off)}$  sulgepingeline;  
 $U_{GS(th)}$  lävipinge;  $S_{min} = I_D / U_{GS}$  tõusu vähimväärtus

Tüüp	Liik, kanal*	$P_{DSmax}$ mW	$U_{DSmax}$ V	$U_{GSmax}$ V	$I_{Dmax}$ mA	$U_{GS(off)}$ ( $U_{GS(th)}$ ) V	$S_{min}$ mA/V	Sokeldus
BC264A	pn, n	300	+30	-30	4,5	-0,5...	2,5	G S D
BC264B		300	+30	-30	6,5	-0,5...	3	
BC264C		300	+30	-30	8	-0,5...	3,5	
BC264D		300	+30	-30	12	-0,5...	4	
BCD22	MOP, n <sub>f</sub>	230	+20	+15... ...-40	50	...+2		
BCD212	MOP, n <sub>i</sub>	275	+10	+/-40	50	+0,1...+0,2		
BCD213		275	+10	+/-40	50	+0,1...+0,2		
BCD214		275	+10	+/-40	50	+0,1...+0,2		
BCD215		275	+10	+/-40	50	+0,1...+0,2		
BF245A	pn, n	300	+30	-30	6,5	-0,3...-8	3	G S D
BF245B		300	+30	-30	15	-0,3...-8	3	
BF245C		300	+30	-30	25	-0,3...-8	3	
BF350	pn, n	360	+15		10	...-5	10	
BF351		360	+24		10	...-5	14	
BF352		360	+24		10	...-2	14	
BF353		360	+24		10	...-3	12	
BF354		360	+24		10	...-3	2	
BF410A	pn, n	300	+20	-20	30	-0,7...	2,5	G S D
BF410B		300	+20	-20	30	-1,5...	4	
BF410C		300	+20	-20	30	-2,2...	7	
BF410D		300	+20	-20	30	-3,2...	8	
BF510	pn, n	250	+20	-20	30	-0,8...	2,5	
BF511		250	+20	-20	30	-1,5...	4	
BF512		250	+20	-20	30	-2,2...	4	
BF513		250	+20	-20	30	-3,0...	3,5	

Tüüp	Liik, kanal*	$P_{DSmax}$ mW	$U_{DSmax}$ V	$U_{GSmax}$ V	$I_{Dmax}$ mA	$U_{GS(off)}$ ( $U_{GS(th)}$ ) V	$S_{min}$ mA/V	Sokeldus
BF802	pn, n	300	+25		10	...-6	0,25	
BF803		300	+30		10	...-3	0,25	
BF804		300	+30		10	...-5	0,25	
BF805		300	+30		10	...-6	0,25	
BF806		300	+30		10	...-6	0,25	
BF808		120	+20		10	...-5	0,25	
BF810		300	+30		10	...-6	0,25	
BF815		300	+30		10	...-6	0,25	
BF816		300	+30		10	...-6	0,25	
BF817		300	+25		10	...-5	0,25	
BF818		300	+25		10	...-5	0,25	
BF830	pn, n	250	+25	-25	10	...-5	1	
BF831		250	+25	-25	10	...-2,5	1,5	
BFS70	pn, n	300	+50		10	...4	1,5	
BFS71		300	+50		10	...6	3	
BFS72		300	+30		10	...8	3,5	
BSR56	pn, n	250	+40	-40	50	-4,0...-10		
BSR57		250	+40	-40	20	-2,0...-6		
BSR58		250	+40	-40	8	-0,8...-4		
2N4091	pn, n	1,5W	+40	-40	30	-5...-10		
2N4092		1,5	+40	-40	15	-2...-7		
2N4093		1,5	+40	-40	8	-1...-5		
2N4391	pn, n	1,5W	+40	-40	50	-4...-10		
2N4392		1,5	+40	-40	25	-2...-5		
2N4393		1,5	+40	-40	5	-0,5...-3		
2N4856	pn, n	360	+40	-40	50	-4...-10		
2N4857		360	+40	-40	20	-2...-6		
2N4858		360	+40	-40	8	-0,8...-4		
2N4859		360	+30	-30	50	-4...-10		
2N4860		360	+30	-30	20	-2...-6		
2N4861		360	+30	-30	8	-0,8...-4		
2N5484	pn, n	310	+25	-25	5	-0,3...-3	3	
2N5485		310	+25	-25	10	-0,5...-4	3,5	
2N5486		310	+25	-25	20	-2...-6		

Tüüp	Liik, kanal*	$P_{DSmax}$ mW	$U_{DSmax}$ V	$U_{GSmax}$ V	$I_{Dmax}$ mA	$U_{GS(off)}$ ( $U_{GS(th)}$ ) V	$S_{min}$ mA/V	Sokeldus
2N6659	MOP, $n_i$	6,25W	+35	+/-30	1,4A	(+0,8...+2)		
2N6660		6,25	+60	+/-30	1,1	(+0,8...+2)		
2N6661		6,25	+90	+/-30	0,9	(+0,8...+2)		
АП602А-2	Sch, n	900	+7	-3,5			20	
АП602Б-2		900	+7	-3,5			20	
АП602В-2		900	+7	-3,5			20	
АП602Г-2		1800	+7,5	-3,5			40	
АП602Д-2		1800	+7,5	-3,5			40	
КП302АМ	pn, n	300	+20	-10	24	-1...-5	5	
КП302БМ		300	+20	-10	43	-1...-5	7	
КП302ВМ		300	+20	-12	43	-1...-5	7	
КП302ГМ		300	+20	-10		-1...-5	7	
КП303А	pn, n	200	+25	-30	20	-0,5...-3	1	
КП303Б		200	+25	-30	20	-0,5...-3	1	
КП303Г		200	+25	-30	20	...-8	1	
КП303Д		200	+25	-30	20	...-8	1	
КП303Е		200	+25	-30	20	...-8	1	
КП303Ж		200	+25	-30	20	-0,3...-3	1	
КП303И		200	+25	-30	20	-0,5...-2	1	
КП305Д		MOP, $n_f$	150	+15	+/-15	15	...-6	
КП305И	150		+15	+/-15	15	...-6	4	
КП305Ж	150		+15	+/-15	15	...-6	5,2	
КП305И	150		+15	+/-15	15	...-6	4	
КП306А	MOP, $n_f$	150	+20	+/-20	20	-0,8...-4	4	
КП306Б		150	+20	+/-20	20	-0,2...-4	4	
КП306В		150	+20	+/-20	20	-1,3...-6	4	
КП307А	pn, n	250	+25	-27	25	-0,5...-3	4	
КП307Б		250	+25	-27	25	-1...-5	4	
КП307В		250	+25	-27	25	-1...-5	4	
КП307Г		250	+25	-27	25	-1,5...-6	4	
КП307Д		250	+25	-27	25	-1,5...-6	4	
КП307Е		250	+25	-27	25	...-2,5	4	
КП307Ж		250	+25	-27	25	...-7	4	
КП310А		MOP, $n_f$	80	+8	-10	20		
КП310Б	80		+8	-10	20		3	

Tüüp	Liik, kanal*	$P_{DSmax}$ mW	$U_{DSmax}$ V	$U_{GSmax}$ V	$I_{Dmax}$ mA	$U_{GS(off)}$ ( $U_{GS(th)}$ ) V	$S_{min}$ mA/V	Sokeldus
КП312А КП312Б	pn, $n_f$	100 100	+20 +20	-25 -25	25 25	-2...-8 -0,8...-6	4 2	
КП313А КП313Б КП313В	MOP, $n_f$	75 75 75	+15 +15 +15	+/-10 +/-10 +/-10	15 15 15	...-6 ...-6 ...-6	4,5 4,5 4,5	
КП327А,Б КП327В,Г	MOP, $n_f$	200 200	+14 +14	+/-5 +/-5	30 30	...-2,7 ...-2,7	9,5 9,5	
КП329А КП329Б	pn, n	250 250	+50 +40	-45 -35		...-1,5 ...-1,5	3 1	
КП341А КП341Б	pn, n	150 150	+15 +15	-10 -10		...-3 ...-3	15 18	
КП346А9 КП346Б9 КП346В9	MOP, $n_f$	200 200 200	+14 +14 +14	+/-10 +/-10 +/-10	30 30 30		12 10 12	
КП350А КП350Б КП350В	MOP, $n_f$	200 200 200	+15 +15 +15	+/-15 +/-15 +/-15	30 30 30	-0,7...-6 -0,7...-6 -0,7...-6	6 6 7	
КП601А КП601Б	pn, n	500 500	+20 +20	-15 -15		-4...-9 -6...-12	40 40	
КП704А КП704Б КП705А	MOP, $n_f$	75W 75	+200 +200	+/-20 +/-20	10 A 10		1000 1000	
КП705А КП705Б КП705В	MOP, $n_f$	125W 125 125	+1000 +800 +800	+/-30 +/-30 +/-30	5,4 A 5,4 5,4	...-10 ...-10 ...-5	1000 1000 1000	

Tüüp	Liik, kanal*	$P_{DSmax}$ mW	$U_{DSmax}$ V	$U_{GSmax}$ V	$I_{Dmax}$ mA	$U_{GS(off)}$ ( $U_{GS(th)}$ ) V	$S_{min}$ mA/V	Sokeldus
KP801A	pn, n	60 W	+75	-35	5 A	...-30	600	
KP801B		60	+75	-35	5	...-30	450	
KP801B		100	+110	-40	8	...-30	800	
KP801Г		100	+140	-40	8	...-30	600	
KP802A	pn, n	40W	+500	-35	2,5A	...-25	800	
KP802B		40	+450	-30	2,5	...-28	800	
KP804A	MOP, $n_i$	2W	+60	+/-20	1 A		800	
KP901A	MOP, $n_i$	20W	+70	+/-30	4 A		50	
KP901B		20	+70	+/-30	4		60	
KP902A	MOP, $n_i$	3,5W	+50	+30/-15	0,2		10	
KP902B		3,5	+50	+30/-15	0,2		10	
KP902B		3,5	+50	+30/-15	0,2		10	
KP902Г		3,5	+50	+30/-15	0,2		10	
KP903A	pn, n	6W	+20	-15	0,7A	-5...-12	85	
KP903B		6	+20	-15	0,5A	-1...-6,5	50	
KP903B		6	+20	-15	0,6A	-1...-10	60	
KP904A	MOP, $n_i$	75W	+70	+/-30	10 A		250	
KP904B		75	+70	+/-30	5 A		250	
KP905A	MOP, $n_i$	4W	+60	+/-30	0,35A		18	
KP905B		4	+60	+/-30	0,35		18	
KP905B		4	+60	+/-30	0,35		18	
KP907A	MOP, $n_i$	11,5W	+60	+/-30	2,7A		110	
KP907B		11,5	+60	+/-30	1,7		100	
KP907B		11,5	+60	+/-30	1,3		80	
KP908A	MOP, $n_i$	3,5W	+40	+/-20			24	
KP908B		3,5	+40	+/-20			24	
KP922A1	MOP, $n_i$	60W	+100	+/-30	10 A		1000	
KP922B1		60	+100	+/-30	10 A		1000	

\* Sch Schottky barjääriga GaAs-transistor;  $n_f$  formeeritud kanaliga;  $n_i$  indutseeritava kanaliga.

---

## 3. INTEGRAALLÜLITUSED

---

### 3.1. ÜLEVAADE

Integraallülitus\* (lad. 'integer' terve, puutumatu), lüh. IL, koosneb paljudest elektroonikaelementidest, mis koos nendevaheliste ühendustega on valmistatud ühtses tehnoloogiasüklis. Rakendatakse planaarmenetlust (lad. 'planum' tasapind), mispuhul lülituse struktuur moodustatakse räniplaadi õhukeses, mõne µm paksuses pindkihis ja pinnal. Peale nende nn. monoliitlülituste on ka hübriIDLülitusi, mis sisaldavad eraldi külgeühendatud komponente.

Integraallülitusi liigitatakse tekitatavate ja teisen-datavate signaalide järgi analoog- ja digitaallülitusteks. Analoo signaali pinge muutub katkematult, pidevalt. Analoo signaaliiks on nt. helisagedussignaali mikrofonil väljun-dis, sest see signaal on igal hetkel analoogne (sama-laadne, vastav) helirõhu muutusega. Analoo-IL-id võivad olla kindla otstarbega, nt. signaali töötlemiseks raadio-tes, telerites, makkides, või mitmekülgselt kasutatavad, nagu seda on operatsioonvõimendid, pingekomparaatorid, elektronlülitid, faasisünkro-(PLL-) lülitused jm. Analoo-IL-ide hulka kuuluvad ka ping- ja voolustabilisaatorid.

Digitaalsignaali (ingl. 'digital' numbriline, number-) ping- saab muutuda ainult kindlate väärtuste võrra. Digi-taal-IL-ides on kasutusel binaar- e. kahendsignaaliid (tingväärtustega 1 ja 0). Nende signaalide tekitamiseks ja töötlemiseks kasutatavaid digitaallülitusi nimetatakse loogikalülitusteks. Loogikalülitustel põhinevad kindla-otstarbelised IL-id (nt. kelladele, telefonidele, foto-aparaatidele), vastavalt tellija vajadusele projekteeri-tavad IL-id (ASIC), mäluseadmed, mikroprotsessorid ning mikroprotsessorkomplektid. Infovahetuseks eri liiki lüli-tuste vahel kasutatakse analoo-digitaal- (A/D-) ja digitaal-analoo- (D/A-) muundureid.

Analoo lülitustest tulevad järgnevas lähema vaatluse alla operatsioonvõimendid, pingestabilisaatorid ja heli-sagedusvõimendid, digitaallülitustest mitut liiki loogika-lülitused.

---

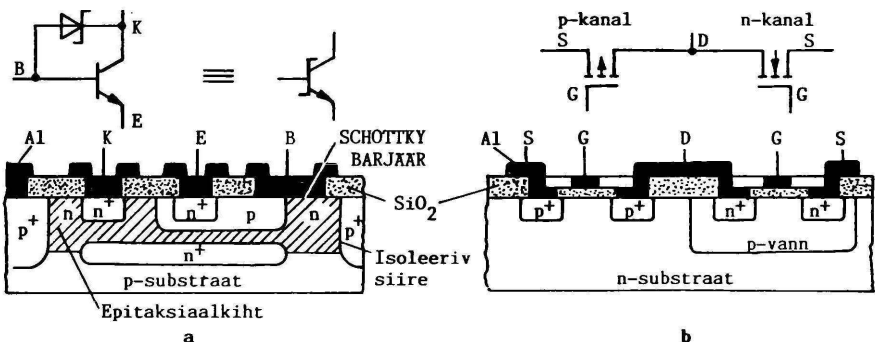
\* Vene интегральная микросхема otsetõlkena juurdu-nud ka terminid mikroskeem, integraalskeem.

### 3.2. PLANARTEHNOLOOGIA PÕHIETAPID

IL-ide (nagu ka diskreetkomponentide) valmistamisel kasutatakse lähtematerjalina suuri, erimenetlusel kasvatatud eriti puhtaid ränimonokristalle, mis ei või sisaldada rohkem kui ühe soovimatu lisandiatomi miljardi räniaatomi kohta. Monokristalli silindrist läbimõõduga 15 cm (või rohkem) saetakse 1 mm paksused kettad. Ühel kettal saab korraga valmistada sajad või tuhanded IL-id. Nende peegelsiledaks poleeritud pinnale tekitatakse termiliselt ränidioksiidist kaitsekiht. Pinnaosadelt, kuhu on vaja manustada legerivaid lisandeid, eemaldatakse oksiidifotolitograafiat rakendades. Kõigepealt kaetakse pind polümeerse valgustundliku materjali – fotoresisti ühtlase kihiga. Sellele asetatakse tarviliku mustriga (läbipaistvate osadega) fotošabloon e. mask. Ultraviolettkiirgusega eksponeerimisel tekib mustri varjatud kujutis, mille ilmutamise järel fotoresist lahustub kohtades, mida on vaja edasi töödelda, ja polümeriseerub ülejäänud pinnal, kus moodustub happekindel kaitsekiht. Kaitsmata pinnaosadelt eemaldatakse ränidioksiid söövitamise teel.

Legerivaid lisandeid manustatakse ränisse kas difusioonmenetlusel tarvilikku lisandit sisaldavast gaasist kõrgel temperatuuril või ioonlegerimise teel, mis võimaldab lisandeid täpselt doseerida. Sel juhul pommitatakse räni vaakumis ioniseeritud lisandiaatomitega; suure energiani kiirendatud ioonid tungivad kuni 1  $\mu\text{m}$  sügavusele.

Suurem osa IL-i struktuure moodustatakse räniplaadi pinnal. Seda tehakse epitaksiaalselt (kr. 'epi-' peal, järel + 'taxis' asend, kord): aluskristallile kasvatatakse



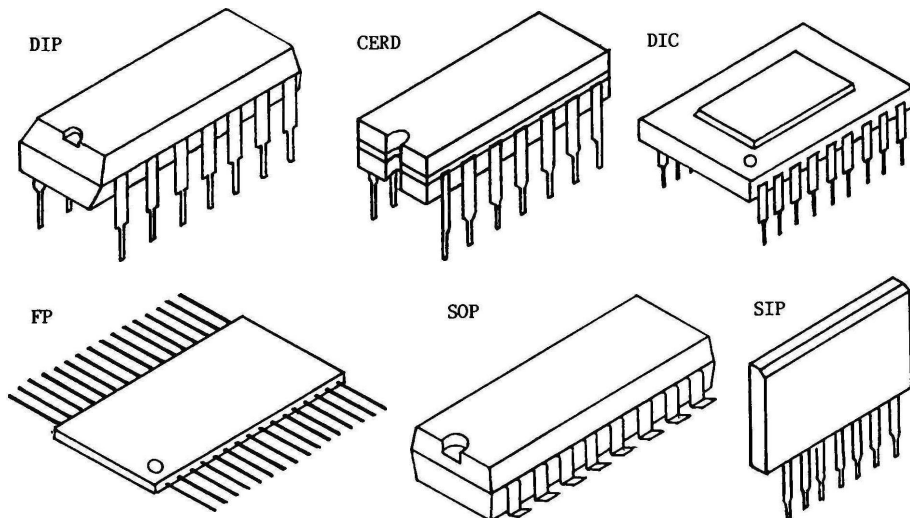
J.3.1. Bipolaartransistor (a) ja komplementaarsete MOP-transistoride paar (b)

selle kristallivõret jätkav kiht. Selleks juhitakse u.  $1000^{\circ}\text{C}$  temperatuuril üle aluskristalli gaasilises olekus räniühendit koos tarvilike lisanditega. Aluskristallil gaas laguneb ja pinnale moodustub ränikiht.

Sobiva aine gaasist kantakse valmistatava IL-i pinnale läbi maski ka elementidevahelised ühendused ja transistoride elektroodid (nt. hea juhtivusega polükristallilisest ränist), samuti isoleerkiiled (suure takistusega räniühenditest). Elementidevahelise isolatsioonina kasutatakse põhiliselt vastupingestatud pn-siirdeid.

Valmis IL-id kontrollitakse üle ja eraldatakse üksteisest (nt. laserikiirt kasutades). Töökorras kiibid kinnitatakse korpuse alusele ja IL-i kontaktpinnad ühendatakse viikudega. Lõpuks ümbritsetakse IL hermeetilise korpusega.

IL-i põhielement on transistor (j.3.1). Dioididena ning ka kondensaatoritena kasutatakse pn-struktuuri siirdeid, takistitena emitteri- või baasikihi takistust. Lülitus kavandatakse nii, et see ei sisaldaks suure väärtusega takisteid ega kondensaatoreid, sest need hõivaksid palju rohkem kristallipinda kui transistorid (nende joonmõõtmed on mikromeetrites). Väljatransistori kanali pikkusega väljendatakse integraaltehnoloogia arengujärke: 1,5  $\mu\text{m}$ -st on jõutud 0,5- ja 0,35- $\mu\text{m}$ -tehnoloogiani.



J.3.2. Integraalkomponentide korpusi

### 3.3. KORPUSTE LIIGID

IL-ide erakordselt laiale nomenklatuurile ja tootvate firmade rohkusele vaatamata kasutatakse võrdlemisi piiratud hulka standardkorpusi (mõned neist joonisel 3.2).

Korpustel tähisega DIL\* või DIP väljuvad viigud kahelt küljelt ja on painutatud alla. Korpuse materjaliks on enamasti epoksüplast (DIP), keraamika (CERDIP, CERD) või metallkeraamika (DIC). Viike on kummaski reas 2...32.

Planaarkorpusel FP on lintviigud kahes reas korpuse tasapinnas; materjaliks plast (FP), keraamika (FPC) või metallklaas (FPMG); monteeritakse trükkplaadi pinnale (mitte aukudesse). Jäikade astmeliste viikudega korpused SOP on samuti ette nähtud pealismontaažiks. Plastkorpusel SIP on viigud ühes reas, QUIP ja QUIC neljas reas (kummalgi pool kahes reas). Piiratud on kasutusel ka transistorikorpused, nt. T05, T092, T0220.

Viikude samm reas on enamasti 1/10 või 1/20 tolli, s.o. 2,54 või 1,27 mm (Vene korpustel peamiselt 2,5 või 1,25 mm).

Sokelduse joonistel on ristkülikulised korpused pealtvaates; viikude numbrid suurenevad vastupäeva alates märgist, milleks on õnar otsa keskel või täpp 1. viigu juures. Ümmargustel transistorikorpustel on sokeldus altvaates ja viigud nummerdatud päripäeva.

### 3.4. TÄHISTUSSÜSTEEMID

Iga firma markeerib tooteid oma süsteemi järgi (ainult Euroopa firmad kasutavad, kas või osaliselt, pooljuhtseadiste tähistussüsteemi Pro Elektron).

Järgnevalt dešifreeritakse mõnede firmade toodete tähistuselemente. Ülevaatlikkuse mõttes esitatakse markeering näitena ja elemendid gruppina (tegelikult vahed puuduvad).

Euroopa tähistussüsteem Pro Electron

T D A 2030

Liigitähis (S digitaal-; T analoog-) \_\_\_\_\_

Firma täht \_\_\_\_\_

Töötemperatuur (nt. A normimata; B 0...125°C; C -55...125°C) \_\_\_\_\_

Seerianumber \_\_\_\_\_

\* Lühendite seletused on raamatu lõpus.

**Advanced Micro Devices – AMD (USA)**

AM 25 S 05 D M

Firmatähis \_\_\_\_\_  
 Tehnoloogia, otstarve (nt. 25, 54 TTL; 60, 61, 66 bi-  
 polaar-, analoog-; 99 KMOP-, mälu; 104, 1004 ESL, mälu) \_\_\_\_\_  
 Eriomadusi (nt. L väikese võimsustarvega; S Schottky  
 diodidega; tähe puudumisel standardne) \_\_\_\_\_  
 Seerianumber \_\_\_\_\_  
 Korpus (nt. D DIP; F FP) \_\_\_\_\_  
 Töötemperatuur (C 0...75 °C; M -55...125 °C) \_\_\_\_\_

**Fairchild Instrument & Camera Corp. (USA)**µA 741A H M  
F 93L10 D C

Firmatähis ja liik (nt. SH hübriid-IL; µA, µAF lineaar-IL) \_\_\_\_\_  
 Seeriatähis (nt. 700 OV; 9N on TI SN5400 ja SN7400 analoog;  
 9H SN54S ja SN74H analoog; 9S SN54S ja SN74S analoog) \_\_\_\_\_  
 Korpus (nt. P DIP; T 8 viiguga mini-DIP; U TO220; H ümmargune) \_\_\_\_\_  
 Töötemperatuur (C 0...70 °C; M -55...125 °C) \_\_\_\_\_

**Hitachi Ltd. (Jaapan)**

HM 472114A P

Liigitähis (nt. HA analoog-IL; HD digitaal-IL; HM RAM) \_\_\_\_\_  
 Seerianumber (HD7400, HD74LS, HD74S, HD74ALS ja HD7500 on  
 vastavate TI SN-seeriaste analoogid) \_\_\_\_\_  
 Korpus (nt. P DIP; C, G CERD; S SOP) \_\_\_\_\_

**Intel (USA)**

M D 2114A L-3

Töötemperatuur (I -40...85 °C; M -55...125 °C) \_\_\_\_\_  
 Korpus (nt. P DIP; B CERD; G viikude maatrikspaigutus) \_\_\_\_\_  
 Seerianumber (A modifikatsioon) \_\_\_\_\_  
 Eriomadused (võimsustarve, toimekiirus vms.) \_\_\_\_\_

**Matsushita Electronic Corp. (Jaapan)**

DN 74LS00

Firma liigitähis (nt. AN analoog-; DN digitaal-, bi-  
 polaar-; MN digitaal-, MOP-) \_\_\_\_\_  
 Seerianumber \_\_\_\_\_

**Mitsubishi Electric Corp. (Jaapan)**

M 5 89 81 S-45

Firmatähis \_\_\_\_\_  
 Töötemperatuur (5 -20...75 °C; eriti töökindlad) \_\_\_\_\_  
 Otstarve ja tehnoloogia (nt. 01...09, 84, 89 KMOP-IL;  
 10...19 analoog-IL; 3, 32, 33, 41...47 TTL; S0...S2 STTL) \_\_\_\_\_  
 Seerianumber (teiste firmade töödete korral vastava firma  
 seerianumber, mille ees täht, nt. T TI, C Motorola) \_\_\_\_\_  
 Korpus (nt. P DIP; B CERD; SP SOP; S DIC; L SIP; F FP) \_\_\_\_\_  
 Elektriline parameeter \_\_\_\_\_

**Motorola Semiconductor Products Inc. (USA)** MC 14510A L  
 Liik (nt. MCP hübriid-; MCM mälu-; MLM on NSC analoog) —  
 Seerianumber (nt. 3000, 4000, 5400, 7400 TTL; 10100, 10200,  
 10500, 10600 ESL; 14000 analoogne RCA seeriaga CD4000;  
 14500 KMOP; 54HC, 74HC, 54HCT, 74HCT kiiretoimeline KMOP —  
 Korpus (nt. F FT; K TO3; L CERD; N TO220; P DIP; PQ QUIP; R TO66) —

**National Semiconductor Corp. — NSC, NS (USA)** LM 301A N  
 Liik ja tehnoloogia (nt. ADC AD-muundur; AF aktiivfilter;  
 CD KMOP-; DAC DA-muundur; DH, DM, MM digitaal-;  
 HS hübriid-; LF, LH, LM analoog-; LMC analoog-, KMOP —  
 Seerianumber (A täiustatud); 54ALS, 54AS, 74ALS, 74AS, 74HC  
 on analoogsed vastavate TI seeriatega —  
 Korpus (nt. N DIP; D DIC; J CERD; F FP; K TO-3; tähele järg-  
 nev arv väljendab stabilisaatori nimipinget, nt. K-12 12 V) —

**Nippon Electric Corp. — NEC (Jaapan)** MP D 7220 D  
 Firmatähis (MP, MC) —  
 Liik (nt. B digitaal-bipolaar-; C analoog-bipolaar-; D KMOP-) —  
 Seerianumber —  
 Korpus (nt. C DIP; D CERD; G FP; H SIP; K viikudeta) —

**Philips (Holland)** PC F 74HCT160 P  
 Firma liigitähis (SAA, SAB, ..., TAA, TBA, ... - vt.  
 Pro Electron; ka nt. HEF KMOP-IL; GXB, HX ESL-IL) —  
 Töötemperatuur (nt. B 0...70 °C; F -40...85 °C) —  
 Seerianumber (seeria HE4000 on analoogne RCA seeriaga  
 CD4000; GX10000 — Motorola seeriaga MC10000; 5400  
 ja 7400, 54S ja 74S, 54LS ja 74LS — vastavate TI  
 seeriatega; 54F ja 74F — vastavate Fairchildi seeria-  
 tega; 54HC, 54HCT, 74HC, 74HCT vastavate RCA seeriatega) —  
 Korpus (nt. P DIP; C DIC; D CERD; Q QUIP; S SIP) —

**RCA Corp. (USA)** CD 4070 B D  
 Firma liigitähis (nt. CA analoog-; CD digitaal-, KMOP-) —  
 Seerianumber (CD4000 KMOP-; 74HCOO, 74HCT00 kiire KMOP-) —  
 Modifikatsioon —  
 Korpus (nt. E DIP; D, F CERD; K FPC; M TO220;) —

**Sanyo (Jaapan)** LA 1230  
 Firma liigitähis (nt. LA ja LB bipolaartransistoridega  
 analoog- ja digitaallülitused; LC, LE, LM MOP-lülitused —  
 Seerianumber —

**Signetics Corp. (USA)** N 74123 F  
 Töötemperatuur (nt. N, NE 0...70 °C; S, SE -55...125 °C) —  
 Seerianumber (82 standardlülitus; 82S Schottky diodidega;  
 N5400 ja N7400 on analoogsed TI seeriatega SN5400, SN7400) —  
 Korpus (nt. D mini-DIP; F CERD; I DIP; N DIP; Q, R FPC; U SIP) —

**Sprague Electric Corp. (USA)**

UL N 2111 A

Firma liigitähis (nt. UD digitaal-; UL analoog-) \_\_\_\_\_

Töötemperatuur (nt. N  $-20...85^{\circ}\text{C}$ ; Q  $-40...85^{\circ}\text{C}$ ) \_\_\_\_\_Seerianumber (5400 ja 7400 on analoogsed TI seeriatega  
SN5400 ja SN7400) \_\_\_\_\_

Korpus (nt. A DIP; M 8 viiguga DIP; Q QUIP; R CERD; S,T,U SIP) \_\_\_\_\_

**Texas Instruments - TI (USA)**

SN 74 ALS 520 S

Firma liigitähis (nt. SN standardseeria; TIL opto-  
elektroonika-; TL analoog-; TLC analoog-, KMOP) \_\_\_\_\_Töötemperatuur (nt. 54,55  $-55...125^{\circ}\text{C}$ ; 74,75  $0...70^{\circ}\text{C}$ ) \_\_\_\_\_Tehnoloogia seerialtel SN54 ja SN74 (tähtede puudumisel  
bipolaar-TTL; S Schottky diodidega; H kiiretoimeline;  
HC, HCT sama, KMOP-; L väikese võimsustarbiga;  
LS sama, Schottky diodidega; AS täiustatud, Schottky  
diodidega; ALS sama, väikese võimsustarbiga) \_\_\_\_\_Seeria järjenumbr (kiiretoimelistel lisandub otsiaeg,  
nt. 4030-15 korral on otsiaeg  $150\ \mu\text{s}$ ) \_\_\_\_\_

Korpus (nt. N DIP, J CERD; W FPC) \_\_\_\_\_

**Toshiba Corp. (Jaapan)**

TA 7173 P

Firma liigitähis (nt. TA analoog-bipolaar-; TC KMOP-) \_\_\_\_\_

Seerianumber (TD3400 on analoogne TI seeriaga SN7400) \_\_\_\_\_

Korpuse materjal (nt. C keraamiline; M metallist; P plastist) \_\_\_\_\_

**Vene tähistussüsteem**

K P 1 74 XA 20

Kasutamiseks laiatarbeseadmeis (viikude sammu 2,54

ja 1,27 mm korral on tähe K ees  $\emptyset$ ) \_\_\_\_\_

Korpus (P plastist DIP; M metallkeraamiline DIP) \_\_\_\_\_

Tehnoloogia (nt. 1, 5 monoliit-; 2 hübriid-) \_\_\_\_\_

Kahe- või kolmekohaline seerianumber \_\_\_\_\_

Liigitähis (AA...A $\Phi$  impulsiformeerikud; BA...BX arvutitele;ГГ...Г $\Phi$  signaaligeneraatorid; EB...EY toiteseadmetele;

IA...IP digitaalseadmetele; KH...KT kommutaatorid ja

lülitid; JA...JC loogikaelemendid; MA amplituudmodulaator;

MC sagedusmodulaator; PA...PII muundurid; PA...PY mälu-

lülitused; CK...CC võrdluslülitused; TB...TT trigerid;

YB...YT võimendid; XA...XT mitmeotstarbelised) \_\_\_\_\_

IL-i järjenumbr seerias \_\_\_\_\_

**3.5. FIRMADE TUNNUSTÄHED IL-i TÜÜBITÄHISES**

Integraalkomponendil oleva markeeringu algusosa tähtede järgi saab kindlaks teha tootva(d) firma(d).

Firmade veerus on kasutatud lühendeid: AMD Advanced Micro Devices; NEC Nippon Electric Corp.; NSC National Semiconductor Corp.; PMI Precision Monolithics; RCA Radio Corporation of America; TI Texas Instruments.

AD	Analog Devices	HEF	Mullard, Philips
ADB,ADC,ADD,		HI	Harris
NSCADM,ADS,		HM	Harris, Hitachi
ADX,AF,AH	NSC	HMCS,HN	Hitachi
AM,AMPAL	AMD	HPL,HT	Harris
AN	Matsushita	HS	Harris, NSC
B	Fujitsu	HX	Philips
BA	Rohm	IB,IC,ID	Intel
CNSC	Fujitsu	ICL,ICM	Intersil
CA	RCA	IDM	NSC
CCD	Fairchild	IM	Intel, NSC
CDRCA	NSC	IMP,INS	NSC
CDA	Thomson	IP,IX	Intel
CDM,CDP	RCA	IR,IRK	Sharp
CF	Harris	ISP	NSC
CLC	Comlinear	J	Matsushita
CX,CXA	Sony	KA,KM,KM	Samsung
DF,DG,DGM	Siliconix	KS	Gold Star, Samsung
DH,DM,DMPAL	NSC	LF,LFT,LH,LP	NSC
DN	Matsushita	LM	NSC, Sanyo, Siliconix, Signetics
EF,EFB,EFD,		LR,LU,LZ	Sharp
EFF,EFG,EFH,		LT	Linear Techology
EFM,EFS,EFT,		M	Matsushita, Mitsubishi, Thomson
EFY,EFZ,ESM,		MA	Philips
ET,ETC,ETL	Thomson	MAA	Intermetall,Tesla
F	Fairchild	Intermetall,	Tesla
FC	Mullard	MAB,MAC,MAF	Tesla
FCH,FCK,FCL	Valvo	MB,MBL,MBM	Fujitsu
FCM	Fairchild	MC	Intel, Motorola, NEC, Unitra
FCY	Valvo		NSC
FD	Siemens	MCA	
FDC	Fairchild	MCB,MCC,	Motorola
FDN,FDQ,FDR,		MCE,MCM	Unitra
FEJ,FEY	Valvo	MCX,MCY	Intel, Philips
FGC,FGE	Fairchild	MD	Tesla
FJ,FK	Mullard	MDA	Philips
FL,FY,FZ	Siemens	ME,MEB	Mullard
FZH,FZJ,		MEA	NSC
FZK,FZL	Valvo	MF,MH	
FWA	Fairchild	MHA,MHC,MHD,	Tesla
GD,GX	Siemens	MHE,MHF,MHG	Motorola
GE,GEIC	General Electric	MHW	Intermetall
GZF	Valvo, Siliconics	MIC	Plessey
HA,HAB	Harris	MJ,ML	Tesla
HC	Harris, RCA	MJA,MJB	
HD	Harris, Hitachi		
HDS	Analog Devices		

MK, MKB, MKJ	Mostek	SM	NSC, Sprague
MLM	Motorola	SN, SNA, SNB,	
MM	Intel, NSC	SNC, SNH, SNJ,	
MMH, MMS	Motorola	SNN, SNS, SNT	TI
MN	Matsushita, Plessey	SP	Plessey, Philips
MP	Intel, Plessey	SS	Sprague
MSL, MSM	OKI	SU	Signetics
MT, MV	Plessey	T	Toshiba
MWS	RCA	TA	RCA, Toshiba
MX	Intel	TAA	Siemens, Philips,
N, NE	Signetics		Mullard, Valvo, Signetics
NH, NMC	NSC	TAB, TAD	Mullard, Philips
NJ, NOM	Plessey	TAC, TAL, TAT	TI
NMC, NMH, NSL	NSC	TAE, TAF	Siemens
NSC, NSL	NSC	TBA	Mullard, Siemens,
OP	PMI		Philips, Telefunken, Valvo
PA	RCA, Apex	TBB, TBC, TBE	Siemens
PAL	NSC	TBP	TI
PCB, PCD, PCF	Philips, Valvo	TC	Toshiba
PCC, PCE	Philips, Valvo	TDA	Philips, Siemens,
PMB, PMJ	TI		Telefunken, Thomson, Valvo
PNA	Philips, Valvo	TDB	Philips, Siemens,
RC	Mullard, Raytheon		Thomson, Valvo
S	Signetics, Siemens	TDE, TDF, TE	Thomson
SA	Signetics	TEA	Philips, Valvo,
SAA	Mullard, Philips,		Mullard, Thomson
	Valvo, Intermetall	TEB, TEC, TEE	Thomson
SAB	Philips,	TFA	Siemens
	Telefunken, Valvo	TIF, TIL,	
SAF	Philips, Valvo	TL, TLC,	TI
SAH	Mullard	TM, TMM, TMP	Toshiba
SAJ	Siemens, Valvo	TMS	TI
SAK	Valvo	TUA	Siemens
SAS	OKI, Siemens	UAA	Telefunken, Valvo,
SBB	Philips, Valvo		Siemens
SBP	TI	UAB, UAC	Thomson
SCB, SCC, SCN	Signetics	UCN, UCP, UCQ,	
SCL, SCM	Sprague	UCS, UDN, UDP,	
SD, SE	Signetics	UDS, UGN, UHN,	
SDA	Siemens, Philips,	UGN, UHN, ULN,	
	Thomson	ULS, UTN	Sprague
SF, SFC, SFF	Thomson	Z, ZLD, ZN,	
SH	Fairchild	ZNA, ZNREF,	
SID	RCA	ZSS, ZST	Ferranti
SL	NSC, Plessey	$\mu$ A, $\mu$ AF	Fairchild
SLE	Siemens	$\mu$ PA, $\mu$ PB,	
		$\mu$ PC, $\mu$ PD	NEC

## 3.6. ERI TOOTJATE SAMA OTSTARBEGA INTEGRAALLÜLITUSI

Lääne	Vene	Iseloomustus
3708	KP590KH1	MOP-analooglüliti
5000	KP590KH8	4-kanaliline analooglüliti
A210K	K174YH7	Helisagedusvõimendi
A241	K174YP5	Kujutise vs-võimendi, videodetektor
A244	K174XA2	Raadio AM-trakt
A255	K174XA11	Värvisünkronisaator
AD513	KP574YD1	Operatsioonvõimendi
AD530	KP525PC2, KM525PC2	Operatsioonvõimendiga signaalikorruti
AD532	KP525PC1	Sama, operatsioonvõimendita
AD534	KM525PC3	Täpne analoogkorruti
AD562	K594PA1	12-kanaliline D/A-muundur
AD571	K1113PB1	10-kanaliline A/D-muundur
AD579	K1108PB1	Täppis-A/D-muundur
AD584JH	K1009EH2A	Tugipingeaallikas
AD584KH	K1009EH2B	Tugipingeaallikas
AD7519	KP590KT1	MOP-analooglüliti
AD7520	KP572PA1	10-kanaliline D/A-muundur
AD7543	K572PA2	12-kanaliline D/A-muundur
AD7570	K572PB1	12-kanaliline A/D-muundur
AD7574	KP572PB4	8-kanaliline A/D-muundur
AM685M	KM597CA1	Pingekomparaator
AM686M	KM597CA2	Pingekomparaator
AN262	KP1005YH1	Magnetofoni eelvõimendi
AN304	KM1005YP1	FM-signaali piirikvõimendi
AN6310	KP1005XA4	Videomaki heledussignaali võimendi
AN6320N	KP1005YJ1	Videomaki võimendi, peade lüliti
AN6332	KP1005XA5	Videosignaali taasesitus
AN6341N	KP1005XA1	Videomaki ajami regulaator
AN6342	KP1005PII2	Kaadrisageduse formeerik
AN6345	KP1005PII4	Sagedusjagur ja sisendvõimendi
AN6350	KP1005XA2	Peadeploki ajami regulaator
AN6353	KP1005PII5	Tugisageduse formeerik
AN6360	KP1005XA6	Värvsussignaali töötlus
AN6362	KP1005XA7	Sünkroimpulsside selektor
AN6371	KP1005PC1	Sagedusformeerik
AN6551	KP1005YD1	Kaksik-OV
AN6677	KP1005XA3	Peadeploki mootori kommutaator
AN7146M	K174YH18	2-kanaliline helisagedusvõimendi
CA3005	K174YB4	Kõrgsagedusvõimendi-sagedusmuundur
CA3030	KP140YD5	Kiire operatsioonvõimendi
CA3130E	KP544YD2	Lairiba-operatsioonvõimendi
CA3140	K1409YD1	Operatsioonvõimendi

CX775	KA1508XJ1,2	Raadio häälestusprotsessor
CX20027	KP1057XP1	Müratasandi
DN838	K1116KP4	Lindiarvesti magnetjuhitav lülitus
DS8872N	KP514KT1	Elektronlüliti
EK-41	KP1407YD3	Müravaene operatsioonvõimendi
H1201	KP590KH5	4-kanaliline lüliti
H1507-2	K591KH2	8-kanaliline MOP-lüliti
H1506-2	K591KH3	16-kanaliline analooglüliti
H1508A	KP590KH6	8-kanaliline lüliti
H1509	KP590KH3	8-kanaliline lüliti
H1562	K1108PA1	D/A-muundur
H11800	KP590KH2	4-kanaliline MOP-lüliti
H15043	KP590KH4	4-kanaliline lüliti
H15046	KP590KH7	4-kanaliline lüliti
HA11235	KP1152XA1	Kaadri- ja reaaltuse protsessor
ICB8001C	KM597CA3	Pingekomparaator
ICL7107	KP572PB2	A/D-muundur
ICL7109	KP572PB5	Integreeriv A/D-muundur
ICL7650	140YD24	Operatsioonvõimendi
IH5142	KP590KH13	4-kanaliline lüliti
JVC7101	K572PB2	A/D-muundur
LAS1528	KP142EH9B	Pingestabilisaator
LC506	K548YH3	Kuuldeaparaadi võimendi
LC549	K548YH3	Kuuldeaparaadi võimendi
LF147	1401YD4	Operatsioonvõimendi
LF156	140YD22	Operatsioonvõimendi
LF157H	140YD23	Kiire operatsioonvõimendi
LF355	KP140YD18	Lairiba-operatsioonvõimendi
LF356H	K140YD22	Lairiba-operatsioonvõimendi
LF357	KP544YD2	Lairiba-operatsioonvõimendi
LF398	K1100CK2	Analoogsignaali töötlus, salvestus
LF531	574YD3	Operatsioonvõimendi
LG200KR	142EP1	Impulss-stabilisaatori tüürlülitus
LM108H	140YD1401	Täppis-operatsioonvõimendi
LM111H	521CA3	Pingekomparaator
LM124J	1401YD2	Nelik-operatsioonvõimendi
LM124D	K1401YD2	Nelik-operatsioonvõimendi
LM139J	1401CA1	Pingekomparaator
LM143J	1408YD1	Operatsioonvõimendi
LM146	1401YD3	Operatsioonvõimendi
LM201N	K553YD2	Operatsioonvõimendi
LM211N	K554CA3	Pingekomparaator
LM235	K1019EM1	Termotundlik element
LM301N	K553YD2	Operatsioonvõimendi
LM308N	K140YD14B	Täpne operatsioonvõimendi
LM318	KP140YD11	Kiire operatsioonvõimendi
LM339	K1401CA1	Pingekomparaator
LM343	K1408YD1	Operatsioonvõimendi

LM381	K548УН1	2-kanaliline hs-võimendi
LM382	K538УН1	Helisagedus-eelvõimendi
LM387N	KP538УН3	Helisagedus-eelvõimendi
LM392	140УД6	Operatsioonvõimendi
LM393	K1401CA3	Pingekomparaator
LM555CN	KP1006B11	Taimer
LM2900	1401УД1	Nelik-operatsioonvõimendi
LM2900	K1401УД1	Nelik-operatsioonvõimendi
LM2901	K1401CA2	Pingekomparaator
LM4250	KP1407УД2	Müravaene operatsioonvõimendi
LS156	KP1038XP1	Telefonivõimendi
M51720P	KP1027XA1	Mootori kiiruse stabilisaator
M51721L	KP1023XA1	Mootori juhtimine
M54819L	KP1005PT1	Sagedusjagur
MA7806KM	KP142УН5	Pingestabilisaator
MAL319	K521CA6	Pingekomparaator
MAR333P	K1104KH1	Pingekommutaator
MB491	K1109KH1	Pingekommutaator
MC1456	KP140УД6	Operatsioonvõimendi
MC1495	KM525ПC1	Signaalikorruti
MC1526	KM1114EУ1	Impulss-stabilisaatori tüürlülitus
MC1595	K525ПC1	Spektrimuundur
MC3359	K174XA26	FM-vastuvõtutrakt ja hs-eelvõim.
MC3420	KM1114EУ1	Impulss-stabilisaatori tüürlülitus
MC10318	KM1118ПА1	DA-muundur
MC14818	KP512В11	Kvarts kellale
MEM2009	K190KT2	4-kanaliline MOP-lüliti
MEM5116	K591KH1	8-kanaliline lüliti
MHB4543	K176ИД2	Dešifraator
MN1405	KP1005BE1	Videomaki mikroprotsessor
MN1435	KP1016В11	Videomaki taimer
MS1720P	KP1027XA1	Mootori kiiruse stabilisaator
MSD047	KP514ИД1	Valgusdiiodindikaat. tüürlülitus
MSD101	KP514ИД2	Sama
NE527N	KP521CA4	Pingekomparaator
NE545B	K174XA3	Dolby-B lülitus
NE555	KP1006В11	Taimer
NE561	K174XA12	PLL-i lülitus
OP-07	K140УД17Б	Täpne operatsioonvõimendi
OP-27	140УД25	Operatsioonvõimendi
OP-37	140УД26	Operatsioonvõimendi
OPTIMA	KA1808ХК1,2	Fotokaamera särituse juhtimine
P9768	KM1118ПА3	8-kohaline D/A-muundur
S042P	KΦ174ПC1	ULL-ploki segusti
S2561	KP1008ВЖ4	Telefoni kutsetooni formeerik
S5262	KP1008ВЖ2	Telefoni numbrivalija
SAA1250	KP1506ХЛ1	Teleri distanttsjuhtimise saatja
SAA1251	KP1506ХЛ2	Distanttsjuhtimise vastuvõtja

SAA5030	KP1021ПП1	Teleteksti signaaluundur
SAA5231	KP1021XA6	Teleteksti videoprotsessor
SAA6002	KP1008BЖ3	Teleri indikatsiooni juhtimine
SAS560	КБ1106КТ1	Kanalilüliti
SAS580	K1003KX1	Sensorlüliti
SAS590	K1003KH2	Sensorlüliti
SDA5010	KP1107ПВ3А	6-kohaline A/D-muundur
SDA6020	KP1107ПВ3Б	A/D-muundur
SE527	K544CA4	Pingekomparaator
SF2741	КФ140УД7	Operatsioonvõimendi
SG1501	K142УН6	Pingestabilisaator
SG7808K	K142EH8A,Г	Pingestabilisaator
SG7812K	K142EH8Б,Д	Pingestabilisaator
SG7815K	K142EH8B,E	Pingestabilisaator
SG7818K	K142EH9A,Г	Pingestabilisaator
SG7824K	K142EH9Б,Д	Pingestabilisaator
SO42P	K174ПC1	ULL-ploki segusti
SP8786A	K193ИE8	Ülikõrgsageduslik sagedusjagur
STL79	KP1038XП1	Telefonilülitus
TA7688	КФ174УН17	2-kanaliline helisagedusvõimendi
TAA300	K174УН4	Helisagedusvõimendi
TAA550	K1009EH1	Tugipingeaallikas
TAA960	KP123УН1	Helisagedusvõimendi
TAB1042	КФ1032УД1,4	Nelik-operatsioonvõimendi
TBA120	K174УP3	Teleri heli vs-võimendi, detektor
TBA120S,	K174УP4	FM-vs-võimendi, detektor
TBA120U		ja helisagedus-eelvõimendi
TBA120U	КФ174УP4	Teleri heli-vs-võimendi, makivälj.
TBA810	K174УН7	Helisagedusvõimendi
TBA920	K174AФ1	Realaotuse sünkronisaator
TBA931	KP551УД2	Kaksik-operatsioonvõimendi
TBA970	K174УП1	Heledussignaali võim. ja töötlus
TBA1205	K174УP1	Heli-vahesagedusvõimendi
TBA2530	K174AФ5	RGB-maatriks
TCA640	K174XA9	PAL/SECAM-i ümberlüliti
TCA650	K174XA8	PAL/SECAM-i demodulaator
TCA660	K174УK1	Heled., kontr. ja küllast. regul.
TCA730A	K174УН12	Helivaljusregulaator
TCA740A	K174УН10	Tämbriregulaator
TCA770	K174УP7	FM-vs-võimendi ja sagedusdetektor
TCA940	K174УН9	Helisagedusvõimendi
TCA940A	K174УН10	Tämbriregulaator
TCA4500	K174XA14	Polaarmod. sign. stereodekooder
TDA440	K174УP2	Kujutise vs-võimendi
TDA1002	K174УН13	Magnetofoni võimendi
TDA1008	KP1012ИK4	Oktaavjagur
TDA1029	K174КП1	4 sisendiga analoogmultipleksor
TDA1047	K174XA6	Raadio FM-trakt

TDA1062	K174XA15	ULL-ploki lülitus
TDA1083	K174XA10	AM/FM-vastuvõtja
TDA1093B	K174XA19	ULL-ploki häälestuspinge ja ASR
TDA1170	K174ГЛ1	Kaadrisageduse generaator
TDA1236	K174YP11	Heli-vs-võimendi, helivaljuse ja ms- ning ks-tämbriregulaator
TDA1270	K174ГЛ1A	Kaadrisageduse generaator
TDA2000A	K174XA20	Kanaliselektor
TDA2003	K174YH14	Helisagedusvõimendi
TDA2004	K174YH15	2-kanaliline helisagedusvõimendi
TDA2020	K174YH11	Helisagedusvõimendi
TDA2030	K174YH19	Hs-võimsusvõimendi
TDA2530	K174AФ5	RGB-värvimaatriks
TDA2541	K174YP5	Teleri vs-võimendi, demodulaator ja video eelvõimendi
TDA2545	K174YP8	Teleri vs-võimendi, detektor ja 2. heli vs-võimendi
TDA2578A	KP1021XA2	Teleri sünkroprotsessor
TDA2582	KP1021XA1	Teleri juhtprotsessor
TDA2591	K174XA11	Teleri rea- ja kaadrilaotus-impulsside generaator
TDA2595	K174XA24	Teleri rea- ja kaadrilaotus
TDA2611A	K1021YH1	Helisagedusvõimendi
TDA3501	K174XA17	PAL/SECAM-videosignaali töötlus
TDA3505	K174XA33	Videosignaali protsessor
TDA3510	K174XA28	PAL-dekooder
TDA3520	K174XA16	SECAM-dekooder
TDA3530	K174XA31	SECAM-dekooder
TDA3541	KP1021YP1	Kujutise vs-võim. ja videodetektor
TDA3562	KP1021XA4	PAL/SECAM-dekooder
TDA3562Q	K1021XA5	Kaadrilaotus
TDA3591	KP1021HA3	SECAM/kvaasiPAL-transdekooder
TDA3652A	K1021XA5	Kaadrilaotus ja kaitseülitused
TDA4100	K174XA10	AM/FM-vastuvõtja
TDA4420	K174YP12	Kujutise vahesagedusvõimendi
TDA4500	K174XA17	PAL-dekooder
TDA4503	K11039XA1	Mustvalgeteleri IL
TDA4555	K174XA32	PAL-, SECAM- ja NTSC-dekooder
TDA4565	K174XA27	Pildi teravuse korrektor
TDA4610	K174XA25	Rastrimoonutuse korrektor
TDA4650		Värvsusdekoodri signaaliieristi
TDA4660		Värvsusdekoodri viitliin
TDA4670		Värvsusdekoodri signaalikorrektor
TDA4680		Värvsusdekoodri videoprotsessor
TDA7021T	K174XA34	FM-trakt ja hs-eelvõimendi
TDA7688	KФ174YH1	Kuularivõimendi
TDC1007J	K1107ПB2	Kiire A/D-muundur
TDC1013J	K1108ПB1	D/A-muundur

TDC1014J	K1107ПВ1	A/D-muundur
TDC1016J	KM1118ПА2	A/D-muunduri elemendid
TEA1120	K174ГЛ2	Kaadri-laotusgeneraator
TL083	KP574YД2	Kaksik-operatsioonvõimendi
TL494	KP1114EY4	Impulss-stabilisaatori tüürlülitus
TUA2000	K174XA20	Meeterlaineselektor
U1011C	KP1146ФП1	Telefonikanalite 3,4/8-kHz-filter
UAA170	KM1003ПП2	16 valgusdiodi tüürlülitus
UAA180,	K1003ПП1	12 valgusdiodi tüürlülitus
ULN2004A	K1109KT2	Voolukommutaator
VN2410	KP1014KT1	Voolukommutaator
XR-S200	KP1005XA8	PLL-i lülitus
μA702C	KP140YД1	Operatsioonvõimendi
μA709	KP140YД9	Operatsioonvõimendi
μA709A	K553YД1	Operatsioonvõimendi
μA709AHM	153YД3	Operatsioonvõimendi
μA709APM	K153YД1B	Operatsioonvõimendi
μA709PM	K553YД1A	Operatsioonvõimendi
μA710	K554CA2	Pingekomparaator
μA711C	K544CA1	Kaksikkomparaator
μA711HM	521CA1	Kaksikkomparaator
μA723	K140YД2	Operatsioonvõimendi
μA725B	KM551YД1A	Operatsioonvõimendi
μA725C	KM551YД1B	Operatsioonvõimendi
μA725HM	153YД5	Operatsioonvõimendi
μA740	KP140YД8	Operatsioonvõimendi
μA740C	KP544YД1	Operatsioonvõimendi
μA740HM	140YД8A	Operatsioonvõimendi
μA740TC	KP140YД8B	Operatsioonvõimendi
μA741	KP140YД7	Operatsioonvõimendi
μA747C	KP140YД20	Kaksik-operatsioonvõimendi
μA747HM	140YД20	Kaksik-operatsioonvõimendi
μA747PC	KP140YД20	Kaksik-operatsioonvõimendi
μA776	K140YД12	Operatsioonvõimendi
μA776HC	KP140YД12B	Operatsioonvõimendi
μA776HM	140YД12	Operatsioonvõimendi
μA776TC	KP140YД12	Operatsioonvõimendi
μA796	KP140MA1	Balanssmodulaator-demodulaator
μA7805T	KP142EH5A,B	Pingestabilisaator
μA7806T	KP142EH5B,Γ	Pingestabilisaator
μA7806UC	KP142EH5	Pingestabilisaator
μPA35C	KP146KT1	Voolukommutaator
μPD765	K1809BГ1,2	Maki kontrollid
μPD2819	KP1015XK2	Raadio sagedussüntesaator
μPD2819C	KP1015XK3	Sama

### 3.7. ANALOGLÜLITUSED

**3.7.1. Operatsioonvõimendi (OV)** on kahe – inverteeriva ja mitteinverteeriva – sisendiga alalisvooluvõimendi, millel on suur sisendtakistus, väike väljundtakistus ja suur võimendustegur madalal sagedusel. Seetõttu saab väheseid väliskomponente lisades luua mitmesuguse otstarbega lülitusi, mille parameetrid sõltuvad praktiliselt üksnes vastusideahela omadustest.

OV-d koosnevad harilikult diferentslülituses sisendastmest, pingevõimendist ja vastastakt-väljundastmest. Enamasti on OV sisendaste kaitstud liigpinge eest ja väljundaste lühise eest.

Suure võimendusteguri tõttu vajab OV sageduskorrektsiooni, et ära hoida genereerimist. On sise- ja väliskorrektsiooniga OV-sid. Esimestel on pääsuriba OV sees oleva kondensaatoriga üheselt määratud. Väljastpoolt vastavate viikude kaudu ühendatava, kondensaatorit sisaldava ahelaga saab valida soovitava pääsuriba transiitsagedusega määratud sagedusalas. OV-de põhiparameetrid on järgmised.

Diferentssignaali võimendustegur on väljundpinge ja seda esilekutsunud diferentspinge suhe. Ühissignaali võimendustegur on väljundpinge ja kokkuühendatud sisendi-tele antava pinge suhe.

Ühissignaali nõrgendustegur avaldub diferentssignaali võimendusteguri ja ühissignaali võimendusteguri suhtena detsibellides (dB).

Nihkepinge on selline alalispinge, mis tuleb rakendada OV sisendite vahele, et väljundpinge oleks null. Nimelt on reaalse OV väljundis ka sisendpinge puudumisel teatav alalispinge, s.t. võimendi ei ole tasakaalustatud. Nihkepinge mõju kompenseerimist nimetatakse OV balansseerimiseks e. tasakaalustamiseks. Selleks tuleb OV vastavate viikude vahele ühendada OV balansseerimise e. nulli korrigeerimise ahel.

Transiitsagedus on sagedus, mille puhul tagasisidestamata OV võimendustegur on vähenenud üheni. Transiitsageduse järgi saab leida vastusidestatud OV võimendusteguri mingil madalamal sagedusel. Kui nt. transiitsagedus on 10 MHz, siis pääsuribas, mille lõikesagedus on 100 korda madalam, s.o. 0,1 MHz, on OV võimendustegur  $10/0,1 = 100$ .

Väljundpinge kasvukiirus on suurim kiirus (V/ $\mu$ s), millega on võimeline muutuma OV väljundpinge, kui tema sisen-disse antakse suurima lubatava väärtusega ristkülikuline pingeimpulss. Kui signaali tegelik kasvukiirus on suurem, ei järgi väljundpinge täpselt sisendpinge muutusi, s.t. signaal moonutub.

Peale üldotstarbeliste e. universaalsete OV-de toodetakse mitut liiki eriomadustega OV-sid.

Pretsisioon- e. täppis-OV-del on suur diferentssignaali võimendustegur  $K_U$ , väike nihkepinge  $U_{IO}$  ja selle triiv.

Selliste OV-de hulka kuuluvad

Tüüp	HA5147	HA5134	LM627	LT1028	LT1014	LT1125	OP177	OP470	OPA2111
$K_U \times 10^6$	2	2	5	30	8	10	12	2	2
$U_{IO} \mu V$	10	25	15	10	40	50	10	100	100

Eriti väikese nihkepinge ja selle triiviga OV-d sobivad väga nõrga signaali võimendamiseks:

Tüüp	HA5177	OP177	ICL7650	LTC1052	LTC2652	MAX426	TSC914
Nihkepinge $\mu V$	10	10	2	0,5	0,5	1	5
Triiv $\mu V/K$	0,1	0,1	0,1	0,01	0,005	0,01	0,05

Müravaesed OV-d on kohased väga nõrga vahelduvpinge võimendamiseks. Niisugused OV-d on nt. OPA627 (mürapinge 1 kHz juures 5 nV), OP47, OP227, OP470 (3 nV), LT1115 (0,9 nV), AD9610 (0,7 nV, seejuures väljundpinge kasvukiirus 3000 V/ $\mu s$ ).

Laiaribalistel OV-del on ühtlasi suur väljundpinge kasvukiirus  $v$ ; neil puudub sisemine sageduskorrektsioon. Näiteid ( $f_p^u$  ribalaius maksimaalse väljundpinge korral):

Tüüp	AD9617	CLC203	CLC424	HFA0005	HFA1100	LT1191	OPA623	WA01
$f_p$ MHz	100	60	180	25	130	24	130	40
$v_u$ V/ $\mu s$	1400	6000	2000	600	2500	450	2000	4000

Väikese voolutarbe ja madala toitepingega OV-d on mõeldud patareitoitega aparatuuridele. Need võivad olla reguleeritavad (programmeeritavad): voolutarvet ja sellega seoses muid parameetreid (võimendustegurit, kasvukiirust, sisendtakistust) saab seada vastava viigu kaudu antava reguleerimisvooluga. Näiteid:

Tüüp	LMC6062	LP324	LTC1047	MAX402	MAX403	MAX406	OP490	TCL25L4
$I_{CC} \mu A$	16	25	60	60	250	1	20	10
Tüüp	LM10	LT1012	LT1179	NE5234	OP490	TLC254		
$U_{CC} V$	+1,1	+/-1,2	+/-0,9	+/-0,9	+/-0,5	+/-0,5		

Suure väljundpingega  $U_O$  on nt. OV-d:

Tüüp	HA2645	LM343	OPA445	PA41	PA85	PA89
$U_O$ +/-V	35	30	35	160	225	500

Suure väljundvooluga  $I_O$  on nt. OV-d:

Tüüp	LM12	LM675	OPA512	OPA541	PA03	PA04	TCA365
$I_O A$	10	3,0	10	3	30	20	2,5
$U_O$ +/-V	35	20	40	35	65	90	13

Siin esitatud OV-de tootjad on Analog Devices (tüübi-tähise alguses AD), Apex (PA, WA), Burr Brown (OPA), Com-linear (CLC), Harris (HA, HFA), Intersil (ICL), Linear Techn. (LT), National Semiconductor Corp. (LM), Maxim (MAX), Precision Monolithics (OP), Raytheon (OP), Siemens (TCA), Texas Instruments (TLC, TCL).

OV-d vajavad üldiselt kahepolaarset toitepinget, kuid on ka ühe toitepingega seadiseid. Universaalsetel ja ka paljudel eriomadustega komponentidel on ühes korpusen enamasti 2 või 4 OV-d.

Valik peamiselt üldotstarbeliste OV-de põhiandmeid on tabelis 3.1.

### T.3.1. Operatsioonvõimendid

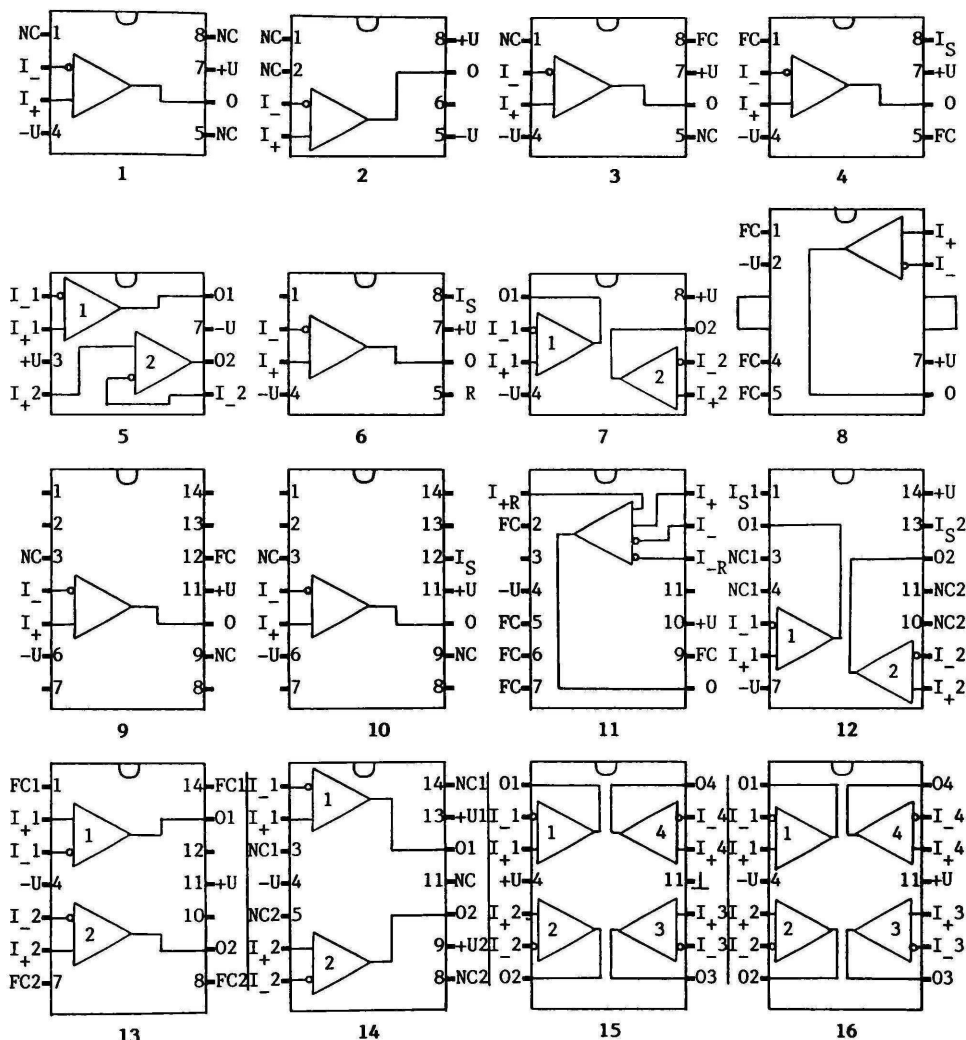
$U_{CC}$  nimitoitepinge (kahepolaarne);  $I_{CC}$  mõlemast allikast tarbitav koguvool;  $U_{IO}$  nihkepinge;  $R_I$  sisendtakistuse vähimväärtus;  $K_U$  pingevõimendusteguri vähimväärtus; CMRR ühissignaali nõrgendustegur;  $v_u$  väljundpinge kasvukiiruse vähimväärtus;  $f_T$  transiitsagedus

Tüüp	$U_{CC}$ +/-, V	$I_{CC}$ mA	$U_{IO}$ mV	$R_I$ M $\Omega$	$K_U$ $\times 10^3$	CMRR dB	$v_u$ V/ $\mu$ s	$f_T$ MHz	Lisa- andmeid*	J.
AD741CN	15		6	0,3	20	70	0,5	1		1
AD741JN	18		3	1	50	80	0,5	1		1
AD741KN	22		2	2	50	90	0,5	1		1
AD741LN	22		0,5	2	50	90	0,5	1		1
HA4156-5	20		5	5	25	80	1,3	2,8		15
HA4741-5	20	7	5	5	25	80	1,6	2,5		15
HA5062-5	20	0,5	15	$10^6$	10	70	4	1		7
HA5062A-5	20	0,4	6	$10^6$	20	80	4	1		7
HA5062B-5	20	0,4	3	$10^6$	20	80	4	1		7
HA5064-5	20	1	15	$10^6$	10	70	2	1		16
HA5064A-5	20	0,8	6	$10^6$	20	80	2	1		16
HA5064B-5	20	0,8	3	$10^6$	20	80	2	1		16
HA5084-5	20	12	15	$10^6$	25	70	15	4		15
HA5130	20	1,3	0,03	20	1000	110	0,5	0,6		1
HA5135	20	1,7	0,08	20	1000	106	0,5	0,6		1
HA5144-5	30	0,08	6		20	77	1	0,4	VV	16
HA5170-5	20	2,1	0,5	$10^4$	80	90	5	5		1
ICL7615A	8	0,002	2	$10^6$	30	76	0,02	0,04	VV,SK	1
ICL7615B	8	0,002	5	$10^6$	10	70	0,02	0,04	VV,SK	1
ICL7615D	8	0,002	15	$10^6$	10	70	0,02	0,04	VV,SK	1

Tüüp	U <sub>CC</sub> +/-, V	I <sub>CC</sub> mA	U <sub>I/O</sub> mV	R <sub>I</sub> MΩ	K <sub>U</sub> x10 <sup>3</sup>	CMRR dB	v <sub>u</sub> V/μs	f <sub>T</sub> MHz	Lisa- andmeid*3,3	J.
ICL7622A	8	0,002	2	10 <sup>6</sup>	30	76	0,02	0,04	VV, SK	14
ICL7622B	8	0,002	5	10 <sup>6</sup>	10	70	0,02	0,04	VV, SK	14
ICL7622D	8	0,002	15	10 <sup>6</sup>	10	70	0,02	0,04	VV, SK	14
ICL7642B	8	0,002	2	10 <sup>6</sup>	30	80	0,02	0,04	VV	1
ICL7642C	8	0,002	10	10 <sup>6</sup>	30	80	0,02	0,04	VV	1
ICL7642E	8	0,002	20	10 <sup>6</sup>	30	80	0,02	0,04	VV	1
LM148J	22	3,6	5	0,8	50	70	0,5	1	SK	15
LM248J	18	4,5	6	0,8	50	70	0,5	1	SK	15
LM249J	18	4,5	6	0,8	50	70	2	4	SK	15
LM318	20	3,0	3		25	65		1	SK	14
LM747AJ	22	2,5	3	1	50	80	0,3	0,4		14
LM747CJ	18	2,8	6	0,3	20	70	0,5	0,4		14
LM747EJ	18	2,5	3	1	50	80	0,3	0,4		14
TL071C	18	2,5	10	10 <sup>6</sup>	25	70	13	3	MM, SK	1
TL071AC	18	2,5	6	10 <sup>6</sup>	50	80	13	3	MM, SK	1
TL071BC	18	2,5	3	10 <sup>6</sup>	50	80	13	3	SK	1
TL080AC	18	2,5	6	10 <sup>6</sup>	50	80	13	3	SK	1
TL080C	18	2,8	10	10 <sup>6</sup>	25	70	13	3	SK	1
TL081AC	18	2,8	6	10 <sup>6</sup>	50	80	13	3	SK	1
TL081C	18	2,8	15	10 <sup>6</sup>	25	70	13	3	SK	1
TL081BC	18	2,8	3	10 <sup>6</sup>	50	80	13	3	SK	1
TL087I	18	2,8	0,5	10 <sup>6</sup>	50	80	13	3	SK	1
TL087C	18	2,8	3	10 <sup>6</sup>	25	70	13	3	SK	1
TL087M	18	0,5	3	10 <sup>6</sup>	50	80	13	3	SK	1
TL088C	18	2,8	3	10 <sup>6</sup>	25	70	13	3	SK	1
μAF772DC	18	2,8	10	10 <sup>6</sup>	50	70	10	3		7
μAF772ADC	18	2,8	2	10 <sup>6</sup>	50	70	10	3		7
μAF772ADM	18	2,8	2	10 <sup>6</sup>	50	80	10	3		7
μAF772BDC	18	2,8	5	10 <sup>6</sup>	50	80	10	3		7
μAF772BDM	18	2,8	5	10 <sup>6</sup>	50	80	10	3		7
μAF772LDC	18	2,8	15	10 <sup>6</sup>	50	70	10	3		7
μAF774DC	18	2,8	10	10 <sup>6</sup>	50	70	10	3		15
μAF774ADC	18	2,8	2	10 <sup>6</sup>	50	70	10	3		15
μAF774ADM	18	2,8	2	10 <sup>6</sup>	50	80	10	3		15
μAF774BDC	18	2,8	5	10 <sup>6</sup>	50	80	10	3		15
μAF774BDM	18	2,8	5	10 <sup>6</sup>	50	80	10	3		15
μAF774LDC	18	2,8	15	10 <sup>6</sup>	25	70	10	3		15
KP140VJ15A	12	10	10	0,05	0,5	60	6	5		11
KP140VJ15B	12	12	5	0,01	1	60	6	10		11
KP140VJ16	15	4	10	1	30	70	0,5	0,35	SK	9
KP140VJ17	15	3,5	9	0,4	70	70	0,3	0,8	SK	9

Tüüp	$U_{CC}$ +/-, V	$I_{CC}$ mA	$U_{IO}$ mV	$R_I$ MO	$K_U$ $\times 10^3$	CMRR dB	$v_u$ V/ $\mu$ s	$f_T$ MHz	Lisa- andmeid*	J. 3.3
KP140YD8A	15	5	30	1000	50	64	2	3		1
KP140YD8B	15	5	30	1000	20	64	5	3		1
KP140YD8B	15	5	30	1000	20	64	2	3		1
KP140YD11	15	10	10	0,4	25	70	50	15		1
KP140YD12	15	0,2	6	30	50	70	0,1	0,1	VV, Pr	10
K140YD17A	15	4	0,075		200	106	0,1	0,4	SK	2
K140YD17B	15	5	0,15		120	94	0,1	0,4	SK	2
KP140YD18	15	4	10		50	80	2			1
KP140YD20A	15	2,8	3	0,5	50	70	0,3	0,5		14
KP140YD20B	15	2,8	6	0,3	25	70	0,3	0,5		14
K157YD1	15	9	5		50	70	0,5	1		8
K157YD2	15	7	5		50	70	0,5	1		13
K157YD3	15	7	5		50	70	0,5	1		13
KP544YD1A	15	1,8	9	$10^{13}$	80	96	5	2	SK	1
KP544YD1B	15	1,8	15	$10^{13}$	600	96	5	2	SK	1
KP544YD1B	15	1,8	5	$10^{13}$	200	96	5	2	SK	1
KP544YD2A	15	4,8	10	$10^{11}$	45	80	30	22	LR	3
KP544YD2B	15	4,8	20	$10^{11}$	40	80	30	22	LR	3
KP544YD2Г	15	4,8	10	$10^{11}$	45	80	30	22	LR	3
KP544YD3A	15	1,8	1	$10^{13}$	800	96	8	2,5	SK	1
KP544YD4A	15	3,6	15	$10^{13}$	600	96	5	2	SK	5
KP544YD5A	6	0,33	15	$10^{13}$	600	90	3	1,5	VV	1
	15	0,85	15	$10^{13}$	600	90	3	1,5	VV	1
KP544YD5B	15	0,6	15	$10^{13}$	600	90	3	1,5	VV	1
KP544YD6	15	3,6	2	$10^{13}$	600	96	6	2,5	SK	7
KP574YD1	15	8	50		50		50	10		1
KP574YD2A	15	5	50		25	60	5	1		5
KP574YD2B	15	10	50		25	60	15	2		5
K1401YD1	15	8,5			2		0,5	2,5		16
K1401YD2A	15	3	5		50	70	0,35	1		16
K1401YD2B	15	3	7,5		25	70	0,35	0,7		16
KP1407YD1	5	8	10		10	70	10	6	MM	4
KP1407YD2	12		0,1		50	70	0,5	3	VV, Pr	4
KP1407YD3	6	2	5		10	76	5		MM, Pr	4
KP408YD1	27	5	8		70	70	1,5	0,5		10
K1423YD1	1,3	0,01	5		10	70	1,6	1,4	VV	6
K1423YD2	15	2,5	7		25					7
K1429YD1	5	14		15	10					15

\*LR laiaribaline; MM madala müratasemega; Pr programmeeritav; SK sisemise sageduskorrektsooniga; VV väikese võimsustarbega.



J.3.3. Operatsioonvõimendite (t.3.1) sokeldus. Viikude tähised:  $+U$  positiivne toitepinge,  $-U$  negatiivne toitepinge;  $I_+$  mitteinvertseerisend,  $I_-$  invertseerisend;  $I_+R$  ja  $I_-R$  suure sisendtakistusega lisasisendid;  $0$  väljund;  $I_S$  seadevoolusisend (reguleeritavatel võimenditel);  $FC$  sageduskorrektsoon;  $NC$  nullikorrektsoon (nihkepingselt tingitud parasiitse väljundpinge kõrvaldamine)

**3.7.2. Helisagedusvõimendid.** Integraalne helisagedusvõimendi suurendab signaali allika (nt. tuuneri, magnetofoni, plaadimängija) signaali võimsust kõlarisse või kuulareisse juhtimiseks vajaliku tasemeni. Põhiparameetrid on järgmised.

Nimiväljundvõimsus on suurim võimsus, mida võimendi annab 1000Hz siinuselise sisendpinge korral nimikoormustakistusele tingimusel, et väljundpinge harmoonilismoonutustegur ei ületa etteantud väärtust (enamasti alla 1 %).

Maksimaalne väljundvõimsus on selline võimsus, mille puhul nimetatud moonutus ei ületa 10 %.

Talitlussagedusala on sageduspiirkond alumise ja ülemise piirsageduse vahel, kus sagedusmoonutus ei ületa etteantud väärtust (harilikult võib võimenduse ebahütlus, s.o. suurima ja vähima võimenduse suhe, olla 0,5...3 dB).

Nimikoormustakistus on võimendi koormuse (kõlari) niisugune takistus, mille puhul võimendi arendab nimivõimsust. Koormuse suurema takistuse korral väheneb võimsus võrdeliselt takistusega, väiksema takistusega kõlar aga koormab võimendi üle, millega kaasneb moonutuste kasv, halvemal juhul võimendi rikkimine.

Võimendisse on enamasti sisse ehitatud lülitused kaitseks liigkoormuse ja väljundi lühise eest. Võimendi tuleb monteerida radiaatorile, mis suudab hajutada lülitusest maksimaalsel väljundvõimsusel hajuvat võimsust; see on enamasti 1,5...2 korda suurem nimivõimsusest. (Radiaatori valiku ja arvutuse kohta vt. nt. L. Abo, Raadiolülitused, 1990, lk. 532).

### T. 3.2. Helisagedusvõimendid

$U_{CC}$  toitepinge;  $P_0$  väljundvõimsus;  $R_L$  valjuhääldi nõutav nimitakistus;  $f_L \dots f_H$  talitlussagedusala;  $I_{CC}$  jõudevool

Tüüp	$U_{CC}$ V	$P_0$ W	$R_L$ $\Omega$	$f_L \dots f_H$ kHz	$I_{CC}$ mA	Firma	J. 3.5
AN7108	1,6...6	2x0,03	32	0,020...20	14	Matsushita	2
AN7143M	5...24	2x2	4	0,040...18	20	Matsushita	5
AN7147	9...24	2x5,8	3	0,030...18	12	Matsushita	5
AN7149M	9...24	2x5,3	3	0,030...18	13	Matsushita	5
AN7163	12...24	18	4	0,020...20	60	Matsushita	6
AN7168	12...24	2x5,8	4	0,030...20	55	Matsushita	5
AN7169	12...24	2x5,8	4	0,030...20	55	Matsushita	5
AN7176	12...24	2x7,5	4	0,020...20	60	Matsushita	5

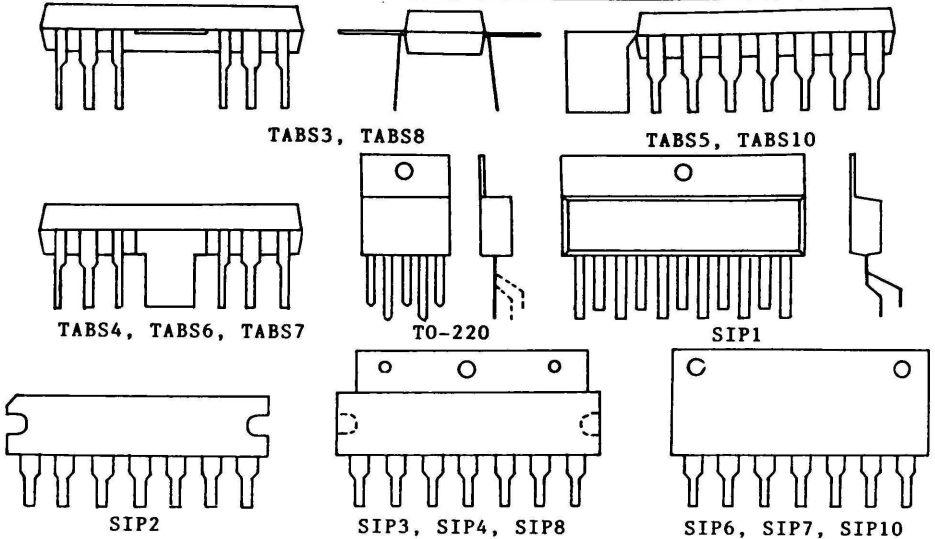
Tüüp	$U_{CC}$ V	$P_0$ W	$R_L$ $\Omega$	$f_L \dots f_H$ kHz	$I_{CC}$ mA	Firma	J. 3.5
AN7178	12...18	2x2,8	4	0,030...18	40	Matsushita	5
BW4101	3...12	1,5	4	0,040...18	15	Fujitsu	7
BW4102	3...12	2,1	4	0,040...18	15	Fujitsu	7
BW4112	6...12	2,3	4	0,040...18	15	Fujitsu	8
CA2002	11...18	5,2	4	0,030...20	45	RCA	9
CA2002M	11...18	8	2	0,030...20	45	RCA	9
CA2004	8...26	8	2	0,030...20	40	RCA	9
CA2004M	8...26	12	4	0,030...20	40	RCA	9
CA3131	9...24	5	8	0,030...18	20	RCA	10
CA3132	9...24	5	8	0,030...18	20	RCA	10
CD1034	1,5...9,5	2x0,38	32	0,020...10	13	NSC	2
CXA1005P	1,5...9,5	2x0,38	32	0,020...20	13	Sony	2
CXA1034P	1,5...9,5	2x0,35	32	0,020...20	13	Sony	2
D1005P	1,5...9,5	2x0,35	32	0,020...20	13	Sanyo	2
D2283	3...15	1,2	8	0,030...18	16	Sanyo	11
D7232P	3,5...12	2x2,2	4	0,030...18	22	Sanyo	12
D7240P	9...18	2x5,8	4	0,040...20	80	Sanyo	13
DG810DS	4...20	6	4	0,030...18	12	Siliconix	1
DG4100	3...12	1	4	0,040...18	12	Siliconix	7
DG4101	3...12	1,5	4	0,040...18	12	Siliconix	7
DG4102	3...12	2,1	4	0,040...18	12	Siliconix	7
ESM1432	+/-15	20	4	0,020...20	30	Thomson	14
ESM1532C	+/-16	20	4	0,020...20	30	Thomson	14
ESM1632C	+/-13	14	4	0,020...20	30	Thomson	14
ESM1732C	+/-9	8	2	0,020...20	25	Thomson	14
FD4100	3...12	1	4	0,040...18	15	Sharp	7
FD4112	6...12	2,3	4	0,040...18	15	Sharp	8
FY4112	6...12	2,3	4	0,040...18	80	Sharp	8
HA1377	10...18	2x5,8	4	0,020...20	80	Hitachi	5
HA1377A	10...18	2x7	4	0,020...20	80	Hitachi	5
HA1392	8...18	2x4,3	4	0,030...18	36	Hitachi	5
HA1398	6...18	2x5,8	4	0,020...20	80	Hitachi	5
HA13102	9...35	2x5,5	4	0,020...20	80	Hitachi	5
HA13108	9...18	2x5,5	4	0,030...20	80	Hitachi	5
IX0040TA	8...18	8	4	0,040...20	45	Sharp	9
IX0250CE	6...14	4,5	4	0,040...18	30	Sharp	15
KA2201	4...14	0,5	8	0,040...18	3,5	Samsung	24
KA2206	5...15	2x2,3	4	0,040...18	40	Samsung	25

Tüüp	$U_{CC}$ V	$P_O$ W	$R_L$ $\Omega$	$f_L \dots f_H$ kHz	$I_{CC}$ mA	Firma	J. 3.5
KA4101	9...11	1,5	4	0,040...17	15	Samsung	7
KA22061	6...14	2x2,3	8	0,040...18	45	Samsung	25
KA22062	6...15	2x4,5	4	0,030...18	19	Samsung	26
KA22132	1,6...6	2x0,03	32	0,020...20	14	Samsung	2
KA4101	9...11	1,5	4	0,040...17	15	Samsung	7
KIA6205	13...25	2x15	4	0,020...20	80	Samsung	27
KIA6210	13...25	2x18	4	0,020...20	80	Samsung	27
KIA6283	12...25	2x3	4	0,030...18	24	Samsung	26
KIA7299	10...18	2x5	4	0,030...18	40	Samsung	13
LA4100	6...9	1	8	0,040...17	15	Sanyo	7
LA4101	7,5...11	1,5	4	0,040...18	15	Sanyo	7
LA4102	9...13	2,1	8	0,040...18	15	Sanyo	7
LA4110	6...11	1	4	0,040...18	15	Sanyo	8
LA4112	9...11	2,3	4	0,030...18	15	Sanyo	8
LA4120	6...11	2x1	4	0,040...17	35	Sanyo	28
LA4125	6...14	2x2,4	4	0,030...18	40	Sanyo	28
LA4125T	9...18	2x4,2	4	0,030...18	45	Sanyo	28
LA4126	9...14	2x2,4	4	0,030...18	40	Sanyo	28
LA4126T	9...18	2x4,2	4	0,030...18	45	Sanyo	28
LA4180	6...12	2x1	4	0,040...18	40	Sanyo	25
LA4182	8...16	2x2,3	4	0,040...18	45	Sanyo	25
LA4183	8...16	2x2,3	4	0,040...18	40	Sanyo	25
LA4550	6...13	2x2,1	4	0,040...20	15	Sanyo	25
LA4555	6...13	2x2,3	4	0,040...20	15	Sanyo	25
LA4558	6...13	2x2,4	4	0,030...20	15	Sanyo	25
LM383	5...22	7	4	0,030...20	45	NSC	9
LM820M	3...16	2	8	0,030...18	4	NSC	24
LM1875	20...60	25	4	0,020...20	70	NSC	4
LM2002	5...20	8	2	0,030...20	45	NSC	9
LM2002A	5...20	8	2	0,030...20	45	NSC	9
LM2005	8...18	2x10	2	0,030...20	70	NSC	3
LM2877	6...24	2x4	8	0,030...20	25	NSC	29
LM2878	6...32	2x5	8	0,030...20	10	NSC	29
LM2879	10...35	2x9	8	0,020...20	12	NSC	29
M51515L	9...16	2x5,5	4	0,030...20	90	Mitsubishi	30
M51515BL	9...16	2x5,5	4	0,030...20	90	Mitsubishi	30
M51517L	9...16	2x5,5	4	0,030...20	90	Mitsubishi	30
MB3734	8...16	14	4	0,020...20	80	Philips	31
MC1438	4...12	1	4	0,040...17	6	Motorola	32
MC1454G	4...12	1	4	0,040...17	6	Motorola	33
MC1538	4...12	2	4	0,040...17	6	Motorola	32

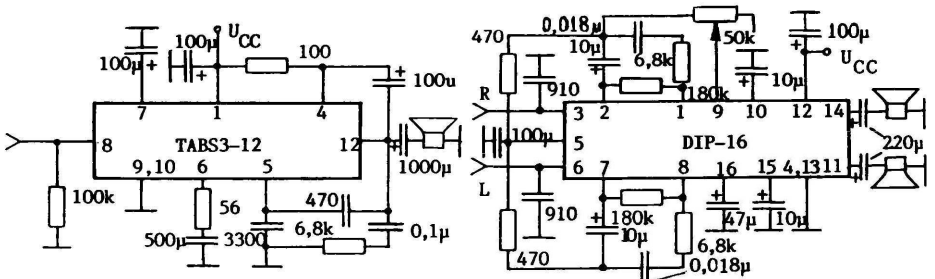
Tüüp	$U_{CC}$ V	$P_O$ W	$R_L$ $\Omega$	$f_L \dots f_H$ kHz	$I_{CC}$ mA	Firma	J. 3.5
MC1554G	+/- (6...18)	1	16	0,040...17	11	Motorola	33
MC3360P	6...12	0,25	16	0,040...16	3	Motorola	60
MDA2010	+/- (5...18)	10	4	0,030...20	140	Tesla	18
MDA2020	+/- (5...18)	15	4	0,030...20	140	Tesla	18
R5052CE	6...18	4	4	0,030...18	16	Sony	15
SL4100	6...9	1	4	0,030...18	15	NSC	7
SL4101	7,5...11	1,5	4	0,030...18	15	NSC	7
SL4102	9...13	2,1	4	0,030...18	15	NSC	7
SL4110	6...11	1	4	0,030...18	15	NSC	8
SL4112	6...9	2,3	4	0,030...18	15	NSC	8
TA7232P	3,5...12	2x2,2	4	0,030...18	22	Toshiba	12
TA7233P	6...12	2x4,5	4	0,030...18	35	Toshiba	26
TA7240P	9...18	2x5,8	4	0,020...20	80	Toshiba	13
TA7263P	9...18	2x5,8	4	0,030...20	80	Toshiba	13
TA7264P	9...18	2x5,8	4	0,030...20	80	Toshiba	13
TA7270P	9...18	2x5,8	4	0,020...20	80	Toshiba	13
TA7275P	9...18	12	4	0,020...20	80	Toshiba	38
TA7283AP	6...15	2x4,5	4	0,030...20	19	Toshiba	26
TA7299P	9...18	2x5,8	4	0,020...20	80	Toshiba	13
TA8205	9...18	2x15	4	0,020...20	90	Toshiba	27
TA8210H	9...18	2x19	4	0,020...20	120	Toshiba	27
TAA300	5...16	1,8	8	0,040...15	10	Siemens	16
TBA310AS	6...20	6	16	0,030...18	20	SGS-ATES	1
TBA800	5...30	5	16	0,030...18	9	Fairchild	39
TBA800A	5...30	5	16	0,030...18	9	Fairchild	39
TBA800C	5...30	5	16	0,030...18	9	Fairchild	39
TBA810	4...20	7	4	0,030...18	12	Intermetall	1
TBA810AS	4...20	7	4	0,030...18	12	Intermetall	1
TBA810AT	4...20	7	4	0,030...18	12	Intermetall	1
TBA810DS	4...20	7	4	0,030...18	12	Intermetall	1
TBA810AS	4...20	7	4	0,030...18	12	Intermetall	1
TBA810S	4...20	7	4	0,030...18	12	Intermetall	1
TBA810T	4...20	7	4	0,030...18	12	Intermetall	1
TBA820	3...16	2	4	0,040...18	4	SGS-ATES	24
TBA820M	3...16	2	4	0,040...18	4	SGS-ATES	24
TCA150D	6...18	5	4	0,030...18	13	Philips	1
TCA150U	6...18	5	4	0,030...18	13	Philips	1
TCA150S	6...18	5	4	0,030...18	13	Philips	1
TCA150T	6...18	5	4	0,030...18	13	Philips	1
TCA830A	4...20	3,4	4	0,030...18	10	Telefunken	1
TCA830S	4...20	4,2	4	0,030...18	10	Telefunken	1

Tüüp	U <sub>CC</sub> V	P <sub>O</sub> W	R <sub>L</sub> $\Omega$	f <sub>L</sub> ...f <sub>H</sub> kHz	I <sub>CC</sub> mA	Firma	J. 3.5
TCA940	6...24	10	4	0,020...20	20	SGS-ATES	1
TCA940E	6...24	6,5	8	0,020...20	20	SGS-ATES	1
TDA1010A	6...24	6	4	0,030...20	31	Philips	40
TDA1011	4...24	4	4	0,030...20	20	Philips	40
TDA1011A	5...24	6,5	4	0,030...20	20	Philips	40
TDA1015	4...18	4	4	0,030...20	14	Philips	40
TDA1020	6...18	12	4	0,020...20	30	Siemens	40
TDA1512	15...35	20	4	0,020...20	65	Philips	41
TDA1512Q	15...35	20	4	0,020...20	65	Philips	41
TDA1520A	15...50	20	8	0,020...20	70	SGS-ATES	41
TDA1520AQ	15...50	20	8	0,020...20	70	SGS-ATES	41
TDA1908	4...30	8	8	0,020...20	17	Philips	42
TDA1908A	4...30	8	8	0,020...20	17	Philips	42
TDA2002	8...18	8	2	0,030...20	45	Telefunken	9
TDA2003	8...18	10	2	0,030...20	45	Telefunken	9
TDA2004	8...18	2x12	2	0,020...20	65	SGS-ATES	3
TDA2005	8...18	2x12	2	0,020...20	65	SGS-ATES	3
TDA2005M	8...18	2x10	2	0,020...20	65	SGS-ATES	3
TDA2006	+/(6...15)	10	4	0,020...20	40	SGS-ATES	4
TDA2008	10...28	12	4	0,020...20	65	Philips	9
TDA2009A	8...28	2x10	4	0,020...20	60	Philips	43
TDA2010	+/(5...18)	12	4	0,030...20	45	SGS-ATES	18
TDA2020	+/(5...22)	20	4	0,020...20	60	SGS-ATES	18
TDA2210D	+/(5...30)	30	4	0,020...20	60	SGS-ATES	18
TDA2030	+/(6...18)	14	4	0,020...20	40	Telefunken	4
TDA2030A	+/(6...22)	18	4	0,020...20	50	Telefunken	4
TDA2040	+/(3...20)	20	4	0,020...20	45	Philips	4
TDA2040A	+/(4...20)	24	4	0,020...20	45	Philips	4
TDA2611A	6...35	5	8	0,030...20	35	Siemens	22
TDA2870	9...32	10	4	0,020...20	40	Siemens	44
TDA3000	9...32	10	4	0,020...12	40	Philips	44
TDA4920	3,5...13,5	2x1,2	4	0,030...18	17	Philips	45
TDA4925	3,5...17	2x5,2	4	0,020...10	20	Siemens	45
TDA4030	8...26	2x10	4	0,020...20	30	Siemens	45
TDA7052	3...15	1	4	0,040...18	5,2	Philips	47
TDA7053	3...15	2x1	8	0,040...18	5,2	Philips	48
TDA7233	1,8...15	1	4	0,040...18	3,6	Siemens	49
TDA7233D	1,8...15	1,6	4	0,040...18	3,6	SGS-ATES	49
TDA7240A	8...18	20	4	0,020...20	65	Siemens	50
TDA7241	8...18	20	4	0,020...20	65	SGS-ATES	50

Tüüp	$U_{CC}$ V	$P_O$ W	$R_L$ $\Omega$	$f_L \dots f_H$ kHz	$I_{CC}$ mA	Firma	J. 3.5
UL1440	6...24	10	4	0,030...20	35	Unitra	1
UL1480P	9...30	5	16	0,035...20	35	Unitra	39
UL1481P	6...20	6	4	0,040...20	38	Unitra	1
ULN2274B	9...20	2x1	8	0,040...17	30	Sprague	51
ULN2277	9...30	2x2	16	0,040...17	35	Sprague	55
ULN2278B	9...22	2x2	8	0,034...17	30	Sprague	51
ULN2280B	9...26	2,5	8	0,040...18	35	Sprague	52
ULN2281B	9...32	4	8	0,040...18	35	Sprague	52
ULN2283B	3...15	1,2	8	0,040...18	16	Sprague	11
ULN3701Z	8...18	10	2	0,030...20	45	Sprague	9
ULN3702Z	8...26	12	4	0,030...20	80	Sprague	9
ULN3703Z	9...18	10	2	0,030...20	44	Sprague	9
ULN3705M	1,8...9	0,6	32	0,020...20	7	Sprague	11
ULN3784B	9...28	5	8	0,020...20	20	Sprague	52
ULX3777	1,8...15	2x1,2	4	0,030...18	6	Sprague	5
$\mu$ A783	4...30	9	4	0,030...20	20	Fairchild	1
$\mu$ PC1212C	3,5...9	1	4	0,030...18	15	NEC	35
$\mu$ PC1213C	4,5...11	2,4	4	0,030...18	32	NEC	35
$\mu$ PC1238	+/(6...15)	8	8	0,020...20	60	NEC	4
$\mu$ PC1241H	9...16	5,8	4	0,030...20	45	NEC	36
$\mu$ PC1242H	9...16	5,8	4	0,030...20	45	NEC	36
$\mu$ PC1277H	5...16	2x4,2	4	0,030...20	45	NEC	37
$\mu$ PC1278H	5...16	2x2,5	4	0,030...18	43	NEC	37
$\mu$ PC2002H	8...18	9	2	0,030...20	55	NEC	9
$\mu$ PC2005	8...18	2x10	2	0,030...20	75	NEC	3
K174YH4A	4,5...12	1	8	0,040...16	5	Vene	16
K174YH4B	4,5...12	0,7	8	0,040...16	5	"	16
K174YH7	9...18	4,5	4	0,030...18	20	"	1
K174YH8	9...18	2	4	0,040...17	15	"	17
K174YH9A	12...18	9	4	0,030...20	30	"	1
K174YH9B	12...18	7	4	0,030...20	30	"	1
K174YH9B	12...15	4,5	4	0,040...16	30	"	1
K174YH11	+/(5...18)	15	4	0,040...15	100	"	18
K174YH14	8...18	4,5	4	0,040...15	45	"	9
K174YH15	13...17	2x9	2	0,030...20	60	"	19
K174YH17	1,6...6,6	2x0,01	16	0,020...20	7	"	20
K174YH18	5...12	2x1,5	3,2	0,030...18	15	"	21
K174YH19	+/(6...18)	15	4	0,030...20	56	"	4
K224YH17	+/(20...28)	20	4	0,020...20	50	"	23
K1021YH1	6...18	4	8	0,030...15	25	"	2

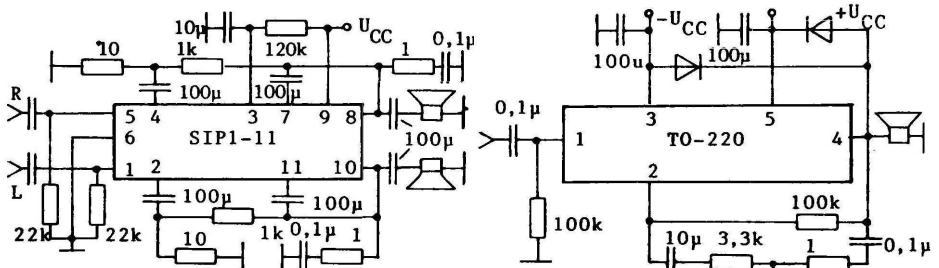


J.3.4. Hs-võimendite korpused (DIP-korpused vt. j.3.2; SDIP-korpused on sarnased DIP-korpustega, kuid kesta pealispinnal on jahutusplekk)



1: DG810, µA783, TBA810, TCA150, TCA830, TCA940, UL1440, UL1481P, K174YH7, K174YH9

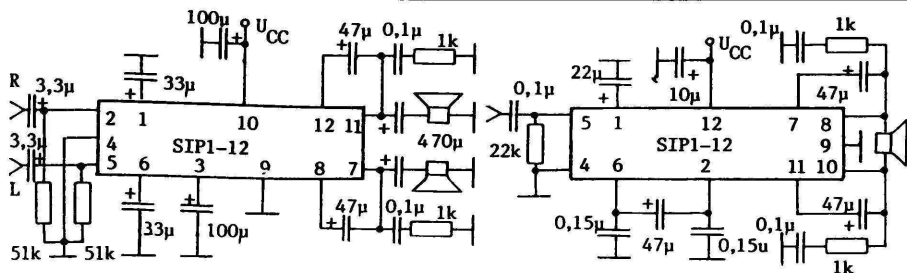
2: A1034P, AN7108, CD1034, CXA1005P, CXA1034P, D1005P, KA22132



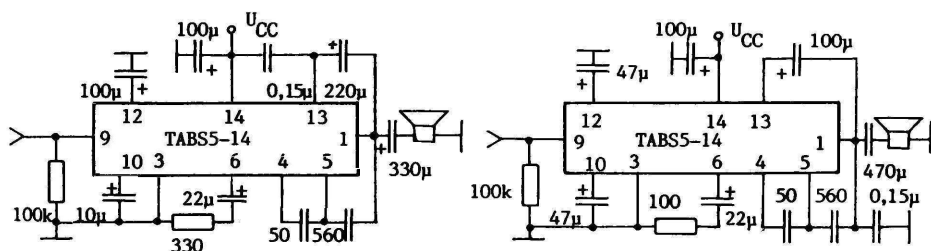
3: TDA2004, TDA2005, µPC2005

4: LM1875, TDA2030, TDA2040, µPC1238

J.3.5. Helisagedusvõimendite ühendamisskeeme (tingmärgi sees on korpuse tähis, milles viimane arv näitab viikude arvu)

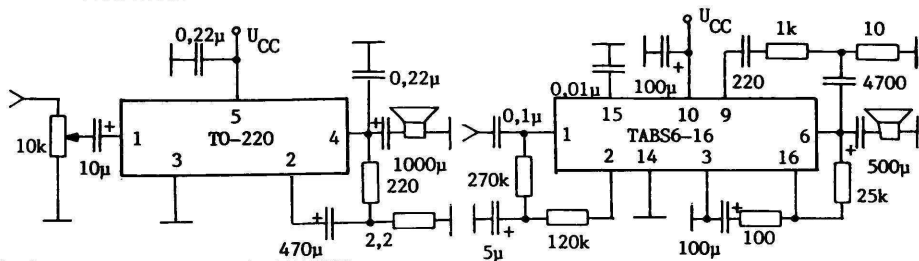


5: AN7143...AN7178, HA1377, HA1392, HA1398, 6: AN7163  
HA13102, U LX3777



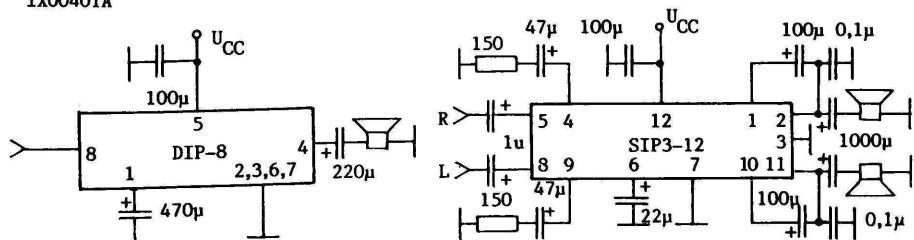
7: BW4100...BW4102, DG4100...DG4102,  
FD4100, KA4101, LA4100...LA4102,  
SL4100...SL4102

8: BW4112, FD4112, FY4112, LA4110,  
LA4112, SL4110, SL4112



9: CA2002, CA2004, LM383, TDA2003,  
TDA2008, µPC2002, ULN3701...ULN3703,  
IX0040TA

10: CA3131, CA3132

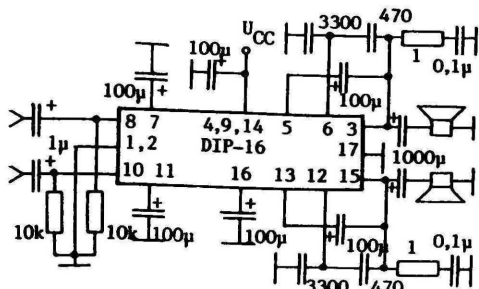


11: D2283, ULN2283B, ULN3705M

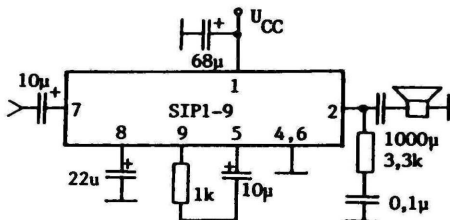
12: D7232P, TA7232

### J.3.5. Helisagedusvõimendite ühendamiskeeme (järg)

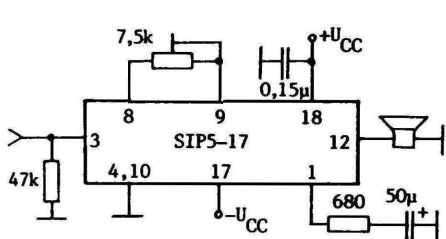




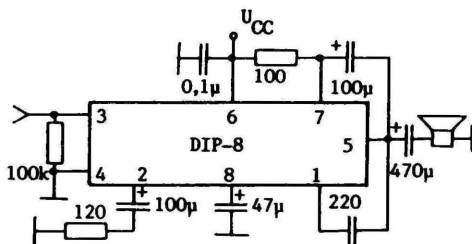
21: K174YH18



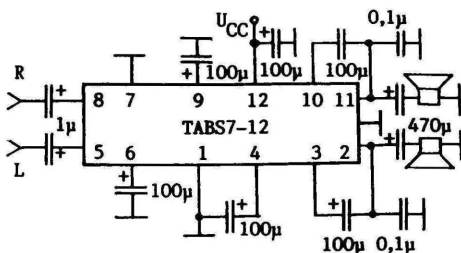
22: K1021YH1, TDA2611A



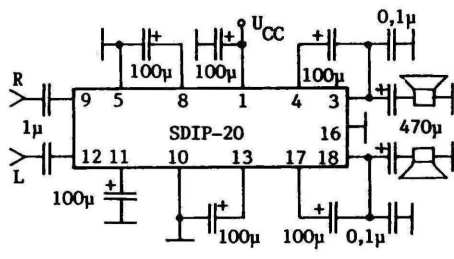
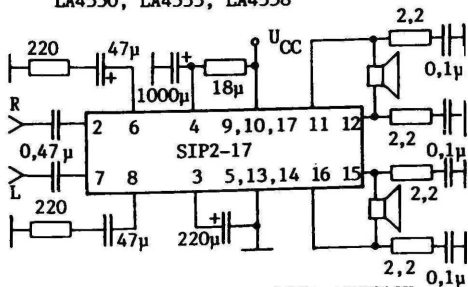
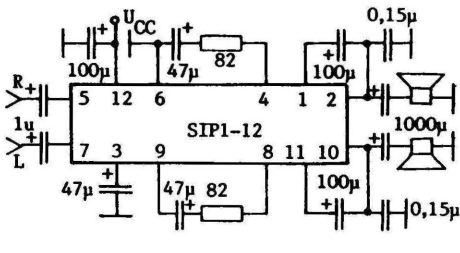
23: K224YH17



24: KA2201, LM820M, TBA820M

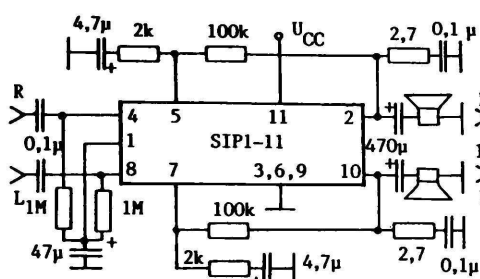


25: KA2206, KA22061, LA4180, LA4182, LA4183, 26: KA22062, KIA6283, TA7233P, TA7283AP  
LA4550, LA4555, LA4558

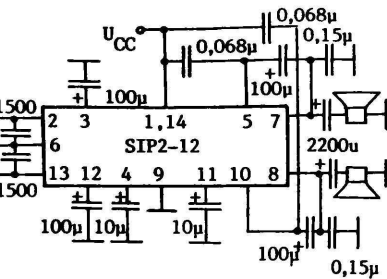


27: KIA6205, KIA6210, TA8205, TA8210H 28: LA4120, LA4125, LA4126

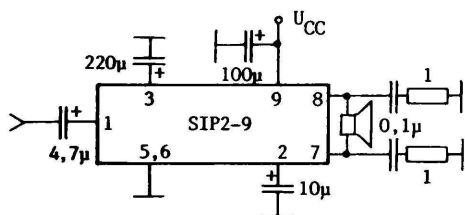
J.3.5. Helisagedusvõimendite ühendamiskeeme (järg)



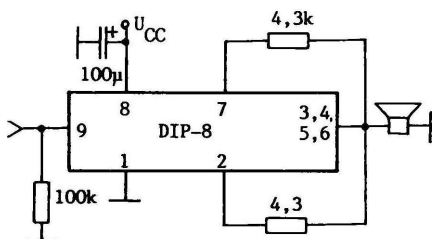
29: LM2877, LM2878, LM2879



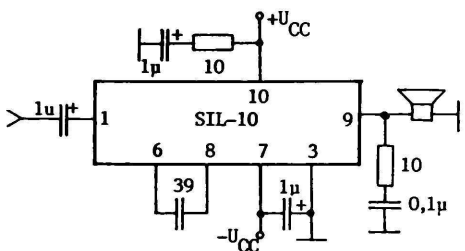
30: M51515L, M51515BL, M51517L



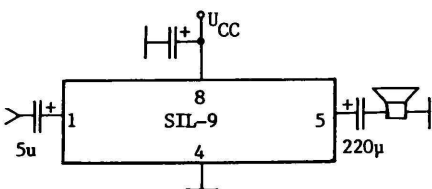
31: MB3734



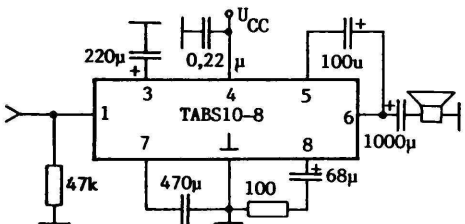
32: MC1438, MC1538



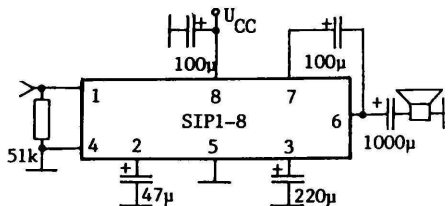
33: MC1454G, MC1554G



34: MC3360P

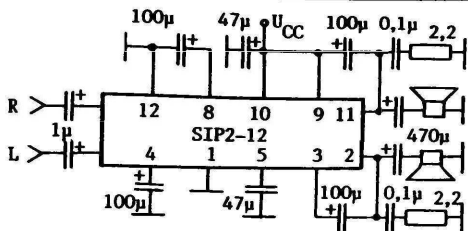


35: µPC1212C, µPC1213C

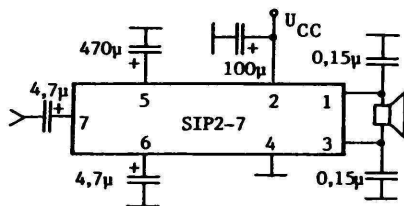


36: µPC1241H, µPC1242H

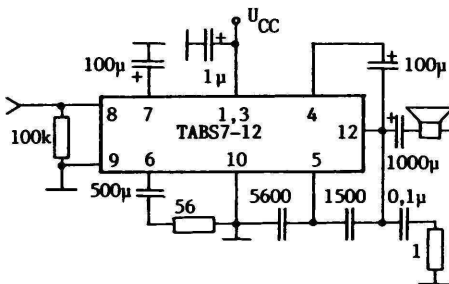
### J.3.5. Helisagedusvõimendite ühendamiskeeme (järg)



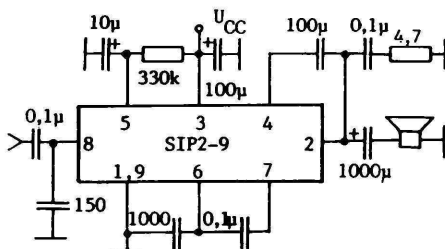
37: μPC1277H, μPC1278H



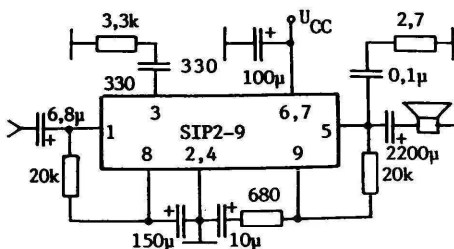
38: TA7275P



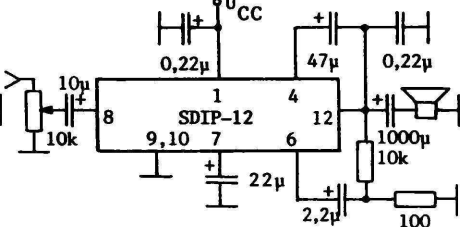
39: TBA800, UL1480P



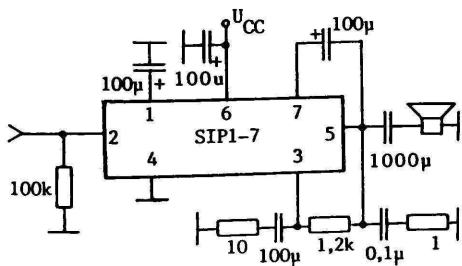
40: TDA1010A, TDA1011, TDA1015, TDA1020



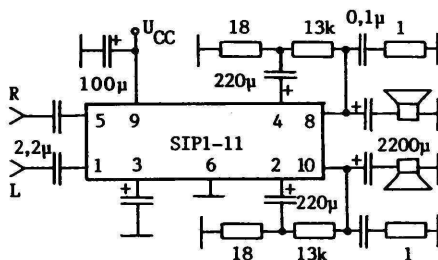
41: TDA1512



42: TDA1908

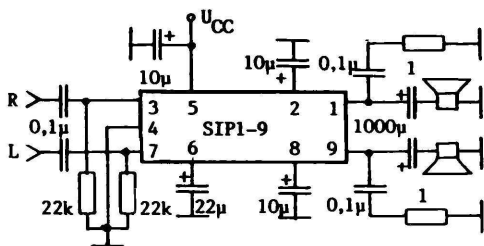


43: TDA2870, TDA3000

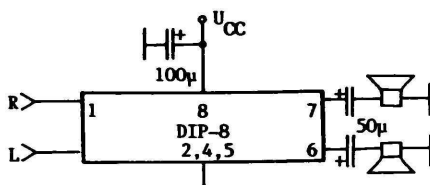


44: TDA2009

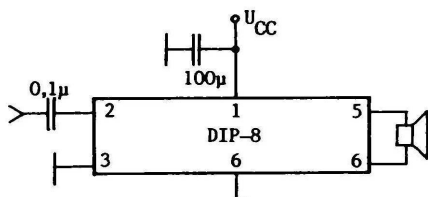
J.3.5. Helisagedusvõimendite ühendamis skeeme (järg)



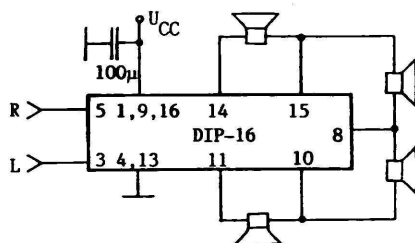
45: TDA4920, TDA4925, TDA4930



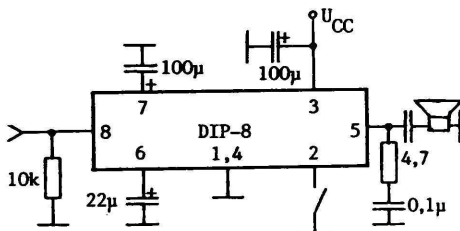
46: TDA7050T



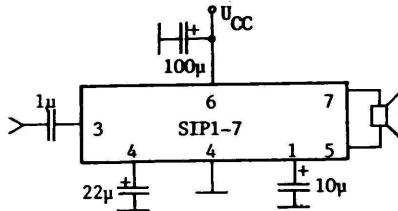
47: TDA7052



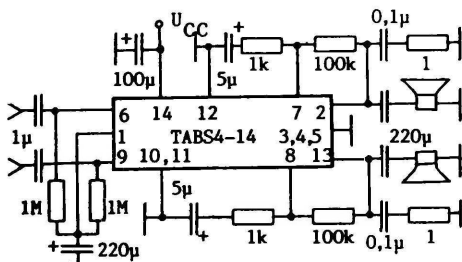
48: TDA7053



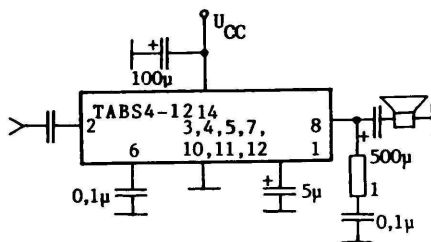
49: TDA7233, TAA7233D



50: TDA7240A, TDA7241



51: ULN2274B, ULN2277, ULN2278B



52: ULN2280B, ULN2281B, ULN3784B

### J.3.5. Helisagedusvõimendite ühendamis skeeme (järg)

**3.7.3. Pingestabilisaatorid** on kas fikseeritud (ühe kindla) väljundpingega või siis seatava (teatud piires muudetava) väljundpingega. Esimesed on 3 kuni 5 viiguga seadised, mis ei vaja mingeid või siis ainult mõningaid väliselemente. Seatava väljundpingega stabilisaatoreile tuleb lisada veidi keerukam välisahel, samuti võib neil olla viike põhisoõlmedest. Seetõttu saab niisuguseid IL-e kasutada mitmesuguse väljundpinge ning -voolu jaoks ja välisahelate abil parendada stabilisaatori omadusi.

Pingestabilisaatori põhiomaduse, pinge püsistamise määra väljendamiseks on kasutusel mitmeid parameetreid.

Pinge-ebastabiilsustegur näitab väljundpinge muutust %des sisendpinge 1-voldise muutuse kohta.

Voolu-ebastabiilsustegur näitab, mitu protsenti muutub väljundpinge, kui väljundvool muutub teatud vahemiku ulatuses, nt. 0 kuni nimiväärtuseni.

Nende tegurite asemel iseloomustatakse stabilisaatoreid sageli väljundpinge muutusega mV-des vastavalt sisendpinge ja väljundvoolu suurima muutuse korral.

### T.3.3. Fikseeritud väljundpingega stabilisaatorid

$U_0$  väljundpinge;  $I_{Omax}$  suurim väljundvool;  $U_I$  sisendpinge piirkond;  
 $\Delta U_{OU}$  väljundpinge muutus  $\Delta U_{I_{max}}$  korral;  $k_U$  pinge-ebastabiilsustegur;  
 $\Delta U_{OI}$  väljundpinge muutus  $\Delta I_{Omax}$  korral;  $k_I$  voolu-ebastabiilsustegur;  
 $P_{tot} = (U_I - U_0)I_0$  suurim lubatav hajuvõimsus;  $R_{th}$  soojustakistus K/W

Tüüp	$U_0$ V	$I_{Omax}$ A	$U_I$ V	$\Delta U_{OU}$ mV ( $k_U$ %/V)	$\Delta U_{OI}$ mV ( $k_I$ %/V)	$P_{tot}$ W ( $R_{th}$ )	J.
LM320T-5	-5	1,5	-(7,5...25)	40	100	15	5
LM320T-12	-12	1	-(14,5...32)	20	80	15	5
LM330T-5	+5	0,15	+(6...26)	60	50	(50)	4
LM340AT-5	+5	1,5	+(7,5...20)	10	25	15	4
LM340AT-12	+12	1,5	+(14,8...27)	18	32	15	4
LM340AT-15	+15	1,5	+(17,9...30)	22	35	15	4
LM340LAZ-5	+5	0,1	+(7,2...20)	30	20	(180)	1
LM340LAZ-12	+12	0,1	+(14,5...27)	65	40	(180)	1
LM340LAZ-15	+15	0,1	+(17,5...30)	70	50	(180)	1
LM340T-5	+5	1,5	+(7...20)	50	50	15	4
LM340T-12	+12	1,5	+(14,5...27)	120	120	15	4
LM340T-15	+15	1,5	+(17,5...30)	150	150	15	4
LM341P-5	+5	0,5	+(7,5...20)	50	100	7,5	4

Tüüp	$U_0$ V	$I_{Omax}$ A	$U_I$ V	$\Delta U_{OU}$ mV ( $k_U$ %/V)	$\Delta U_{OI}$ mV ( $k_I$ %/V)	$P_{tot}$ W ( $R_{th}$ )	J. 3.6
LM341P-12	+12	0,5	+(14,8...27)	120	240	7,5	4
LM7812CT	+12	1	+(14,5...27)	120	120	(50)	4
LM7815CT	+15	1	+(17,5...30)	150	150	(50)	4
LM78L05ACZ	+5	1	+(7...20)	54	30	(180)	1
LM78L12ACZ	+12	0,1	+(14,5...27)	110	50	(180)	1
LM78L15ACZ	+15	0,1	+(17,5...30)	140	75	(180)	1
LM7812CT	+12	1	+(14,5...27)	120	120	(50)	4
LM7815CT	+15	1	+(17,5...30)	150	150	(50)	4
LM78L05ACZ	+5	1	+(7...20)	54	30	(180)	1
LM78L12ACZ	+12	0,1	+(14,5...27)	110	50	(180)	1
LM78L15ACZ	+15	0,1	+(17,5...30)	140	75	(180)	1
LM78L05CZ	+5	0,1	+(18...30)	150	30	(180)	1
LM78L12CZ	+12	0,1	+(14,5...27)	200	50	(180)	1
LM78L15CZ	+15	0,1	+(18...30)	250	75	(180)	1
MC7805CT	+5	1	+(7...20)	50	100	(65)	4
MC7806CT	+6	1	+(8...21)	60	120	(65)	4
MC7812CT	+12	1	+(14,5...27)	120	240	(65)	4
MC7815CT	+15	1	+(17,5...30)	150	300	(65)	4
MC7818CT	+18	1	+(21...33)	180	360	(65)	4
MC7824CT	+24	1	+(27...38)	240	480	(65)	4
MC78L05AC	+5	0,1	+(7...20)	150	60	(200)	1
MC78L08AC	+8	0,1	+(10,5...23)	175	80	(200)	1
MC7808CT	+8	1	+(10,5...23)	80	160	(65)	4
MC78L12AC	+12	0,1	+(14,5...27)	250	100	(200)	1
MC78L15AC	+15	0,1	+(17,5...30)	300	150	(200)	1
MC78L18AC	+18	0,1	+(20,7...33)	325	170	(200)	1
MC78L24AC	+24	0,1	+(27...38)	350	200	(200)	1
MC78M05C	+5	0,5	+(7...12)	100	100	(70)	4
MC78M06C	+6	0,5	+(8...25)	100	120	(70)	4
MC78M08C	+8	0,5	+(10,5...25)	100	160	(70)	4
MC78M12C	+12	0,5	+(14,5...27)	100	240	(70)	4
MC78M15C	+15	0,5	+(17,5...30)	100	300	(70)	4
MC78M18C	+18	0,5	+(21...33)	100	360	(70)	4
MC78M20C	+20	0,5	+(23...35)	100	400	(70)	4
MC78M24C	+24	0,5	+(27...38)	100	480	(70)	4
$\mu$ A7805C	+5	1	<+35	100	100	(65)	4
$\mu$ A7806C	+6	1	<+35	120	120	(65)	4
$\mu$ A7808C	+8	1	<+35	160	160	(65)	4
$\mu$ A7812C	+12	1	<+35	240	240	(65)	4
$\mu$ A7815C	+15	1	<+35	300	300	(65)	4
$\mu$ A7818C	+18	1	<+35	360	360	(65)	4

### T.3.3. Fikseeritud väljundpingega stabilisaatorid

115

Tüüp	$U_0$ V	$I_{Omax}$ A	$U_I$ V	$\Delta U_{OU}$ mV ( $k_U$ %/V)	$\Delta U_{OI}$ mV ( $k_I$ %/V)	$P_{tot}$ W ( $R_{th}$ )	J. 3.6
$\mu$ A7824C	+24	1	<+40	480	480	(65)	4
$\mu$ A78C08	+8	0,5	<+35	40	80	7,5	4
$\mu$ A78C10	+10	0,5	<+35	50	100	7,5	4
$\mu$ A78C12	+12	0,5	<+35	50	120	7,5	4
$\mu$ A78C15	+15	0,5	<+35	50	150	7,5	4
$\mu$ A78C18	+18	0,5	<+35	50	180	7,5	4
$\mu$ A78C20	+20	0,5	<+40	50	200	7,5	4
$\mu$ A78C24	+24	0,5	<+40	50	240	7,5	4
$\mu$ A78L05	+5	0,1	<+35	150	60	(190)	2
$\mu$ A78L09	+9	0,1	<+35	200	90	(190)	2
$\mu$ A78L12	+12	0,1	<+35	250	100	(190)	2
$\mu$ A78L15	+15	0,1	<+35	300	150	(190)	2
$\mu$ A78L18	+18	0,1	<+40	300	170	(190)	2
$\mu$ A78L24	+24	0,1	<+40	300	200	(190)	2
$\mu$ A79M05	-5	0,5	<-35	50	100	(70)	5
$\mu$ A79M06	-6	0,5	<-35	60	120	(70)	5
KP142EH5A	+5	3	+(7,5...15)	(0,05)	(1)	10	4
KP142EH5B	+6	3	+(8,5...15)	(0,05)	(1)	10	4
KP142EH5B	+5	2	+(7,5...15)	(0,05)	(1)	10	4
KP142EH5Г	+6	2	+(8,5...15)	(0,05)	(1)	10	4
KP142EH8A	+9	1,5	+(12...35)	(0,05)	(0,67)	8	4
KP142EH8Б	+12	1,5	+(15...35)	(0,05)	(0,67)	8	4
KP142EH8B	+15	1,5	+(18...35)	(0,05)	(0,67)	8	4
KP142EH8Г	+9	1,0	+30	(0,1)	(1,5)	8	4
KP142EH8Д	+12	1,0	+30	(0,1)	(1,5)	8	4
KP142EH8E	+15	1,0	+30	(0,1)	(1,5)	8	4
KP142EH9A	+20	1,5	+(23...40)	(0,05)	(0,67)	6	4
KP142EH9Б	+24	1,5	+(27...40)	(0,05)	(0,67)	6	4
KP142EH9B	+27	1,5	+(30...40)	(0,05)	(0,67)	6	4
KP142EH9Г	+20	1	+(23...35)	(0,1)	(1,5)	6	4
KP142EH9Д	+24	1	+(27...35)	(0,1)	(1,5)	6	4
KP142EH9E	+27	1	+(30...35)	(0,1)	(1,5)	6	4
KP142EH15A	+/-15	0,1	+/-30	(0,01)	(4)	0,8	9
KP142EH15Б	+/-15	0,2	+/-30	(0,01)	(4)	0,8	9
KP1157EH5A,Б	+5	0,1	+(9...19)	(0,05)	(0,01)	0,6	3
KP1157EH5B,Г	+5	0,25	+(9...19)	(0,05)	(0,004)	0,6	3
KP1157EH9A,Б	+9	0,1	+(13...23)	(0,05)	(0,01)	0,6	3
KP1157EH9B,Г	+9	0,25	+(13...23)	(0,05)	(0,004)	0,6	3
KP1157EH12A,Б	+12	0,1	+(17...27)	(0,05)	(0,01)	0,6	3
KP1157EH12B,Г	+12	0,25	+(17...27)	(0,05)	(0,004)	0,6	3

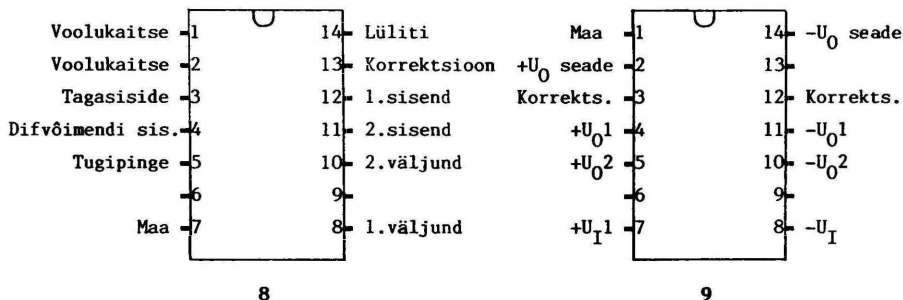
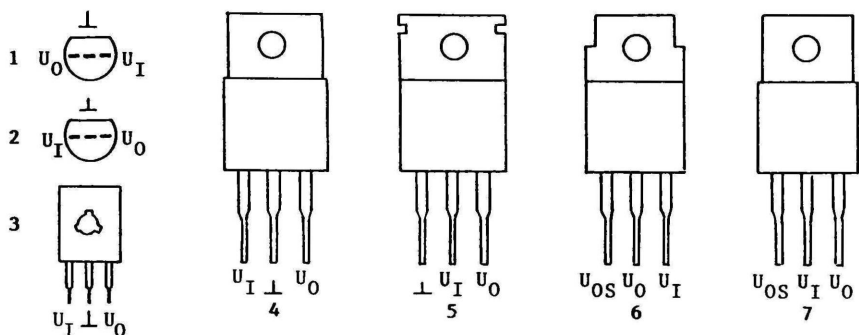
Tüüp	$U_O$ V	$I_{Omax}$ A	$U_I$ V	$\Delta U_{OU}$ mV ( $k_U$ %/V)	$\Delta U_{OI}$ mV ( $k_I$ %/V)	$P_{tot}$ W ( $R_{th}$ )	J. 3.6
KP1157EH15A,B	+15	0,1	+(20...30)	(0,05)	(0,01)	0,6	3
KP1157EH15B,Γ	+15	0,25	+(20...30)	(0,05)	(0,004)	0,6	3
KP1157EH18A,B	+18	0,1	+(23...33)	(0,05)	(0,01)	0,6	3
KP1157EH18B,Γ	+18	0,25	+(23...33)	(0,05)	(0,004)	0,6	3
KP1157EH24A,B	+24	0,1	+(29...39)	(0,05)	(0,01)	0,6	3
KP1157EH24B,Γ	+24	0,25	+(29...39)	(0,05)	(0,004)	0,6	3

### T.3.4. Seatava väljundpingega stabilisaatorid

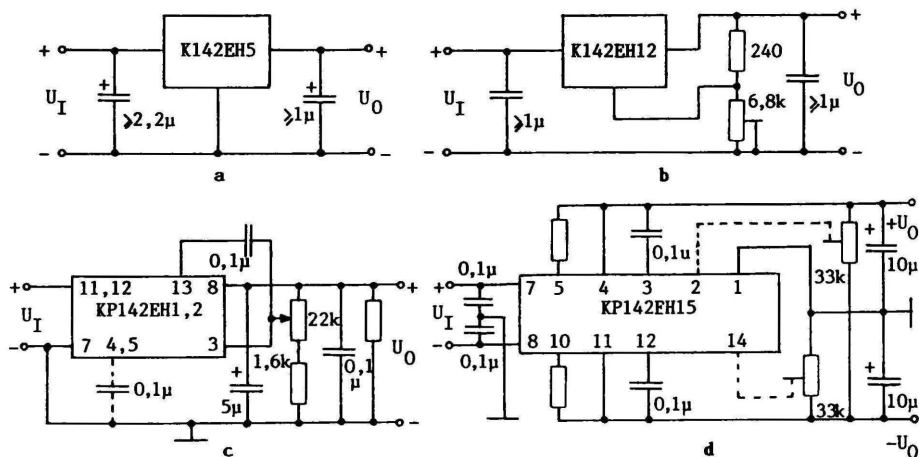
$U_O$  väljundpinge;  $I_{Omax}$  suurim väljundvool;  $U_I$  sisendpinge;

$k_U$  pinge-ebastabiilsustegur;  $P_{tot}$  suurim hajuvõimsus

Tüüp	$U_O$ V	$I_{Omax}$ A	$U_I$ V	$k_U$ %/V	$P_{tot}$ W	J. 3.6
ICL7663CPA	+(1,3...16)	0,04	+(1,5...16)	0,03	0,2	DIP
ICL7664CPA	-(1,3...16)	0,04	-(1,5...16)	0,03	0,2	DIP
LM117K	+(1,2...37)	1,5		0,02	9	6
LM150K	+(1,2...33)	3		0,001	15	6
LM217HVK	+(1,2...57)	1,5		0,02	15	6
LM217K	+(1,2...37)	1,5		0,02	15	6
LM250K	+(1,2...33)	3		0,01	15	6
LM317HVK	+(1,2...57)	1,5		0,04	25	6
LM338K	+(1,2...32)	5		0,03		6
LM350K	+(1,2...32)	3		0,03	25	6
$\mu$ A78G	+(5,0...30)	1	+(7,5...40)	1,0		T03
$\mu$ A78MG	+(5,0...30)	0,5	+(7,5...40)	1,0		T039
KP142EH1A	+(3...12)	0,15	+(9...20)	0,3	0,8	8
KP142EH1B	+(3...12)	0,15	+(9...20)	0,1	0,8	8
KP142EH1B	+(3...12)	0,15	+(9...20)	0,5	0,8	8
KP142EH1Γ	+(3...12)	0,15	+(9...20)	0,2	0,8	8
KP142EH2A	+(12...30)	0,15	+(15...40)	0,3	0,8	8
KP142EH2B	+(12...30)	0,15	+(15...40)	0,1	0,8	8
KP142EH2B	+(12...30)	0,15	+(15...40)	0,5	0,8	8
KP142EH2Γ	+(12...30)	0,15	+(15...40)	0,2	0,8	8
KP142EH12A	+(1,2...37)	1,5	+(5...45)	0,01	1	7
KP142EH12B	+(1,2...37)	1	+(5...45)	0,03	1	7
KP142EH18A	+(1,2...26,5)	1	+(5...30)	0,03	1	7
KP142EH18B	+(1,2...26,5)	1,5	+(5...30)	0,03	1	7



J.3.6. Pingestabilisaatorite sokeldus



J.3.7. Pingestabilisaatorite ühendamisskeemide näiteid:  
 a, b fikseeritud väljundpingega stabilisaatorid; c, d seatava väljundpingega stabilisaatorid

### 3.8. LOOGIKALÜLITUSED

Loogikalülitused saab tehnoloogia järgi jaotada perekondadesse. Levinuimad neist on TTL (bipolaartransistoridega) ja KMOP-loogika (komplementaarsete MOP-transistoridega). Igasse perekonda kuuluvad eri arendusjärgus seeriad, kusjuures kõigil sama sisuga komponentidel on enamasti ühesugune registreerimisnumber (vm. liigitähis) ja sokeldus.

Loogikalülituste talitus põhineb transistorlülitel. Neist koostatakse loogikaelemendid, viimastest trigerid ning loogikaelementidest ja trigeritest mitmesuguse otsustarbiga liitlülitusi, nagu registrid, loendurid, dekodeerid, impulsskommutaatorid jm.

**3.8.1. Põhiparameetrid.** Loogikaelemente iseloomustavad ja võimaldavad omavahel võrrelda järgmised tunnussuurused.

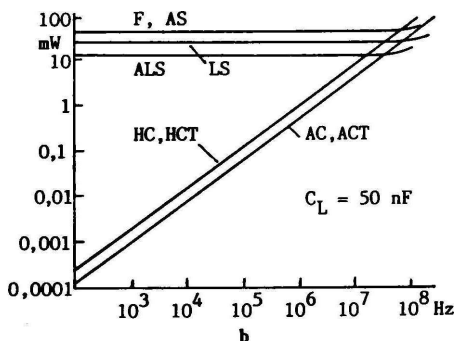
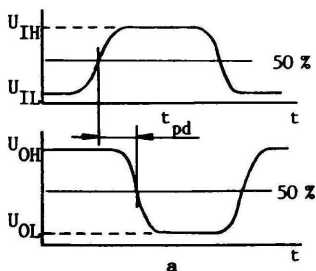
Staatiline ja dünaamiline võimsustarve on baaselemendi tarvitav keskmine võimsus vastavalt lülituse püsiolukorras ja ümberlülitumisel. Dünaamiline võimsustarve kasvab koos sagedusega.

Toimekiirust näitab signaali hilistus elemendi sisse- ja väljalülitumisel. Hilistus sisselülitumisel (j.3.8 a) on ajavahemik väljund- ja sisendimpulsi vahel tasemel 0,5 väljundnivoo muutumisel madalaks (loogilise 0 tasemele).

Ümberlülitusenergia on inverteri dünaamilise võimsustarve ja hilistuse korrutis.

Staatilist häirekindlust väljendab vähim häirepinge loogikaelemendi väljundis, mis võib põhjustada sinna ühendatud loogikaelemendi ümberlülitumise.

Koormatavus määrab elementide sisendite suurima arvu, mille tohib ühendada eelmise loogikaelemendi väljundisse.



J.3.8. Signaali hilistus inverteris (a) ja ümberlülitusenergia sagedussõltuvus (b)

**3.8.2. TTL-lülitused.** Alates 1960. a. on olnud laialt kasutusel USA firma Texas Instruments väljatöötatud transistor-transistorloogika (TTL-) seeriad. (Nimetus väljendab seda, et nii lülituse sisendis kui ka väljundis on transistorid; sõna loogika on siin tähenduses lüliti.)

Standardse TTL-seeria 74SN00 binaarloogika baaselemendi (ventiili) NAND sisendis on AND-funktsiooni realiseeriv mitmeemitteriline transistor ja väljundis inverterina toimiv vastastaktaste.

Märksa paremate omadustega on seeriad, milles kasutatakse Schottky barjääriga transistore. Nende struktuuris on baasi ja kollektori vahel Schottky barjäär (j.3.1 a). See vähendab siirde avamise lävipinget (0,7 voldilt 0,2...0,3 voldini), hoides ära transistori küllastumise; seetõttu tõuseb loogikaelemendi töösagedus. Ka suureneb

### T.3.5. Digitaallülituste seeriade põhiparameetrid

$U_{CC}$  toitepinge vähim-, nimi- ja enimväärtus;  $P_{tot}$  ventiili hajuvõimsus sagedusel 1 MHz;  $t_{pd}$  signaali hilistus ventiilis (koormuse mahtuvus  $R_L = 50$  pF);  $f_{max}$  suurim takt- või töösagedus

Seeria		$U_{CC}$ V			$P_{tot}$ mW	$t_{pd}$ ns	$f_{max}$ MHz	Võeti kasutusele
Lääne	Vene	min	nom	max				
<b>TTL-i 1. põlvkond :</b>								
SN74	K155	4,5	5,0	5,5	10	10	25	1960
<b>Schottky-TTL (TTL-i 2. põlvkond)</b>								
SN74S	K531	4,5	5,0	5,5	20	3	100	1970
SN74LS	K555	4,75	5,0	5,25	2	10	30	1976
<b>Schottky-TTL (TTL-i 3. põlvkond):</b>								
SN74F	K1531	4,75	5,0	5,25	5	3	100	1979
SN54AS	1530	4,5	5,0	5,5	10	2	150	1980
SN74ALS	K1533	4,5	5,0	5,5	1	4	50	1980
<b>KMOP-loogika</b>								
CD4000B	KP1561	3,0	5,0	18,0	0,3	50	2	1974
SN74HC	1564	2,0	5,0	6,0	0,5	10	30	1982
SN74HCT*		4,5	5,0	5,5	0,5	10	30	1982
SN74AC	KP1554	2,0	3,3;5,0	6,0	0,8	3	125	1985
SN74ACT*		4,5	5,0	5,5	0,8	3	125	1985

\* Ümberlülitumise lävipinge u. 1,4 V (sama mis seerial SN74ALS).

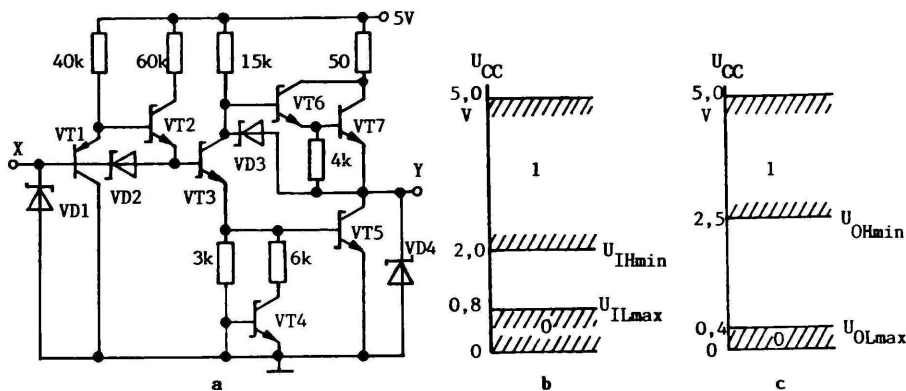
pingelang emittersiirdel, mistõttu väheneb kollektori-vool staatilises režiimis ja seega võimsustarve.

Tehnoloogia täiustudes on kasutusele võetud Schottky-TTL-i põhilülituse (SN74S) mitmeid teisendeid: väikese võimsustarveta SN74LS, kiiretoimeline SN74AS, eriti võimsussäästlik SN74ALS, Fairchildi suure häirekindlusega SN74F. ALS-seeria inverteri baasskeem on joonisel 3.9 a.

Kirjeldatud seeriatessesse kuulub loogikaelemente ja puhvreid, mille väljundtransistori kollektoriahel on lahti, s.t. kollektor pole ühendatud toiteallikaga, vaid eri viiguga. Sel juhul saab kollektoriahelasse ühendada välise koormuse (nt. valgusdiodi), kusjuures koormuse toitepinge võib olla loogikaelemendi toitepingest märksa kõrgem.

Kolmenväljundiga loogikaelemendi väljundi saab peale 0 ja 1 viia vastava sisendsignaali kolmandasse olekusse, mispuhul vastastaktastme mõlemad transistorid on suletud ja seega element koormusest eraldatud. Nii saab mitme elemendi väljundeid järgemööda lülitada ühele koormusele.

**3.8.3. KMOP-loogikalülitused.** Lülitid (inverter) koosneb siin indutseerkanaliga MOP-transistoride komplementaarset paarist, s.o. üks p-, teine n-kanaliga (j.3.10 a). Transistorid on toiteahelas järjestikku. Kui pingeniivo kokku ühendatud paisudel on madal (signaal 0), siis on VT1 suletud, kuid VT2 avatud, sest tema pais on läte suhtes negatiivne. Et avatud transistori kanali takistus on väike (sajad oomid), jääb pingelang temal alla 0,05 V, nii et väljundisse rakendub peaaegu kogu toitepinge, s.t. väljundis on signaal 1. Kui sisendsignaali tase muutub kõrgeks



J.3.9. Schottky TTL-i ALS-seeria inverter (a) ja sisendpinge  $U_I$  (b) ning väljundpinge  $U_O$  (c) piirnivood

(keskmiselt pool toitepingest), siis VT1 avaneb, VT2 sulgub ja väljundsignaali väärtus läheneb nullile ( $<0,05 V$ ).

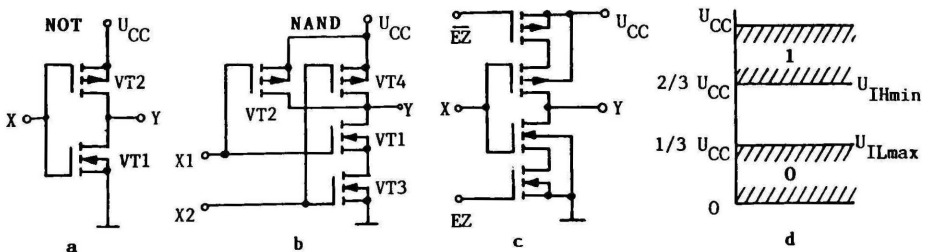
Tingituna inverteri ülekandekarakteristikute hajuvusest jääb ümberlülitumise lävipinge vahemikku  $(1/3 \dots 2/3)U_{CC}$  (j.3.10 d). Vastavalt on häirekindluse varu nii maa kui ka toitesii ni suhtes vähemalt  $0,3U_{CC}$ . Toitepinge võib olla stabiliseerimata ja erineda tunduvalt nimiväärtusest.

Loogikaelemendid koostatakse inverteritest vastavalt sisendite arvule. Nt. joonisel 3.10 b kujutatud lihtsaima, kahe sisendiga NAND-elementi skeemil järgneb sisendile X1 inverter VT1, VT2 ja sisendile X2 inverter VT3, VT4. Elementid kaitstakse liigse sisendpinge, ebaõige polaarsusega toitepinge ja sisemahtuvustest tingitud liigvooluimpulsside eest mitmest diodist ja takistist koosneva ahelaga.

Kolmanda väljundoleku (väljundahela katkestuse) tagavad inverteriga järjestikku ühendatud kaks komplementaarset transistori (joonisel 3.10 c viigud EZ ja EZ).

Kuna KMOP-inverteri üks transistoridest on alati suletud, siis staatilises olukorras on energiatarve tühine (vool alla  $1 \mu A$ ). Ümberlülitumisel läbib inverterit vooluimpulss seetõttu, et 1) hetkeks on osaliselt avatud mõlemad transistorid ja 2) energiat kulub transistoride sisemahtuvuste ja ühendusjuhtidevaheliste mahtuvuste laadimiseks. Sellest tulenevalt kasvab energiatarve koos sagedusega, olles kümnetesse megahertsidesse ulatuvatel taktsagedustel samas suurusjärgus TTL-inverteri omaga (j.3.8 b).

Toimekiiruselt jäid varasemad seeriad (nt. USA firma RCA CD4000, CD4000A, CD4000B) Schottky-TTL-lülitustele alla, kuid täiustatud tehnoloogia järgi valmistatavatel kiiretel seeriatel 54HC, 74HC ja edasiarendatud seerial 74AC on kiirus 5...15 korda suurem, seega sama mis parematel



J.3.10. Lihtsaim CMOS-inverter (a); kahe sisendiga NAND-element (b); 3. väljundolekuga inverter (c); sisendpingete piirnivood (d)

Schottky-TTL-seeriatel. Ühesuguse registreerimisnumbriga komponendid on sisult ja sokelduselt identsed vastavate TTL-komponentidega. Toodetakse nende seeriaste teisendeid 74HCT ja 74ACT (T tähistab siin ühilduvust TTL-iga), mis on TTL-i lävega ja seega selle perekonna komponente asendavad ning nendega koos kasutatavad.

Praegusajal toodetakse põhiliselt KMOP-transistoridega IL-e. Nende edasine areng on toimunud toitepinge alandamise suunas – pingeni 3,3 ja edasi 2,5 V, sest 0,35- $\mu$ m-tehnoloogia korral osutuks 5V pinge transistoridele juba ohtlikult kõrgeks.

**3.8.4. Loogikaelemendid** on transistorlülitused, mis võimaldavad sooritada Boole'i algebra tehteid. Digitaaltehnikas kasutatavad põhitehted on loogiline liitmine (lühendnimetus VÕI, ingl. OR), loogiline korrutamise (NING e. JA, AND) ja loogiline eitus (EI, NOT). Kõiki kolme funktsiooni saab ka realiseerida, kasutades ainult üht tüüpi universaalelemente: NING-EI (NAND) või EI-EGA e. VÕI-EI (NOR). Lisaks neile on laiemalt kasutusel VÄLISTAV-VÕI (EXCLUSIVE OR, XOR), samuti puhverelement.

AND-elementi väljundis on 1 ainult siis, kui tema kõigil sisendeil on signaal 1; kõigi muude signaalikombinatsioonide korral on väljundsignaal 0.

OR-elementi väljundis on 1 siis, kui vähemalt ühel sisendil on signaal 1.

NOT-elementi e. inverteri väljundis on 1 siis, kui tema sisendil on signaal 0.

NAND-elementi väljundis on 0 ainult siis, kui kõigil sisendeil on signaal 1; kõigi muude signaalikombinatsioonide korral on väljundis 1.

NOR-elementi väljundis on 1 ainult siis, kui kõigil sisendeil on signaal 0.

XOR-elementi väljundis on 1 siis, kui ühel tema sisendil on signaal 0 ja teisel 1; ühesuguste sisendsignaali korral on väljundis signaal 0.

Puhverelement on impulssvoolu võimendi; tema väljundsignaal on sisendsignaali suhtes samas faasis, s.o. mitte-inverteeritud. Mõnikord nimetatakse puhvriks ka invertteerivat vooluvõimendit.

Puhver- ja NOT-elementil on 1 sisend, XOR-elementil 2 sisendit, teistel 2...8 sisendit.

**3.8.5. Trigerid.** Triger on kahe stabiilse väljundolekuga (1 ja 0) loogikalülitus, millel on mitteinvertteer-e. otseväljund ja tavaliselt ka inversne e. pöördväljund. Erinevalt loogikaelementidest, mille väljundolek on üheselt määratud sisendsignaali kombinatsiooniga, sõltub trigeri väljundsignaal lisaks veel sellest, milliseks oli

kujunenud väljundolek eelnevalt saabunud sisendsignaalide mõjul. Niisiis peab triger meeles oma eelneva oleku, s.t. tal on mälu. Triger säilitab ühe biti informatsiooni, s.o. signaali 1 või 0.

Trigerid jagunevad asünkroonseteks ja sünkroonseteks e. takteeritavaiks. Esimesed rakenduvad, s.t. nende väljund lülitub ühest olekust teise kohe sisendimpulsi saabumisel, teistel aga hetkel, mil sisendimpulsi ajal jõuab sünkroniseerivasse sisendisse C ('clock') sünkrosignaali – taktimpulss. Levinuimad on RS-, JK- ja D- trigerid.

RS-trigeril on seadesisendid S ('set') ja R ('reset') ning mitteinverteeriv e. pärväljund Q ja inverteeriv e. pöördväljund  $\bar{Q}$ .

JK-trigeril on universaalsisendid J ('jump') ja K ('key'); sisendid on sama otstarbega kui RS-trigeril, ent erinevalt viimasest puudub väljundis määramatus sel juhul, kui mõlemasse sisendisse saabub 1: JK-triger muudab siis väljundoleku vastupidiseks.

Kindlalt ja täpselt töötavad kaheastmelised e. kahe-taktilised RS- ja JK-trigerid. Taktimpulsi tõusu hetkel (0 – 1) lülitub ümber 1. aste, 2. astet mõjutamata; taktimpulsi langus hetkel (1 – 0) lülitub ümber 2. aste.

D-trigeril on üks andmesisend D ('delay') ja sünkroimpulsside sisend C; ta viivitab sisendisse saabuvat signaali ühe sünkroniseerimistakti võrra.

**3.8.6. Liitlülitusi. Register** on trigeritel põhinev lülitus kahendarvudega väljendatud infosõnade registreerimiseks, s.o. salvestamiseks, säilitamiseks ja väljastamiseks. Trigerite arv registris võrdub sõna pikkusega, mis on enamasti 8, 16, 24 või 32 bitti. Bitte on võimalik sisestada ja väljastada rööbiti, s.t. korraga või järjestikku, üksteise järel.

Impulsiloendurid võivad olla jada- või rööpülekanedega. Jadaülekande loenduris vähendab iga järjestikune triger impulsisagedust kahekordselt, s.t. trigeri loendustegur on 2. Nende kahendloendurite kõrval vajatakse ka kümnendloendureid; need moodustatakse trigerite rühmadest, mille loendustegur on 10. Rööpülekanedega loenduris toimub signaalide ülekanne kõigi astmete jaoks korraga ja seega töökiirus suur.

On summeerivaid (päripidi loendavaid), lahutavaid (tagurpidi loendavaid) ja reversiivseid (nii päri- kui ka tagurpidi loendavaid) loendureid.

Dekooder tunneb ära registri või loenduri väljundist dekodeeri sisendisse saabuva kahendarvu ja annab signaali sellele vastavasse väljundisse. Dekoodril on nii mitu sisendit, kui mitu kohta on kahendarvul. Väljundite arv

võib ulatuda võimalike koodikombinatsioonide arvuni  $2^n$ . Seega muundab dekooder kahendkoodis arvu kümnend- vm. (4-, 8-, 16-) süsteemi arvuks. Kasutatakse nt. kahendsignaalide nähtavaks tegemiseks elektronoptiliste indikaatorite abil.

Multipleksor on kommutaator (lülitit), mis ühendab vastavalt adressisisendis antavale juhtkoodile ühe mitmest info- e. andmesisendist väljundiga.

Demultipleksor on kommutaator, mis vastavalt juhtsignaalile lülitab infosisendi signaali ühte mitmest väljundist.

Loogikaseadmete koostamisel kasutatakse samuti mitmetarbelisi loogikalülitusi, mis võimaldavad realiseerida suvalisi binaarloogika funktsioone. Niisugused universaalsed loogikalülitused on näiteks programmeeritavad loogilised maatriksid (PLM).

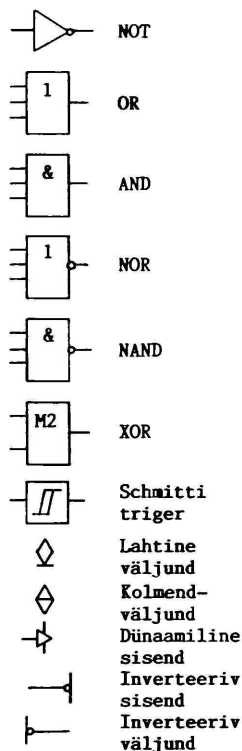
**3.8.7. Loogikakomponentide sokeldus.** Skeemidel (j.3.11) on kasutatud järgmisi tähiseid ja tingimärke.

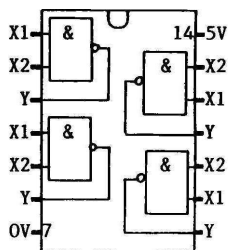
Komponentide viigid:

C sünkro- või taktimpulsside sisend, loendussisend  
 CR ülekanne  
 CT loendus  
 D andmesisend  
 DS sünkrosignaali blokeerimine  
 D/U loendussuuna valik  
 E loasisend  
 EI sisendi režiim  
 EO väljundi režiim  
 EZ 3. väljundoleku seadmine  
 PL paralleelne sisestamine  
 RC loendusväljund  
 SE adressisisend  
 SI järjestikune sisestamine  
 WR paralleelne sisestamine

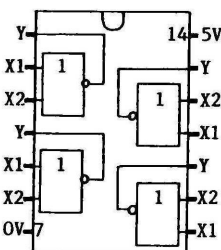
Loogikalülitused:

CT loendur  
 DC dekooder  
 MUX multipleksor  
 RG register  
 T triger  
 TT kahetaktiline triger

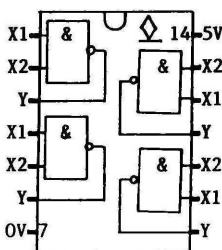




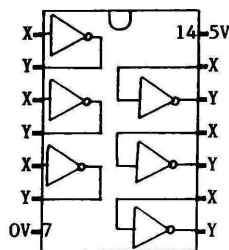
00: LS, F, ALS, HC, AC; JIA3



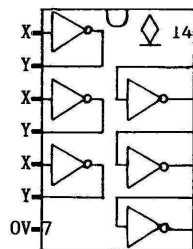
02: LS, F, ALS, HC, AC; JIE1



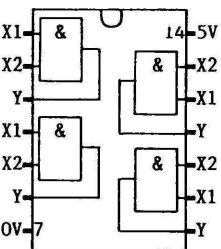
03: LS, ALS, HC, AC; JIA9



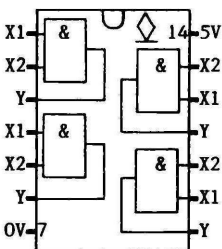
04: LS, F, ALS, HC, AC; JIH1



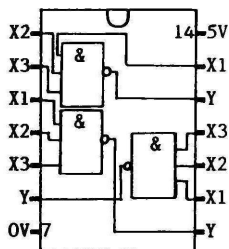
05: LS, ALS; JIH2



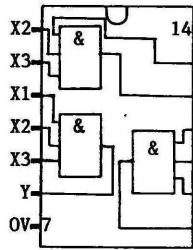
08: LS, F, ALS, HC, AC; JIM1



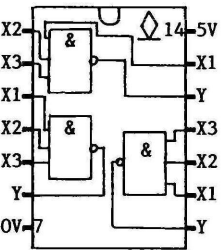
09: LS, ALS; JIM2



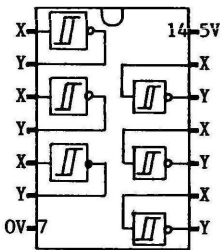
10: LS, F, ALS, HC, AC; JIA4



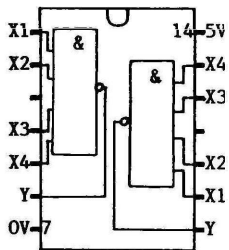
11: LS, F, HC; JIM3



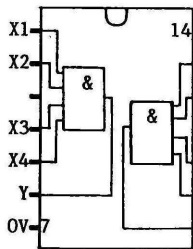
12: LS, ALS; JIA10



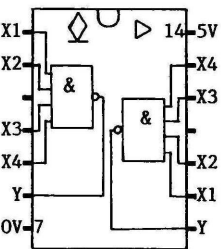
14: LS, HC; TJ12



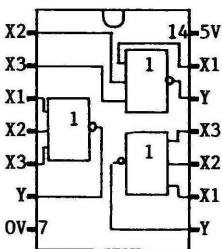
20: F, ALS, HC, AC; JIA1



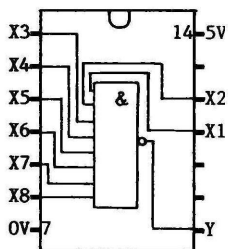
21: LS, F, HC, AC; JIM6



22: LS, ALS; JIA7



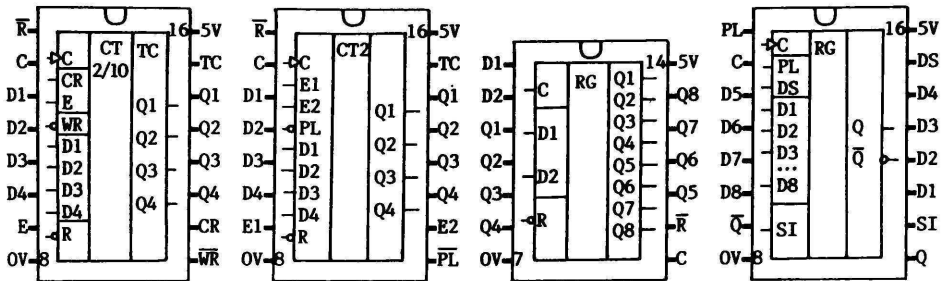
27: F, ALS, HC, AC; JIE4



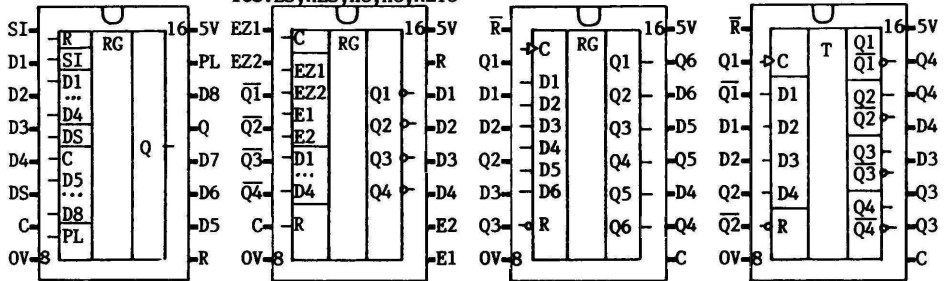
30: LS, F, ALS, HC; JIA2

J.3.11. Loogikalülituste sokelduse näiteid

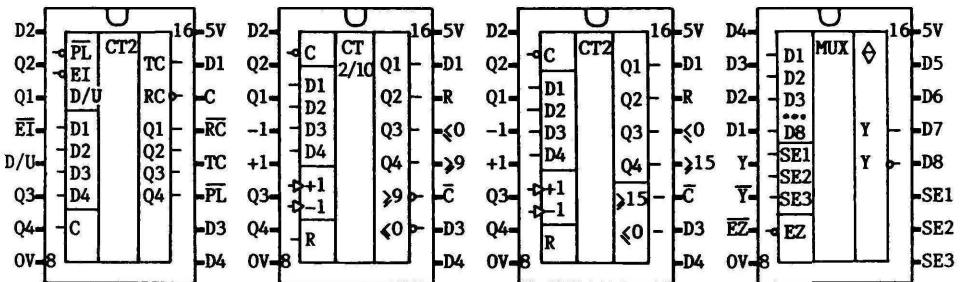




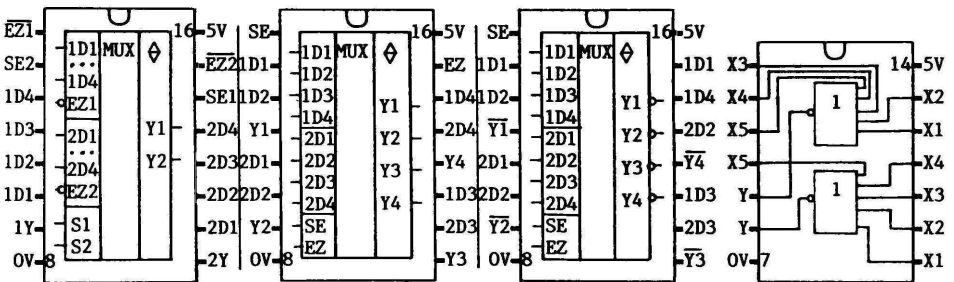
160: LS, ALS, HC; ME9    161: LS, ALS, HC, AC; ME10    164: LS, ALS; MP8    165: LS, ALS; MP9  
 163: LS, ALS, HC, AC; ME18



166: LS, ALS; MP10    173: LS, F, HC; MP15    174: LS, ALS, HC, AC; TM9    175: LS, F, ALS, HC, AC; TM8



191: LS, ALS, F, HC, AC    192: LS, ALS; ME6    193: LS, ALS, HC; ME7    251: LS, ALS; KP15



253: LS, ALS, HC; KP12    257: LS, ALS, HC; KP11    258: LS, ALS, HC; KP14    260: LS, F; ЛЕ7

J.3.11. Loogikalülituste sokelduse näiteid (järg)

### 3.9. INTEGRAALKOMPONENTIDE KASUTAMINE

Integraalkomponentide väikeste mõõtmete tõttu on nendes kuuluvate transistoride suurim lubatav vastupinge madal ja piir-hajuvõimsus väike. Seepärast tuleb võtta meetmeid lülituse liigkoormamise vältimiseks. IL-i toitepinge ei tohi ületada nimipinget sõltuvalt tüübist üldiselt mitte rohkem kui 5 või 10 %.

Enamiku IL-ide kõrgeim lubatav ümbrustemperatuur on 70 või 85 °C. IL-id peavad jääma eemale soojenevatest detailidest ning väljapoole trafode magnetvälja.

Ümmarguse korpusega IL-i viigid painutatakse nii, et tema põhi jääks plaadist väh. 3 mm kaugusele. Painde- raadius ei või olla väiksem viigu läbimõõdust või pak- susest ja paindekoha kaugus korpusest peab olema vähemalt 1 mm. Painutamisel ei tohi viigu korpusest väljumise koht jääda mehaanilise pinge alla, et mitte rikkuda hermeetil- lisust. DIL-korpus jääb trükkplaadist astmeliste viikude poolt määratud kaugusele. Paindiviikudega lamekorpused liimitakse tavaliselt plaadile.

Integraalkomponentidele, eriti kui nad sisaldavad MOP- ja Schottky barjääriga transistore, on vaatamata kaitse- ahelatele ohtlik staatiline elekter, mis halvendab lülituse omadusi või põhjustab dielektriku ja siirete läbilöögi. Elektrostaatilise laengu lülitusse sattumise vältimiseks kasutada töötamisel maandatud käevõru ja töölaual maandatud metallplaati. Jootmisel peab kolvi tera olema maandatud (jootmise kohta vt. 1.7).

Kasutamata sisendviigid ühendada TTL-elementidel toite- allikagaga läbi 1...2k $\Omega$  takisti (igale takistile kuni 25 viiku), KMOP-loogikaelementidel toiteallikaga või kasu- tatud sisendviikudega. KMOP-komponentide viigid, millelt lähtuvad trükkplaadilt väljuvad juhtmed, maandada 1M $\Omega$  takistite kaudu.

Häirepingete maandamiseks joota iga TTL-komponendi toiteviigu külge 0,01...0,02 $\mu$ F keraamiline šunteerimis- kondensaator. KMOP-ahelates piisab ühest 0,1 $\mu$ F konden- saatorist 5 komponendi kohta.

Komponente hoida kuni kasutamiseni tehasepakendis või metallfooliumis.

## 4. OPTOELEKTRONSEADISED

### 4.1. ÜLEVAADE

Optoelektronseadiste talitluses osalevad peale elektronide ka optilise kiirguse, sh. nähtava valguse kvandid – foonid. Info töötlemiseks, edastamiseks ja kuvamiseks ning energia muundamiseks kasutatavate seadiste hulka kuuluvad optoelektronilised kiirgusallikad – pooljuhtseadised, mis muundavad elektrienergiat optiliseks kiirguseks, nt. valgusdiodid ja laserdiodid;

optoelektronilised kiirgusvastuvõtjad – pooljuhtseadised, mille elektrilisi omadusi muudab optiline kiirgus, nt. fototakisti, -diodid, -transistor, -türistor;

optronid, mille sisendahel – kiirgusallikas – ja väljundahel – kiirgusvastuvõtja – on sidestatud optiliselt ning eraldatud teineteisest elektriliselt;

kuvaseadised elektrisignaalina antud info esitamiseks nähtaval kujul (elektrovaakum-kuvaseadised vt. 5. ptk.).

Kuvaseadistest võetakse vaatluse alla valgusdiod-, vedelkristall- ja vaakumluminestsentsindikaatoreid, mis on ökonoomsed ja madala toitepinge tõttu ühildatavad integraallülitustega.

Indikaatorite orienteerivaid võrdlusandmeid on tabelis 4.1. Samas on andmed gaaslahendus- e. plasmaindikaatorite kohta, mis on kasutusel suurtes kuvapaneelides. Suurepinnalisi paneele võimaldavad samuti luua elektro-

#### T.4.1. Indikaatorite võrdlus

Indikaator	Pinge V	Vool $\text{mA/cm}^2$	Värvus*	Heledus nt	Lülituskestus s	Tööiga h
Valgusdiod- Vedelkristall- Vakuumluminestsents- Gaaslahendus-	1...4	5...50	P,R,K	100...400	$<10^{-7}$	$>10^6$
	1...10	0,001	Hall	Passiivne	$<10^{-1}$	$>10^5$
	10...50**	0,5...5**	R	100...800	$<10^{-6}$	$>10^4$
	100...200	0,3...5	PO	100...200	$<10^{-5}$	$>10^5$

\* P punane, R roheline, K kollane, PO punakasoranž.

\*\* Anoodpinge ja -vool.

luminestsentsindikaatorid, mille talitlus põhineb pooljuhi läbilöögilähdasel elektroluminestsentsil.

Optoelektronika valdkonda kuuluvad samuti telekujutise signaali formeerimise seadised, kiudoptilise andmeedastussüsteemi elemendid, optoelektronilised andurid jm., mida siin ei käsitleta.

Indikaatorite tähistamisel kasutab iga firma oma tähistusviisi. Nt. Sanyo LED-indikaatori tähises SL-1072-03T tähendab SL numberindikaator, 1 punane, 07 seeria, 2 ühise katoodiga, 03T lisamarkeerung; LCD-indikaatoril LCD-453-21L 4 kellad, 53 seeria, 21 teostus, L tagantvalgustusega. Firma NEC vaakumluminestsentsindikaator FIP5AW15AS: FIP Fluorescent Indicator Panel, 5-kohaline, modifikatsioon A, W arvutid, märgi kõrgus 15 mm, A seeria, S staatilise juhtimisega.

Vene indikaatoreid tähistatakse alates 1982. a. 8 elemendiga: 1) И; 2) liik (Ж, Л, П vastavalt vedelkristall-, vaakumluminestsents-, valgusdiod-); 3) kuvatav info (nt. И numbrid, B tärgid, T lineaarne, M mnemooniline); 4) seeria (70...99 sisseehitatud juhtlülitusega); 5) liigitustäht; 6) murd, mille lugejas on tärgikohtade arv ja nimetajas segmentide arv (maatriksindikaatoritel elemendid arv korrutisena); 7) helenduse värvus (К punane, Л roheline, Ж kollane, С sinine, Р oranž); üldotstarbeliste seadiste tähise ees on К. Nt. КИЩО1А-1/7К on valgusdiodindikaator, seeria 01, liik А, 1-kohaline, 7-segmendiline, punane.

## 4.2. OPTOELEKTRONILISED KIIRGUSALLIKAD

4.2.1. Valgusdiod (LED) on pn-siirdega diod, mis muundab elektrienergiat optiliseks kiirguseks tavaliselt spektri nähtavas või infrapunases osas. Teatud ainete kristallil moodustatud pn-siirde (j.4.1) päripingestamisel (pluss p-kihil) injekteeruvad augud n-kihti ning elektronid vastassuunas. Need injekteerunud augud ja elektronid rekombineeruvad pn-siirdes ja selle läheduses vastandmargiliste laengukandjatega ning osa vabanevast energiast eraldub valguskiirgusena. Et p-kiht on kõigest mõne mikromeetri paksune, väljub kiirgus kristallist.

Kiirguse värvuse määrab pooljuhtmaterjali koostis (t.4.2). Toodetakse ka kahevärvilise kiirgusega diode. Neil on harilikult kaks eri materjalist siiret ja kolm viiku. Siirdeid läbivate voolude muutmise teel saab siis valida mitmesuguseid värvivarjundeid, nt. punase ja rohelise korral punakaskollasest kollakasrohelisteni.

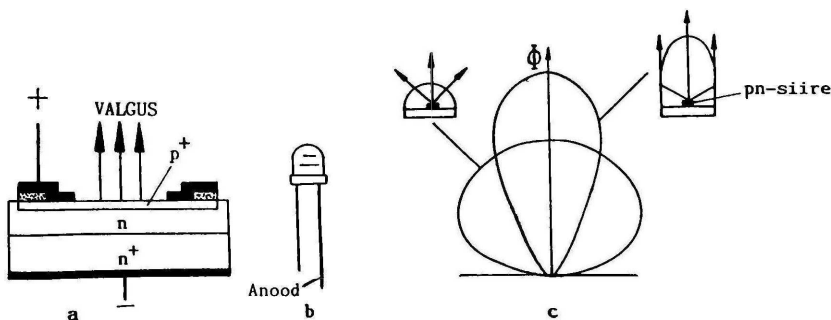
## T.4.2. Valgusdiiodide põhiomadusi

$\lambda_{\max}$  lainepikkuse maksimum;  $U_F$  päripingelang 10mA pärioolu korral;  $I_V$  valgustugevus  $90^\circ$  avamusnurgas;  $P_{\max}$  valgusvõimsus 10 mA korral; GaAs galliumarseniid; GaP galliumfosfiid; GaN galliumnitriid

Valguse värvus	$\lambda_{\max}$ nm	Pooljuhtmaterjal	$U_F$ V	$I_V$ mcd	$P_{\max}$ $\mu W$
Infrapunane (IRED)	900	GaAs	1,3...1,5		50...200
Punane	655	GaAs, GaP	1,6 1,8	1...5	2...10
Punakasoranž	635	GaAs, GaP	2,0...2,2	5...25	12...60
Kollane	583	GaAs, GaP	2,0...2,2	5...25	13...65
Roheline	563	GaP	2,2...2,4	5...25	14...70
Sinine	490	GaN	3...5	1...4	3...12

Valguse paremaks suunamiseks on diodil enamasti sfääriline või paraboolne polümeerimaterjalist lääts (ka nõrgus valgust peegeldav pind); vastavalt on erisugune ka suunadiagramm (j.4.1 c). Valgustugevus kasvab alates voolust 1...2 mA enam-vähem võrdeliselt päriooluga.

Mõnede eri värvusega valgusdiiodide põhiandmed on tabelis 4.3. Antud töövooluga võivad diodid temperatuuril kuni  $25^\circ C$  töötada kestvalt aastaid. Kõrgeimal lubataval siirde temperatuuril (enamikul seadistel  $70^\circ C$ ) peab vool olema poole väiksem. Diodi asendamisel teisetiübilisega valida selline eeltakisti, et päriool ei saaks ületada

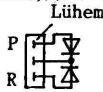
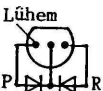

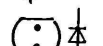
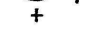















J.4.1. Valgusdiiodi struktuur (a), kuju (b) ja suunadiagrammid (c)

suurimat temale lubatavat voolu; samuti jälgida polaar-  
sust, sest lubatav vastupinge on madal, sageli isegi  
madalam päripingelangust. Läbilöögi vältimiseks on ots-  
tarbekas ühendada vastuparalleelselt ränidiodid.

### T.4.3. Valgusdiodid

$I_F$  töövool, millel on mõõdetud päripinge  $U_F$  ja valgustugevus  $I_v$ ;  
 $I_{Fmax}$  suurim pärialalisvool;  $U_{Rmax}$  suurim vastupinge

Tüüp	$I_F$ mA	$I_{Fmax}$ mA	$U_F$ V	$U_{Rmax}$ V	$I_v$ mcd	Mõõtmed mm	Vär- vus*	Sokeldus või kuju
HLMP-0800	20	30	2,1	5	3/4	5x2	P/R	Lühem 
HLMP-1320	10	25	1,9	5	8,6	Ø3	P	
HLMP-1321	10	25	1,9	5	8,6	Ø3	P	
HLMP-4000	10	30	1,9	5	5/8	Ø6	P/R	Lühem 
HLMP-4700	2	7	1,8	5	2	Ø5	P	
HLMP-4719	2	7	1,9	5	1,8	Ø5	K	
HLMP-4740	2	7	1,8	5	1,8	Ø5	R	
HLMP-8115	20	30	1,8	15	1200	Ø5	P	
HLMP-8205	20	30	1,9	30	350	Ø5	P	
HLMP-8305	20	30	2,1	30	350	Ø5	K	
HLMP-8405	20	30	1,9	30	350	Ø5	O	
HLMP-8505	20	30	2,2	30	350	Ø5	R	
HLMP-S100	20	30	1,8	5	7,5	5x2	P	
HLMP-S200	20	30	1,9	5	3,5	5x2	P	
HLMP-S300	20	30	1,9	5	3,5	5x2	O	
HLMP-S400	20	20	2,2	5	2,1	5x2	K	
HSMH-S650	20	25	2,2	5	16	2x1,6	P	
HSMS-S650	20	25	2,6	5	5	2x1,6	P	
HSMD-S650	20	25	2,6	5	4	2x1,6	O	
HSMY-S650	20	25	2,6	5	5	2x1,6	K	
HSMG-S650	20	25	3,0	5	9	2x1,6	R	
HSMG-S650	20	25	2,6/3	5	5/9	2x1,6	P/R	
LD152	5		2,0	3	0,15	Ø2	P,R,K	
LD224	20		2,5	3	0,15	1,75x4	P, R	

Tüüp	$I_F$ mA	$I_{Fmax}$ mA	$U_F$ V	$U_{Rmax}$ V	$I_v$ mcd	Mõõtmed mm	Vär- vus*	Sokeldus või kuju
LD235	20		2,5	3	0,15	5x5	P, R	
LD455	10		2,0	3	0,15	5*	P, R	
LD505	20		2,5	3	0,15	Ø4,6	P, R	
SOD65	4		1,8		0,16	2,5x5	P,R,K	
КИПДО5А-1К	5	6	1,8	6	0,2	Ø2	P	
КИПДО5Б-1Л	5	6	2,5	6	0,1	Ø2	R	
КИПДО5В-1Ж	5	6	2,5	6	0,1	Ø2	K	
КИПДО6А-1К	25	25	5,5	10	4,0	Ø10	P	
КИПДО6Б-1К	25	25	5,5	10	6,0	Ø10	P	
КИПДО6В-1Л	25,	25	7,5	10	3,0	Ø10	R	
КИПДО6Г-1Л	25	25	7,5	10	5,0	Ø10	R	
КИПМО1А-1К	10	30	2	5	0,4	2,5x5	P	
КИПМО1Б-1К	10	30	2	5	1,0	2,5x5	P	
КИПМО1В-1Л	20	30	2,8	5	0,4	2,5x5	KR	
КИПМО1Г-1Л	20	30	2,8	5	1,0	2,5x5	KR	
КИПМО1Д-1Л	20	30	2,8	5	2,0	2,5x5	KR	
КИПМО2А-1К	10	30	2	5	0,4	5x5	P	
КИПМО2Б-1К	10	30	2	5	1,0	5x5	P	
КИПМО2В-1Л	20	30	2,8	5	0,4	5x5	KR	
КИПМО2Г-1Л	20	30	2,8	5	1,0	5x5	KR	
КИПМО2Д-1Л	20	30	2,8	5	2,0	5x5	KR	
КИПМО3А-1К	10	30	2	5	0,4	5**	P	
КИПМО3Б-1К	10	30	2	5	1,0	5**	P	
КИПМО3В-1Л	10	30	2,8	5	0,4	5**	KR	
КИПМО3Г-1Л	10	30	2,8	5	1,0	5**	KR	
КИПМО3Д-1Л	10	30	2,8	5	2,0	5**	KR	
КИПМО4А-1К	10	30	2	5	0,4	Ø5	P	
КИПМО4Б-1К	10	30	2	5	1,0	Ø5	P	
КИПМО4В-1Л	10	30	2,8	5	0,4	Ø5	KR	
КИПМО4Г-1Л	10	30	2,8	5	1,0	Ø5	KR	
КИПМО4Д-1Л	10	30	2,8	5	2,0	Ø5	KR	

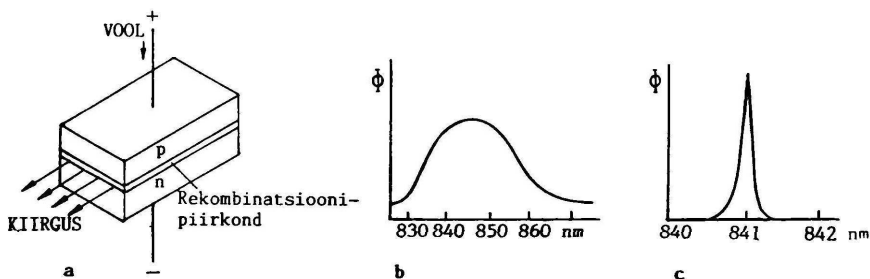
\* Helenduse värvus: K kollane, KR kollakasroheline, O oranž, P punane, R roheline.

\*\* Helendava kolmnurga külje pikkus.

**4.2.2. Laserdiodis e. injektsoonlaseris** tekib optiline kiirgus nagu valgusdiodiski elektronide ja aukude rekombineerumisel. Ent laserdiodis ei toimu see spontaanselt, vaid stimuleeritult (termin laser on tähtlühend sõnadest 'Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation' valguse võimendus kiirguse stimuleeritud emissiooni kaudu). Sel juhul tekiv kiirgus on monokroomne ja koherentne, s.t. elektromagnetlainete faaside vahe püsib muutumatuna.

Valguskiirguse tekkimiseks on vaja, et stimuleeritud rekombinatsioon koos kvantide e. fotonite eraldumisega toimuks rohkem kui kvantide neeldumisi. Selleks tuleb siirde piirkonnas luua olukord, mispuhul aatomite kõrgem energetilisele nivoo – juhtivustsoon – on elektronide poolt hõivatam kui madalam, valentstsoon. Niisugune pöördhõive on kõige lihtsamalt saavutatav laengukandjate intensiivse injektsooniga heterosiirdesse GaAlAs/GaAs. Selleks on vaja päriivoolu tihedusega väh. 5 amprit siirde ristlõike  $1 \text{ mm}^2$  kohta. Et laseri joonmõõtmed siirde tasapinnas on u. 0,1 mm, kujuneb pöördhõive juba 50mA vooluga.

Kirjelatud tingimustel tekibki valguskvante rohkem kui neid neeldub, sest pöördhõive tõttu on valentsvööndi lae lähedal väga vähe elektrone, millele kvandi energia saaks kanduda. Tulemusena siirde tasapinnas leviv valguslainet võimeneb, s.t. tema amplituud kasvab. Rekombinatsioonide arvu saab suurendada, kui panna valguskvandid siirde tasapinnas edasi-tagasi liikuma. Selleks moodustatakse optiline resonator, lihvides pooljuhi monokristalli kaks ots tahku paralleelseteks peegliteks (j.4.2). Peegeldunud kvandid võivad mitu korda läbida pöördhõivestatud aktiivpiirkonna, kutsudes esile uute rekombinatsioonide ning seega kvantide tekke. Pärast mitmekordset peegeldumist väljub valguskiir läbi ühe, poolläbipaistva peegli.



J.4.2. Laserdiod: a ehituse põhimõte; b spontaanne kiirgus (valgusdiodina); c stimuleeritud kiirgus (laserdiodina)

Vaadeldud heterosiirde korral hajub infrapunakiirgus elliptilise ristlõikega vihuna, kusjuures ellipsi pikem telg on risti siirde tasapinnaga. Toitevoolu energiast muutub valgusenergiaks u. 50 %.

Kristalli lineaarmõõtmel on kümnendikmillimeetrites (resonaatori vähim teoreetiline pikkus u. 10  $\mu\text{m}$ , siirde ristlõikepindala 1  $\mu\text{m}^2$ ), laseri enda joonmõõtmel mõned millimeetrid.

Tabelis 4.4 on ülalkirjeldatud laserdiiodide üldandmed.

#### T.4.4. Laserdiiodid (mitmekihilise GaAlAs/GaAs siirdega)

$P_{\text{max}}$  suurim pidev kiirgusvõimsus;  $I_{\text{th}}$  stimuleeritud kiirguse tekkimiseks vajalik vähim vool

Tootja	$P_{\text{max}}$ mW	$I_{\text{th}}$ mA	Substraat	Hajumisnurgad kraadides
General Opt.	60	50	n	12x26
Hitachi	100	75	n	(10...12)x27
Matsushita	115	90	n	6x20
	200	50	p	6x16
NEC	80	40	n	7x20
RCA	165	50	n	6x30
	190	50	n	6,5x30
Sharp	100	40...50	p	12x25
TRW	100	75	n	(8...11)x35

### 4.3. OPTOELEKTROONILISED KIIRGUSVASTUVÕTJAD

4.3.1. Fototakisti on pooljuhtseadis, mille takistus väheneb valguse, infrapuna- või ultraviolettkiirguse toimel. Takistuse vähenemine põhineb sellel, et valguskiirguse toimel suureneb takisti materjalise laengukandjate arv või nende liikuvus. Kui fototakisti ühendada jadamisi koormustakistiga, sõltub ahela vool ja seega ka takistil tekkinud pingelang fototakisti valgustundliku pinna valgustatusest.

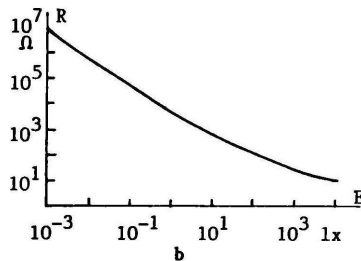
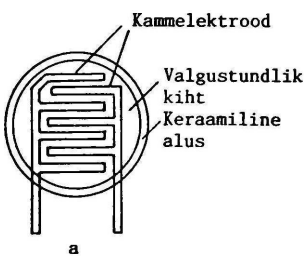
Isoleeralusele kantud valgustundliku materjali kiht on nähtavale valgusele tundlikes takistites nt. kaadmiumsulfiidist, nähtavale ja infrapunakiirgusele tundlikes takistites pliiisulfiidist. Viigid on enamasti ühendatud kammikujuliste elektroodidega (j.4.3 a). Valgustundlikku materjali katab läbipaistev kaitsekiht.

Valgustamata fototakisti takistus – pimetakistus – on eri tüüpidel kümnetest kilo-oomidest sadade megaoomideni, sõltudes oluliselt temperatuurist. Valgustamisel võib takistus väheneda mitme suurusjärgu võrra (j.4.3 b).

Fototakisti voolu sõltuvus pingest mingi kindla valgustustiheduse korral on üldiselt lineaarne. Valgustamata fototakistit kõrgeimal lubataval pingel (sõltuvalt tüübist paarist voldist sadade voltideni) läbibvat voolu nimetatakse pimevooluks ja valgustatud takistit läbibvat voolu üldvooluks; nende voolude vahe on fotovool. Kui püsival pingel hakata valgustust tugevdama, siis algul kasvab fotovool võrdeliselt valgusvooga, valgustuse suurendamisel fotovoolu kasv aeglustub.

Fototakisti iseloomulik parameeter on integraalne eritundlikkus – fotovool valgusvoo ühiku kohta pingel  $I V$ ; väärtused vahemikus  $0,1 \dots 1000 \text{ mA}/(\text{lm}\cdot\text{V})$ . Fototakistele on omane takistuse suur temperatuurisõltuvus (takistuse temperatuuritegur  $-0,001 \dots 0,0001 \text{ 1/K}$ ) ja suur inerts valgustuse muutumisel; viimase asjaolu tõttu on fototakistid kasutatavad sageduseni ainult kuni mõni tuhat hertsi.

4.3.2. Fotodiod on fotoelektriline pooljuhtdiod, mille pn-siirde piirkonda langevad valguskvandid genereerivad seal laengukandjaid – elektron-auk-paare. Siirde elektriväli eraldab tekkinud elektronid ja augud nii, et viimased kogunevad p-kihti, elektronid aga jäävad n-piirkonda. Seetõttu tekib diodi viikude vahel potentsiaalide vahe, mida nimetatakse fotoelektromotoorjõuks. Seda saab kasutada voolu – fotovoolu – tekitamiseks diodiga ühendatud koormustakistis  $R$ ; diod toimib siis fotoelemendina (j.4.4). Suurepinnalistest fotoelementidest

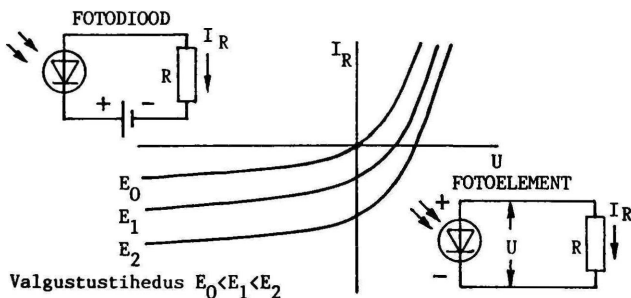


J.4.3. Fototakisti ehitus (a) ja takistuse sõltuvus valgustustihedusest (b)

koostatud nn. päikesepatarei on kasutusel autonoomse elektritoiteallikana. Levinuimad on senini räni ja galliumarseniidi baasil valmistatud patareid, mille kasutegur ulatub 15...20 %.

Peale kirjeldatud fotogeneraatori e. fotogalvaanilise režiimi kasutatakse fotodioode koos välistoiteallikaga, mille pinge rakendatakse dioodile tõkkesuunas. Valgustuse puudumisel läbib siis dioodi nõrk vastuvool  $I_R$  - pimevool. Siirdele langeva valguse mõjul laengukandjate arv ning seega ka siirde juhtivus suureneb. Vastavalt tugevneb ka teda läbiv üldvool ja seejuures seda enam, mida tugevam on valgusvoog.

pn-siirdega fotodioodi struktuuri selgitab j.4.5 a. Valgus pääseb tõkkekihini läbi väga õhukese ja seetõttu poolläbipaistva p-kihi. Niisugustest fotodiodidest märksa paremate omadustega on pin-struktuuriga diodid (j.4.5 b). Siin on kõrgleegeritud  $p^+$ - ja  $n^+$ -piirkonna vahel õhuke väikese omajuhtivusega i-kiht (vt. 1.1). Potentsiaali-barjäär kujuneb  $p^+$ i- ja ka  $n^+$ -siirdes. Need fotodiodid on kasutatavad gigahertsidesse ulatuvate sagedusteni; vastuvool on tühiselt väike ja seega diood tundlik ka nõrgale valgusvoole. Niisama kiiretoimelised on Schottky barjääriga fotodiodid. Väga nõrga valgussignaali korral kasutatakse laviin-fotodioode. Nende npip-struktuuris on i-kiht küllalt tugeva vastupinge korral täielikult vaegunud ning seal toimib tugev elektriväli, mis suurendab toimekiirust ja võib põhjustada ka laengukandjate laviin-paljenumist.

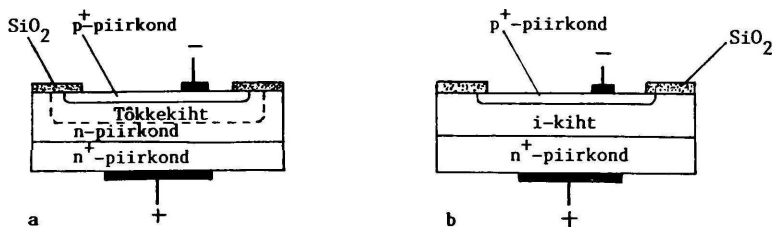


J.4.4. Fotodioodi pinge-voolu tunnusjooned

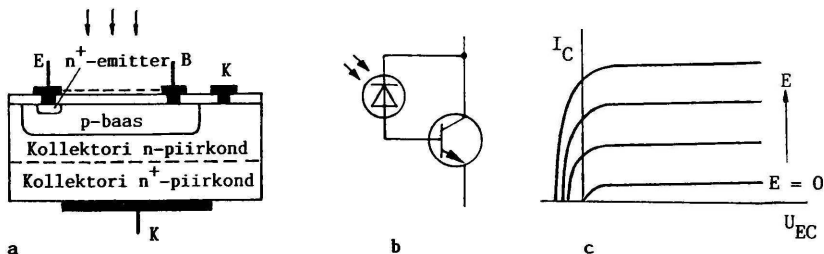
**4.3.3. Fototransistor** on bipolaar- või väljatransistori struktuuriga fotoelektriline seadis, mille väljundvool on tüüritav valgusvooga. Bipolaartransistori poolläbi- paistva baasikihi kaudu siirde piirkonda langev valgus suurendab kollektorsirde vastuvoolu (j.4.6). Suurenenud kollektorsirde vool toimib baasivooluna, mistõttu resulteeriv kollektorivool suureneb vooluülekande teguri kordselt. Sellest tulenevalt on fototransistor 50...200 korda fotodiodist tundlikum. Et aga samakordselt kasvab ümberlülituskestus, jääb fototransistori piirsagedus sada- desse kilohertsidesse.

Kiiretoimelisemad on pn-väljatransistori struktuuriga fotodetektorid. Levinud on ka fotodiodist ja MOP-transistorist koostatud lülitus.

**4.3.4. Fototüristor** erineb harilikust türistorist eel- kõige selle poolest, et tüürvooluna toimib fotovool, mis tekib fototüristori baasides neelduva valguse toimel. Suletud fototüristori anodi ja katodi vaheline takistus, u. 100 megaoomi, väheneb türistori avanemisel kuni 0,1 oomini. Ümberlülituskestus on vahemikus 0,1...1  $\mu$ s. Foto- türistor võimaldab lülitada nõrga valgussignaali abil tugeva voolu ja kõrge pingega elektriahelaid.



J.4.5. pn- (a) ja pin- (b) fotodiodid



J.4.6. npn-fototransistori struktuur (a), aseskeem (b) ja pingevoolu tunnusjooned

## 4.4. OPTRONID

Optronis on kiirgusallikas optiliselt sidestatud kiirgusvastuvõtjaga. Allikana toimib üldiselt infrapunases alas  $0,9...1,2 \mu\text{m}$  kiirgav valgusdiod ja vastuvõtjana fotodiod, -transistor (ka Darlingtoni lülitus), -türistor või -takisti (j.4.7). Optroni kiirgusvastuvõtjas kasutatakse ka ühesiirde- ja MOP-transistore, fotovarikappe jm.

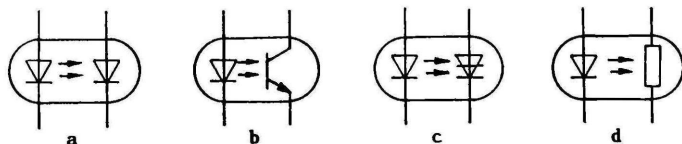
Optiline keskkond on isoleermaterjalist (optiline liim, klaas, vilk jm.), mille murdumisnäitaja läheneb valgusdiodi omale, et vähendada peegeldumiskadu. Optroni üht võimalikku struktuuri esitab j.4.8; harilikult paikneb ta DIL-korpuses. Niisugune lihtsaim optron e. optopaar võib kuuluda integraallülituse koosseisu.

Optroni põhiomadus seisneb selles, et tema väljund on sisendist elektriliselt eraldatud (isolatsioonitakistus sadades gigaoomides, läbivõimsus  $1 \text{ pF}$  ringis) ning seega puudub tagasiside. Edastatava signaali sageduspiir on kõrgeim diodoptroneil (pin-diodide korral gigahertsides), fototransistori ja eriti liittransistoride kasutamisel palju madalam. Ka on viimaste müratase kõrgem. Vooluülekandegur on diodoptroneil alla  $0,01$ , transistoroptroneil  $0,3...1$ , liittransistori korral kuni  $20$ . Diodoptronis võib fotodiod töötada fotogeneraatorina, tekitades elektromotoorjõudu kuni  $0,8 \text{ V}$ .

Türistoroptronid võimaldavad kontaktivabalt lülitada ampritesse ulatuva vooluga ahelaid, kusjuures kommuteeritav võimsus ületab tüürvõimsuse miljeoneid kordi; ümberlülitamiskiirus on seejuures  $1...50 \mu\text{s}$ . Lülitina kasutatakse ka diod- ja transistoroptrone (vt. 11.2).

Fototakistiga optroneid iseloomustab pingevoolu tunnusjoone hea lineaarsus ja madal müratase. Nende väljundtakistust saab sisendahela abil muuta kuni saja miljoni kordselt. Puuduseks on väike toimekiirus ( $0,01...1 \text{ s}$ ) ja parameetrite suur temperatuurisõltuvus.

Tähtsaimad optronitootjad on Hewlett-Packard, Motorola, Siemens-Litronics, AEG-Telefunken, Clairex, TRW-optron.

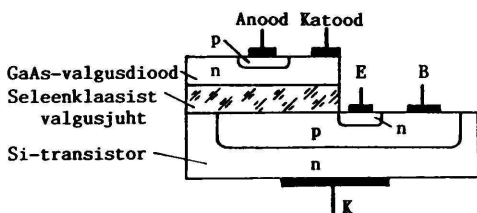


## J.4.7. Optronite liike

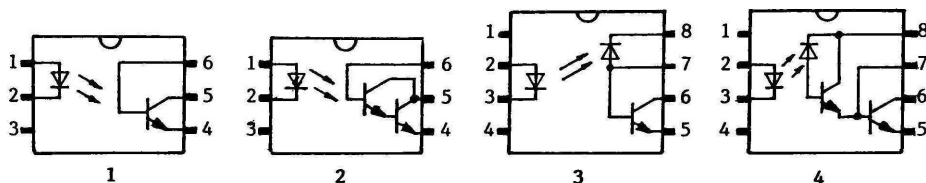
### T.4.5. Transistoroptronid

Sisend- (valgusdiodi) piirparameetrid:  $U_{Rmax}$  vastupinge,  $I_{Fmax}$  päri vool,  $P_{Itot}$  sisendvõimsus; väljund- (fototransistori) piirparameetrid:  $U_{CEOmax}$  kollektoripinge;  $I_{Cmax}$  kollektorivool;  $P_{Otot}$  väljundvõimsus; CTR voolülekandetegur;  $t_{on}$  sisselülitusaeg

Tüüp	$U_{Rmax}$ V	$I_{Fmax}$ mA	$P_{Itot}$ mW	$U_{CEOmax}$ V	$I_{Cmax}$ mA	$P_{Otot}$ mW	CTR	$t_{on}$ $\mu$ s	J. 4.9
CNG35	5	100	200	30	100	200	0,4...1,6	3	1
CNG36	5	100	200	30	100	200	0,4...1,6	8	1
CNX35U	5	100	200	30	100	200	0,4...1,6	3	1
CNX36U	5	100	200	30	100	200	0,6...1,0	5,5	1
CNX39U	5	100	200	30	100	200	0,8...2,0	8	1
CNY17-1	6	100	200	70	100	200	0,4...0,8	5	1
CNY17-2	6	100	200	70	100	200	0,6...1,3	5	1
CNY17-3	6	100	200	70	100	200	1,0...2,0	5	1
CNY17-4	6	100	200	70	100	200	1,6...3,2	5	1
4N29	5	100	200	30	100	200	1,0...	0,7	2
4N30	5	100	200	30	100	200	1,0...	0,7	2
4N31	5	100	200	30	100	200	1,0...	0,7	2
4N32	5	100	200	30	100	200	1,0...	1,0	2
4N33	5	100	200	30	100	200	1,0...	1,0	2
6N135	5	100	250	15	10	100	0,07...	0,6	3
6N136	5	100	250	15	10	100	0,19...	0,6	3
6N138	5	20	35	50	60	100	20...		4
6N139	5	20	35	50	60	100	16...		4



J.4.8. Lihtsaima transistoroptroni struktuur



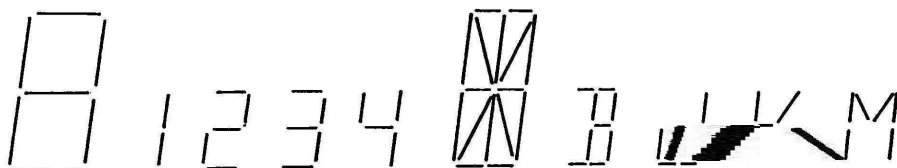
## J.4.9. Transistoroptronite sokeldus

## 4.5. VALGUSDIOODINDIKAATORID

Valgusdiood- e. LED-indikaator kuvab, s.t. teeb nähtavaks numbreid, tähti ning märke (kokkuvõtvalt nimetatakse neid tärkideks). Nad on laialt levinud mitmesuguste, nii võrgu- kui ka patareitoitega aparatuuride kuvapaneelides. Toodetakse ka kuni 100 elemendist koosnevaid tulp- ja täppindikaatoreid.

Indikaatoreid valmistatakse harilikult hübriid-IL-idenä keraamilisel alusel. Numbrite kuvamiseks on 7, suurtähtede ja numbrite jaoks 16 LED-elementi – segmenti (j.4.10). Suurtähtede (ühtlasi numbrite ja märkide) kujutamiseks kasutatakse kõige rohkem 35-elementilisi indikaatoreid, mille valgustäpid moodustavad seitsmest reast ja viiest veerust koosneva rastri e. maatriksi (j.4.11).

Segment- ja maatriksindikaatoreid on ühe- ja mitmekohalisi. Ühekohalistel segmentindikaatoritel on väljaviik igast segmendist (j.4.12), lisaks üldviik diodide kokkuühendatud katoodidelt või anoodidelt. Mitmekohalistel indikaatoreil on kõigi tärgikohtade ühenimelised segmendid kokku ühendatud. Tärke kuvatakse dünaamilises režiimis, mispuhul juhtimislülitus ühendab tärgikohtade katoode



## J.4.10. 7- ja 16-segmendiline indikaator koos tärginäidetega

toiteallikaga järgemööda lühikeseks ajaks; nii väheneb oluliselt võimsustarve. Maatriksindikaatoris aktiveerib juhtimislülitus vajalikud elemendid vastavate rea- ja veeruviikude pingestamisega. Juhtimislülitus võib olla indikaatoriga kokku ehitatud.

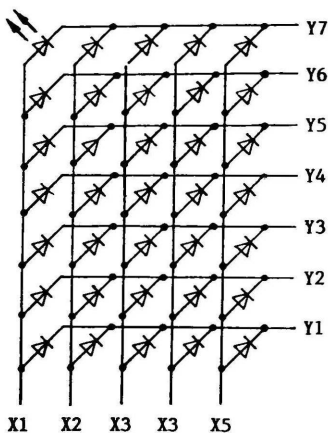
LED-indikaatori ühe segmendi või elemendi töövool on enamasti 3...10 mA, mille juures päripingelang on 2...4 V; suurim lubatav vastupinge 4...10 V.

#### 4.6. VEDELKRISTALLINDIKAATORID

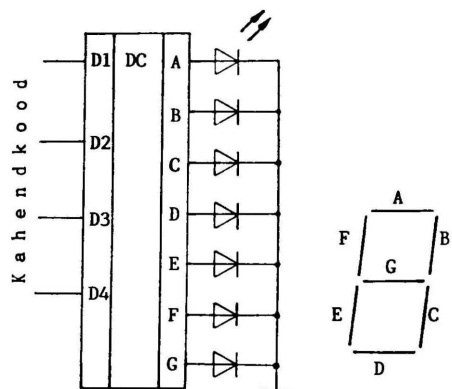
Vedelkristallindikaatori (LCD) talitus põhineb vedelkristallides ilmnevatel elektrooptilistel nähtustel, kusjuures indikaator ise ei kiirga valgust, vaid tärgid muutuvad nähtavaks langevas või läbivas valguses.

Vedelkristallid on piklike molekulidega (pikkus 1...3 nm, läbimõõt 0,5...1 nm) orgaanilised ained, mis temperatuuri tõstmisel ei muutu tahkest olekust kohe vedelaks, vaid on laias temperatuurivahemikus (nt. -10...70 °C) vedelkristallilises olekus. Sel puhul on ainel samaaegselt vedeliku omadused, nagu voolavus, ja kristalli omadused – molekulide orienteeritud asetus ja anisotroopia (füüsikaliste, sh. optiliste omaduste sõltuvus suunast).

Vedelkristallide struktuurierimitest kasutatakse indikaatoris nemaatilise (kr.'nema' niit) vaheolekuga aineid.



J.4.11. 35-elementilise indikaatori valgusdiodide ühendusskeem



J.4.12. Segmentdiodide ühendusskeem

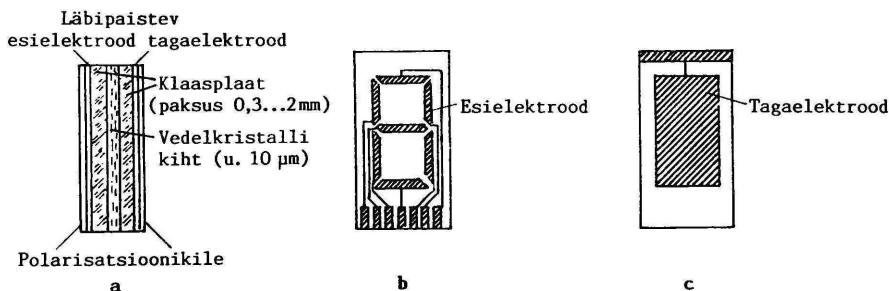
Nemaatilistes vedelkristallides on molekulide pikiteljed piirkonniti üksteisega rööbiti, kuid eri piirkondades juhuslikult suunatud. Sellises keskkonnas valgus hajub ja aine näib nii peegelduvas kui ka läbivas valguses hägune. Ent elektrivälja abil saab muuta vedelkristallikihi homogeenseks ning täiesti läbipaistvaks. Järelikult osutub võimalikuks kasutada vedelkristallilisi aineid valguskiirguse tüürimiseks elektrisignaalidega, seega ka info kuvamiseks.

Indikaatoris asub vedelkristall õhukese, u. 10 $\mu$ m kihina kahe klaasplaadi vahel (j.4.13). Plaatide sisekülgedele on liimitud läbipaistvad elektroodid: eesmisele targielementidekujulised ja tagumisele üldine vastaselektrood.

Levinuimad on indikaatorid, milles tärkide nähtavaks tegemine põhineb polarisatsioonitasandi pööramisel. Selleks tekitatakse mõlema klaasplaadi sisepindadele (nt. ühesuunalise lihvimisega) selline tekstuur e. toim, mis sunnib pinnaga külgnevaid nemaatilisi osakesi asetuma ühes kindlas sihis piki pinda; vastaspinna juures on orientatsioonisiht 90<sup>o</sup> pööratud. Sel juhul on molekulid kihiti ühesuunalised, kusjuures kihtides on molekulide pikiteljed klaasplaatidega rööbiti ja kihist kihti nende suund muutub.

Vedelkristallikihi paksus on palju suurem valguse lainepikkusest, seepärast järgib saabuv polariseeritud valgus molekulikogumite pöördumist ja tema polarisatsioonitasand kristallist väljumisel osutub 90<sup>o</sup> pööratuks nagu molekulide sihtki.

Kummagi või ainult ühe klaasplaadi välisküljele on liimitud fooliumist polarisaator (neist tagumist nimetatakse ka analüsaatori), mis laseb talle langevast valgusest läbi ainult polarisatsioonitasandis võnkuvat



J.4.13. Vedelkristallindikaatori ristlõige (a) ja elektroodid (b,c)

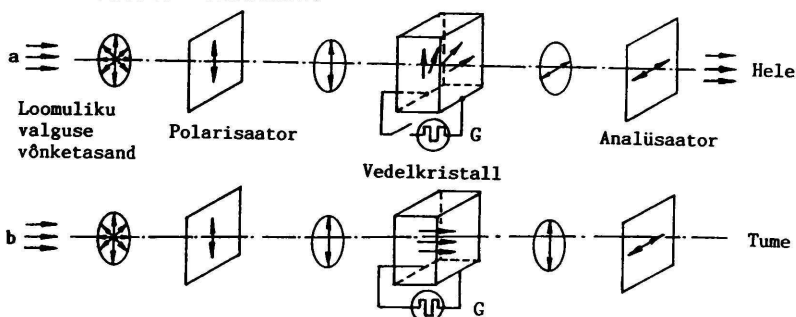
osa. Langevat valgust kasutatavatel indikaatoritel on tagumise polarisaatori taga hajutav reflektorfoolium, mis valgust tagasi suunab.

Joonisel 4.14 on näha kujutiseelemendile vastav kristalliosa ja polarisatsioonitasandite sihid. Need ühtivad kummalgi pool kristallimolekulide pikitelgedega. Järelikult läbib polariseeritud valgus kristalli ja analüsaatori. Kasutatavale vedelkristallile on omane positiivne dielektriline anisotroopia, mille puhul elektriväljas orienteeruvad kõik molekulid piki välja. Indikaatori elektroodide pingestamisel pöörduvad kõik vedelkristalli molekulid piki välja, nende polarisatsioonitasandit pöörav toime lakkab ja valgus neeldub – kujutiseelement on tume.

Vedelkristallindikaatoreid on segment- ja maatriks-tüüpi. Suure pildipunktide arvuga indikaatoreid nimetatakse ka kuvapaneelideks. Maatrikspaneeli ribakujulised elektroodid asetsevad ühel klaasplaadil horisontaalsalt, teisel vertikaalselt. Elektroodide igas lõikekohas moodustub LCD-element – pildipunkt e. piksel – muutub nähtavaks vastavate elektroodide pingestamisel. Viikude arvu vähendamiseks kasutatakse nn. aktiivmaatriksit, milles LCD-elementid on integreeritud juhtlülitusega.

LCD-indikaatoreid ja -kuvapaneele kasutatakse ökonoomsuse ja kompaktsuse tõttu laialt kaasaskantavais seadmeis (kellad, taskuarvutid, mobiiltelefonid, mõõteriistad jm. elektroonikaaparaadid). Suured paneelid, sh. värvilised, diagonaaliga 7,5 kuni 25 cm on elektronkiiretoru asemel kasutusel kuvarina taskutelerites ja sülearvutites.

Indikaatori viikude ja trükkplaadi kontaktide vahel luuakse kontakt sageli nn. sebrakummi vahendusel, mis koosneb vaheldumisi asetsevatest juhtivatest ja isoleerivatest lõikudest.



J.4.14. Vedelkristallindikaatori tärgielemendi toimemehhanism pingestamisel (a) ja pingestatult (b)

Vedelkristall on hea dielektrik, seetõttu on võimsustarve kõigest  $1...10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ . Toitepinge võib olla vahemikus  $1...10 \text{ V}$ . Kasutatakse vahelduvpinget (peamiselt impulsspinget) sagedusega  $20...1000 \text{ Hz}$ , kusjuures piiratud on ka alaliskomponendi väärtus (enamasti  $50 \text{ mV}$ ). Alalisingetoitel lüheneks kasutusiga tunduvalt. Ümbrustemperatuur ei või olla madalam kui  $-15^\circ\text{C}$  ega kõrgem kui  $60^\circ\text{C}$ . Neid piire lühiajaliselt ületav temperatuur üldiselt indikaatorit ei kahjusta. Nõuetekohase käituse korral töötavad indikaatorid kümneid tuhandeid tunde. Siirdenähtused sisse- ja väljalülitamisel vältavad  $10...100 \text{ ms}$ ; see aeg kasvab temperatuuri alanemisel.

#### 4.7. VAAKUMLUMINESTSENTSINDIKAATORID

Vaakumluminesents- ehk vaakumfluoresentsindikaator (VFD) on lumineseerivate anoodidega elektrovaakumtriiod. Neis rakendatakse madalapingelist katoodluminesentsi, mispuhul madalal pingel (kuni parkümmend volti) kiirendatavad, nn. aeglased elektronid pommitavad luminofoori, pannes selle rohekalt helendama.

Esimene seda tüüpi seadis sai tuntuks juba neljakümnendail aastail raadiote häälestusindikaatorina – maagilise silmana. Tänapäeval on vaakumluminesentsindikaatorid kasutusel mitmesugustes võrgutoitega seadmeis (lauakellad, lauaarvutid, elektronmõõteriistad).

Elektrone kiirgab otseküttekatood – baariumoksiidikihiga kaetud volframniit läbimõdduga  $6...60 \mu\text{m}$ . Niidi temperatuur on nii madal ( $650...850^\circ\text{C}$ ), et ta vaevalt hõõgub. Seetõttu pole katood nähtav, kuigi asub helendavatest anoodidest vaataja pool (j.4.15).

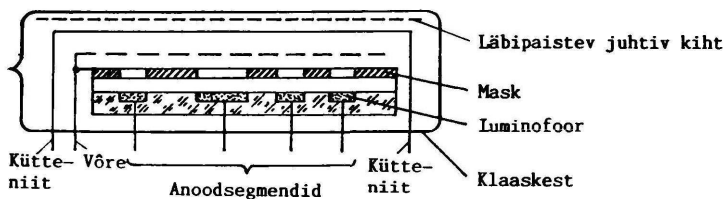
Anoodid on segmendi- või täpikujulised, nii et neid teatud kombinatsioonides sisse lülitades moodustuvad tärgid. Anodelemendid paiknevad keraamilisel plaadil. Nende all on juhtiv kiht kontakti loomiseks viikudega. Anodelemente katab maskelektrood, milles on segmendikujulised avad ja mis on elektriliselt ühendatud võreaga.

Katoodi ja anoodi vahel on võre – peentest traatidest hõre võrk. Sellele antakse katoodi suhtes positiivne pinge, harilikult võrdne anoodpingega. Võre elektriväli kiirendab elektrone ja tagab anodelementide ühtlase helenduse. Mitmekohalistes indikaatorites on iga tärgi jaoks omaette viiguga võre. Nii saab iga tärgi välja lülitada võre maandamise teel. Seda võimalust kasutatakse indikaatori juhtimisel dünaamilises e. multipleksrežiimis. Anoodi- ja võreahelaid võib toita alalis-, siinus- või impulsspinge allikast.

Elektroodisüsteem paikneb lamedas klaaskestas. Selle sisepinda katab juhtiv kiht, mis on ühendatud katoodiga. Nii on välditud staatilise elektri laengute tekkimine.

Indikaatori tööea seisukohalt on oluline, et küttepinge ei ületaks nimiväärtust. Kõrgemal pingel aurustuks katoodimaterjal kiiresti: juba kestva 10 % kõrgemal pingel lüheneb tööiga (normaalselt kümneid tuhandeid tunde) suurusjärgu võrra. Heledus väheneb esimeste sadade kasutustundide kestel 10...20 % võrra ja jääb siis püsivaks.

VFD-indikaatorite küttepinge on harilikult 1,3...5 V, küttevool 15...150 mA, anoodi ja võre impulsspinge 10...30 V, võre sulgepinge -2...-5 V, summaarne anoodvool ja võrevool 1...10 mA.



J.4.15. Vaakumluminescentsindikaatori ristlõige

---

## 5. ELEKTRONKIIRETORUD

---

### 5.1. ÜLDISELOOMUSTUS

Elektronkiiretoru on elektrovaakumseadis, mille tekitatud ühe või mitme terava elektronkiire intensiivsus ning asend on tüüritavad elektri- ja magnetväljaga. Elektronkiiretorude paljudest liikidest peatutakse järgnevas lähemalt kineskoopidel, mis muundavad videosignaali ekraanil kujutiseks.

Kineskoobi põhiosad on klaaskolvi silindrilises osas paiknev elektronikahur, mis tekitab kindlas suunas ja vajaliku kiirusega liikuvate elektronide joa – elektronkiire, hällitusüsteem, mis paneb elektronkiire liikuma tarvilikus suunas, ning kolvi laial otspinnal paiknev ekraan, millele elektronkiir jätab helendava jälje. Elektronkiirt teravdavad e. fookustavad elektronläätsed, mis moodustuvad elektronikahuri elektroodidele rakendatavate pingete mõjul.

Elektronkiirt hällitatakse (kallutatakse) rõht- ja püstsihis magnetvälja abil – elektromagnetiliselt. Elektromagnetilise hällituse süsteem koosneb kahest mähisepaarist, mis ümbritsevad toru koonuseks laieneva osa algust. Mähiseid läbivad hällitusvoolud tekitavad kaks ristuvat magnetvälja. Elektromagnetiline hällitus võimaldab kallutada kiirt kuni  $110^{\circ}$  ulatuses. Mida suurem on hällitusnurk, seda lühema saab kineskoobi valmistada, kuid kasvab ka hällitusvõimsus. Enamasti kasutatakse  $90^{\circ}$  hällitusnurgaga elektronkiiretorusid.

Ekraani moodustab toru paksu klaaspõhja sisekülge kattev õhuke luminofoorikiht. Elektronkiiretorudes kasutatakse kõrgepingelist katoodluminestsentsi. Sel juhul pommitavad luminofoori  $15...25$ -kV pingega kiirendatud elektronid, mille mõjul osa luminofoori aatomeid läheb kõrgemale energiatasemele. Nende aatomite siirdumisel tagasi lähtetasandile tekib valguskiirgus. Ekraani helenduse värvus valitakse mustvalgekineskoopidel valge (saadakse sinise ja kollase helendusega luminofoori segamisel). Ekraan on elektronikahuri poolelt kaetud õhuke alumiiniumikihiga. See suurendab ekraani valgusviljakust ja kontrastsust ning kaitseb luminofoori elektronikahurist koos elektronidega väljuvate ionide eest.

## 5.2. MUSTVALGEKINESKOOBID

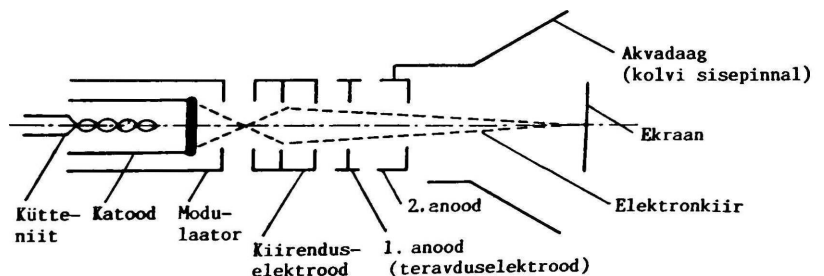
Mustvalgekineskoobi ehituse ja talitluse põhimõtted kehtivad ka praegusajal põhiliselt kasutatavates värvi-kineskoopides.

Kineskoobi (j.5.1) kaelaosas paiknevas elektronikahuris tekitab elektronkiire topsikujuline nikkelkatood, mille otspinnale on kantud elektrone emiteeriv oksiidikiht. Topsi sees on volframist kütteniit. Küttingel 6,3 V kuumutab kütteniit katoodi temperatuurini 800...850 °C.

Katoodi emiteeriva pinna lähedal paikneb silindriline tüürelektrood – modulaator. Sellele antakse katoodi suhtes negatiivne eelpinge. Videosignaalipingel, mis muudab elektronkiire voolu signaali taktis, rakendatakse katoodi ja modulaatori vahele.

Katood, modulaator ja kiirenduselektrood moodustavad esimese koondava elektrostaatilise lätse, kus kiir aheneb ja uuesti laieneb. Edasi teravdab kiirt peafookustus-süsteem, mille moodustavad teravduselektroodid e. l. ja 2. anood. Kineskoobi koonilise osa sisepind on kaetud juhtiva grafiidikihiga – akvadaagiga, mis ühendab ekraani 2. anoodiga. Akvadaagile langevad ja jõuavad 2. anoodile elektronid, mille elektronkiir luminofoorist välja lööb. Kineskoobi koonuseosas oleva kontakti kaudu antakse 2. anoodile positiivne kõrgepinge (6...25 kV). Teised elektroodid on ühendatud kineskoobi sokli tihvtviikudega.

Hälvitussüsteemi poolisid läbiv saehambakujulise graafikuga vool tekitab muutuva magnetvälja, mis hälvitab kiirt edasi-tagasi rõhtsihis (piki ridu) ja püstsihis (realt reale). Kaelaosal paiknev rõngakujuline püsिमagnet võimaldab rastrit, s. o. ekraanil tekkivate helendavate joonte kogumit, tsentreerida – ühitada hälvituskese elektronikahuri teljega.



J.5.1. Elektronkiiretoru elektroodisüsteem

### 5.3. VÄRVIKINESKOOBID

Värvikineskoobi ekraanil moodustub värviline kujutis kolmest põhivärvusest: punane (tähis 'red'), roheline (G, 'green') ja sinine (B, 'blue'). Põhivärvustes helendavad vastavad luminofoorielemendid, kui neile langevad kolmest elektronikahurist väljuvad elektronkiired.

Värvitelerite esimestes põlvkondades olid kasutusel kineskoobid, mille elektronikahurid asetsevad võrdkulgse kolmnurga tippudes. Neist aukmaskkineskoopidest on mitmeti paremad pilumaskkineskoobid. Neil on kolm elektronikahurit ühes rõhtreas, nii et ka nendest väljuvad elektronkiired asetsevad ühes tasapinnas – planaarselt (sellest tulenevalt nimetatakse kineskoope ka komplanaarseiks). Katoodide kütteniidid on kineskoobi sees ühendatud rööbiti. Kõigi kolme elektronikahuri jaoks on peale teravduselektroodi ja anoodi ühine ka modulaator ja kiirenduselektrood.

Ekraan koosneb luminofooritriipudest (j.5.2). Need on paigutatud nii, et moodustuvad kolmest triibust koosnevad triaadid RGB. Et elektronkiired langeksid täpselt triaadidele ja seejuures iga kiir tabaks õiget luminofoori, on ekraani sisepinnast u. 15 mm kaugusel pilumask – metallleht, milles on iga triaadi kohas pilu. Pilud nagu ka neile vastavad triaadid paiknevad astmeliselt. Normaalsel vaatamiskaugusel iga triaadi värvused liituvad ja silm tajub neid sõltuvalt eri värvi triipude heleduse vahekorrrast mingi kindla värvusena või halltoonina. Luminofoor võib ekraanil paikneda ka ribadena (j.5.2 b). Komplanaarses kineskoobis rohelise kiire raster ei moonutu üldse; punasel ja sinisel rastril tekib trapetsmoonutus, mida korrigeeritakse hälvituspoolide astigmaatilise magnetväljaga. Hälvituspoolide resulteriv väli moodustab magnetlääts, mis ühitab kolm elektronkiirt ekraani tasapinnas (s.t. suunab nad ühe triaadi luminofoorielementidele) kogu ekraani ulatuses. Ekraani ala- ja ülaosas võib siiski tekkida punase ja sinise kiire teatav lahknevus rohelisest; selle kõrvaldamiseks on hälvitusüsteemi täiendatud nelja korrigeerimisseadisega.

Et luminofoorid paiknevad püstribadena, ei saa ükski kiir sattuda püstsihis võrrale luminofoorile; seetõttu on värvipuhtuse reguleerimieks vaja elektronkiiri nihutada üksnes rõhttasapinnas. Samal põhjusel väheneb väliste magnetväljade mõju värvipuhtusele.

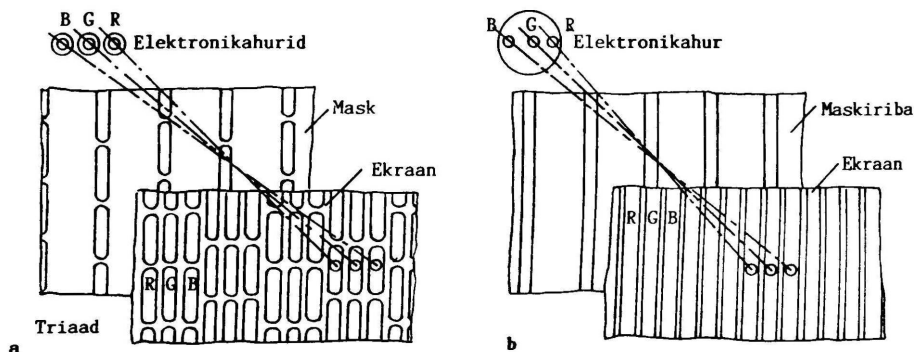
Hälvituspoolid paigaldatakse, justeeritakse ja kinnitatakse kineskoope valmistavas tehases. Staatiline ühitus, värvipuhtus ja rastri sümmeetria reguleeritakse välja teleritehases kineskoobi kaelale paigaldatud kolme paari

rõngas-püsimagnetitega. Need magnetid võivad olla monteeritud ka kineskoobi sisse.

Sony kineskoobil firmanimega Trinitron on mitmeid iseärasusi, mis parandavad pildi kontrastsust. Elektronkiired lähtuvad ühest kolmeosalisest elektronikahurist (Pan Focus), millel on kõigi kolme kiire jaoks ühine teravduslääts (j. 5.3 b). Ekraani pind on kumer ainult rõhttasapinnas, seega püstmoodustaja täiesti sirge. Silindriline pind võimaldab kasutada maskina ribavõret, mille moodustavad rööbitised vertikaalsed metallniidid. Vastavalt paiknevad ka luminofooritriaadid pidevate püstriadena. Ekraan on täisnurkne ja tume (Black Trinitron). Kineskoobil Hi-Black Trinitron on ekraan veelgi 30 % võrra tumedam. Et vastavalt on tehnoloogiliste võtetega suurendatud ka heledust, osutub kontrastsus samuti 1/3 võrra paremaks. Super Trinitroni täiustatud elektronikahur tekitab väiksema pildipunkti, mistõttu paraneb teravus. Täisnurkne ekraan (FST, FSQ) on peaaegu tasapinnaline.

Kineskoopide tüüpe tähistavad firmad mitmeti. Näiteks Philipsi tüübitähises A51-590X märgib A kineskoopi, 51 on ekraani diameeter cm, 590 mudeli number ja X tähistab luminofoori liiki; Toshiba tähises 510ZAB22 väljendab 510 diagonaali mm, tähed ZAB märgivad kineskoobi iseärasusi, 22 on mudeli järjenumbr.

Alates 1986. aastast on maailmas hakanud levima USA Elektronikatööstuse Assotsiatsiooni (EIA) ühtne tähistussüsteem. Tähis (nt. A51KAS40X02) koosneb kuuest osast: 1) täht – toru liik (A kineskoop, M monitor); 2) pildi



J.5.2. Elektronkiirte kulg pilumask-(a) ja ribamask-(b) kineskoobis

diagonaali cm väljendav arv (51); 3) toru iseärasusi ja tarnijat iseloomustavad tähed (KAS); 4) arv vahemikus 00...99 – modifikatsioon (40); 5) luminofoori liiki märkiv täht (X värviline, M monokromaatileine); 6) kahekohaline arv, mis väljendab kineskoobi komplekteeritust hälvitus-süsteemiga (02) ja magnetostaatilise ühitussüsteemiga.

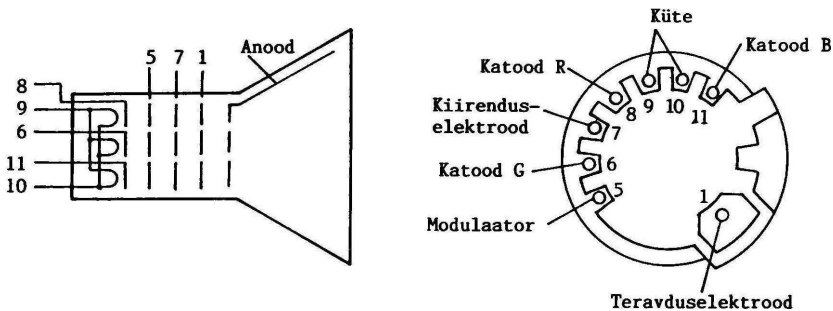
Vene elektronkiiretorude tüübitähis koosneb neljast elemendist: 1) arv, mis väljendab ekraani diagonaali (või läbimõõtu) cm; 2) toru liiki väljendavad tähed (JK kineskoobid, JM muud elektromagnetilise hälvitusega torud); 3) tüübi järjenumbr; 4) ekraani omadusi iseloomustav täht (nt. B valge, II kolmevärviline mosaiik).

Mõnede värvikineskoopide andmeid on tabelis 5.1 ja levinuim sokeldus joonisel 5.3.

### T.5.1. Kineskoobid

$d^{\circ}$  elektronkiirte hälvitusnurk (diagonaali pidi); d ekraani diagonaal;  $U_f$  küttepinge;  $I_f$  küttevool;  $U_A$  anoodpinge;  $U_{TE}$  teravdus-elektroodi pinge;  $-U_{M\text{sulg}}$  modulaatori negatiivne sulgepinge

Tüüp	Firma	$d^{\circ}$	d cm	$I_f$ A	$U_{TE}$ kV	$-U_{M\text{sulg}}$ V
420GHB22-TC01	Toshiba	90	42	0,68	6,1...6,8	60...115
510YVB22-TC06	Hitachi	90	51	0,68	6,7...7,8	64...104
510YUB22(JS)	Goldstar	90	51	0,68	6,7...7,8	64...104
510ZAB22-TC04	Toshiba	90	51	0,60	7,0...7,8	60...115
5130B22-TC	Samsung	90	51	0,63	6,7...7,2	60...120



### J.5.3. Värvikineskoobi tüüpiline sokeldus

Tüüp	Firma	$d^{\circ}$	d cm	$I_f$ A	$U_{TE}$ kV	$-U_{Msulg}$ V
5109B22-TC01	Samsung	90	51	0,63	6,7...7,2	60...120
5166D95X-TC	Samsung	90	51	0,63	6,7...7,2	60...120
A38ECROOX05	WF	90	42	0,70	6,7...7,4	60...115
A48ECROOX06	WF	90	51	0,68	6,7...7,8	60...115
A48JAN43X02	Uptron	90	51	0,30	7,6...8,4	60...115
A48JRV73X01	Daewoo	90	51	0,60	6,7...7,8	60...115
A48JSK61X01	JCT	90	51	0,68	6,7...7,8	64...104
A48KMY12XX06	Goldstar	90	51	0,68	6,7...7,8	64...104
A48KCE12XX01	Goldstar	90	51	0,68	6,7...7,8	64...104
A51-590X3260	Philips	90	54	0,68	6,7...7,8	64...104
A51ECR10X01	WF	90	54	0,30	7,4...8,4	60...115
A51KAS40X02	Samtel	90	54	0,68	5,6...6,6	64...115
A63ECQ00X08	WF	110	67	0,68	7,6...7,8	64...115
A67-270X		110	67		4,7...5,5	
671QQ22	Tesla	110	67	0,70	7,6...7,8	60...120
51JK2Ц		90	51	0,70	6,5...7,4	75...145
61JK5Ц		90	61	0,70	6,6...7,4	75...145

Kõigil kineskoopidel nimiküttepinge 6,3 V ja nimianoodpinge 25 kV.

#### 5.4. KUVARITORUD

Arvuti kuvarite e. monitoride elektronkiiretorud on ehituselt ja tööpõhimõttelt sarnased eelkirjeldatud kineskoopidega. Kasutatakse aukmaskiga ja ribamaskiga (apertuurvõrega, vt. j.5.2 b) värvitorusid.

Ekraani lahtusvõime määrab ekraanile kantud pildipunktide e. pikselite üldarv, s.o. pildipunktide arv reas  $\times$  ridade arv. Iga pildipunkt moodustub kolmest ekraani sisepinda katvast erivärvilisest (RGB) luminofooritapist või kolme kõrvutise luminofooririba lõigust. Lahtusvõime ja seega kujutise teravus on seda suurem, mida väiksemad on pildipunktid. Nende suurus on enamasti 0,25...0,41 mm. Nt. 14-tollise ekraani korral, mille laius (rea pikkus) on 265 mm ja reas 640 punkti, osutub punkti suuruseks (täpsemalt, punktide keskpunktide vahekauguseks)  $265/640 = 0,41$  mm.

Kuvari tähtis parameeter on ka kaadrisagedus (vertikaalhälvituse sagedus), s.t. mitu korda sekundis joonistab elektronkiir ekraanile kujutise. Kaadrisagedus on üldiselt 60 hertsi või suurem. Kujutis on seda stabiilsem (väreleb vähem), mida suurem on see sagedus.

Tabelis 5.2 on nimetatud andmeid mõnede kuvaritorude kohta. Professionaalseks otstarbeks toodetakse ka suuremaid kuvareid (nt. 20 ja 21") lahutusvõimega kuni 1600x1200 pikselit ja kaadrisagedusega 100 Hz või rohkem.

### T.5.2. Kuvaritorude üldandmeid

Ekraani diagonaal tolli cm	Värvitäpi läbimõõt mm	Lahutusvõime punktidxread	Kaadri- sagedus Hz	Rea- sagedus kHz	
14	35	0,41	640x480	60	31
			800x600	70	38
15	38	0,31	800x600	60	38
				70	45
				72	48
				75	52
17	43	0,31	1024x768	60	48
				70	57
				72	57
				75	64
19	48	0,28	1280x1024	60	64
				70	67
				72	71
				75	75

Eriti terava ja kontrastse kujutisega on kuvaritorud Black Trinitron, Black Matrix ja Black Planar. Nende tööga lühendab oluliselt ere välisvalgus.

Ekraanilt valguse peegeldumise ärahoidmiseks on see kallimatel kuvaritel kaetud spetsiaalse helkimisvastase aine kihiga (selle tunneb ära sinaka varjundi järgi).

Sisselülitatud kuvari ekraan kiirgab infrapunast, raadio- ja röntgenkiirgust, samuti tekitab elektrostaaatilise välja. Nende mõjude eest kaitsmiseks kasutatakse ekraanifiltrit. Niisugust filtrit ei vaja LR-kuvarid ('Low Radiation'), mis vastavad nimetatud kahjulikke mõjusid piiravale standardile MPRII või TC092.

## 6. TAKISTID

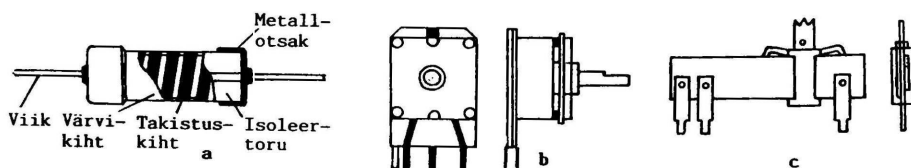
### 6.1. LIIGITUS JA ÜLDANDMEID

Eristatakse lineaar- ja mittelineaartakisteid. Lineaar-takistit läbiv vool on võrdeline pingega; mittelineaar-takistite takistus sõltub tugevasti välismõjudest: pingest (varistoridel), temperatuurist (termotakisteil), valguskiirgusest (fototakisteil). Lineaartakisteid kui levi- nuimaid nimetatakse üldiselt lihtsalt takisteiks.

Otstarbelt ning ehituselt jagunevad takistid püsi-takisteiks, mille takistus on kindla väärtusega, ja muut-takisteiks, mille takistus on sujuvalt muudetav. Takistus- materjali järgi liigitatakse nii püsi- kui ka muuttakis- teid kiht- ja traattakisteiks.

Silindrilistel püsikihttakisteil (j.6.1) on portselan- varras või -toru kaetud takistusmaterjali kihiga; materja- liks on metall (nt. nikkel) või metallisulam, metalloksiid (nt. tinaoksiid), metallkeraamika (kermet) või grafiit. Takistuskiht on enamasti keermekujuline. Traattakisti isoleeralusele on keritud oksüdeeritud takistustraata. Varda otstele on pressitud messingotsakud koos traatviikudega. Takistuskiht võib olla kaetud värvi-, isoleerlaki või -kompaundiga. Toodetakse ka miniaturseid viikudeta silindrilisi ja ristkülikulisi takisteid pealismontaažiks (j.6.2).

Muuttakistitel on isoleeralusele kantud takistusmater-jali kiht, mis on enamasti tahma, grafiidi ja laki segust või metalloksiidist. Eriti kulumiskindel ning püsivate omadustega kiht saadakse metallkeraamilisest materjalist



J.6.1. Kiht-püstikasti (a), pöördekakisti (b) ja lükandekakisti (c)

kermetist; selles on metalliosakesed ühtlaselt jaotunud keraamilises või polümeerses alusmaterjalis. Takistuskehaga loob kontakti liugur.

Otstarbelt jagunevad muuttakistid reguleertakisteiks e. potentsiomeetriteks (nt. helivaljuse reguleerimiseks) ja seadetakisteiks (kasutatakse esmereguleerimisel soovitud parameetrite saamiseks). Liuguri trajektoori järgi liigitatakse reguleertakistid pöördtakisteiks, mille liuguri süsiharja pööratakse rõngakujulisel takistuskehal mööda ringikaart, ja lükandtakisteiks, mille liugurit saab nihutada sirgjooneliselt edasi-tagasi. Väga täpselt võimaldab takistust seada kruvitakisti, mille liugur on sirgjooneliselt nihutatav käigukruvi pöörates. Kaksiktakistil on kaks takistuskeha, kusjuures liugureid saab juhtida eraldi, tandentakisti mõlema süsteemi liugkontaktid on ühisel võllil või lükandliuguril. Potentsiomeetriga võib olla kokku ehitatud toiteahela lüliti.

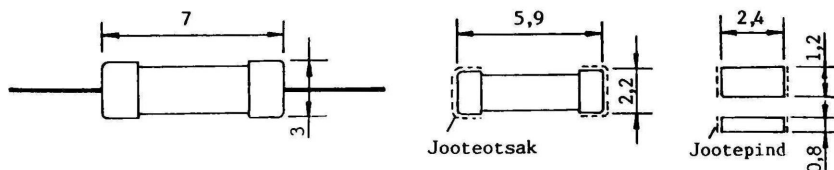
Toodetakse ka eriti püsivate parameetritega pretsiisioon- e. täppistakisteid ning kõrgsagedustakisteid sadadesse megahertsidesse ulatuvatele sagedustele.

## 6.2. PÕHIPARAMEETRID

Nimitakistused vastavad püsitakistitel normridadele E6, E12, E24, E48, E96 ja E192 ning muuttakistitel reale E6 (t. 6.1 ja 6.2). Tähele E järgnev number väljendab nimiväärtuste arvu reas.

Tolerants e. takistushälve näitab, mitu protsenti võib takisti tegelik takistus erineda nimiväärtusest üles- või allapoole. Üldotstarbeliste püsitakistite tolerants on enamasti 10, 5 ja 2 % (muuttakistitel 20 %), täppistakistitel 1 0,5 0,25 0,1 % või veelgi väiksem. Tolerantsiväljad külgnevad või veidi kattuvad järgmistes ridades:

20 %	10 %	5 %	2 %	1 %	0,5 %
E6	E12	E24	E48	E96	E192

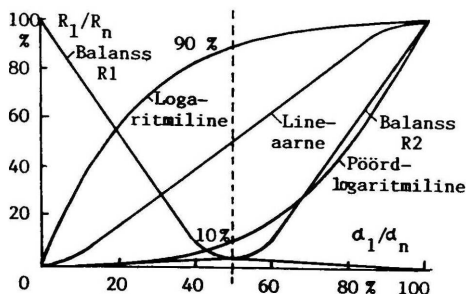


J.6.2. Püsitakistite kuju ja mõõtmete (mm) näiteid (nimivõimsus 0,25 W): a silindriline, viikudega; b silindriline, viikudeta; c ristkülikuline, viikudeta

Ühe rea nimiväärtustega takisteid võidakse toota mitme tolerantsiga, nt. rea E24 takisteid tolerantsiga 5 ja 10 %; E96 – 1 2 5 ja 10 %; E192 – 0,1 0,2 0,5 ja 1 %.

T.6.1. Takistite nimitakistuste kordsed väärtused ( $\Omega$ , k $\Omega$ , M $\Omega$ , G $\Omega$ ) normiridade E6, E12 ja E24 korral

E6	E12	E24	E6	E12	E24	E6	E12	E24	E6	E12	E24
0,1	0,1	0,10	1,0	1,0	1,0	10	10	10	100	100	100
		0,11			1,1			11			110
	0,12	0,12		1,2	1,2		12	12		120	120
		0,13			1,3			13			130
0,15	0,15	0,15	1,5	1,5	1,5	15	15	15	150	150	150
		0,16			1,6			16			160
	0,18	0,18		1,8	1,8		18	18		180	180
		0,20			2,0			20			200
0,22	0,22	0,22	2,2	2,2	2,2	22	22	22	220	220	220
		0,24			2,4			24			240
	0,27	0,27		2,7	2,7		27	27		270	270
		0,30			3,0			30			300
0,33	0,33	0,33	3,3	3,3	3,3	33	33	33	330	330	330
		0,36			3,6			36			360
	0,39	0,39		3,9	3,9		39	39		390	390
		0,43			4,3			43			430
0,47	0,47	0,47	4,7	4,7	4,7	47	47	47	470	470	470
		0,51			5,1			51			510
	0,56	0,56		5,6	5,6		56	56		560	560
		0,62			6,2			62			620
0,68	0,68	0,68	6,8	6,8	6,8	68	68	68	680	680	680
		0,75			7,5			75			750
	0,82	0,82		8,2	8,2		82	82		820	820
		0,91			9,1			91			910



J.6.3. Muuttakisti reguleeritunnusjooned (liuguri ning algsuviigu vahelise takistuse  $R_1$  ja kogutakistuse  $R_n$  suhte sõltuvus liuguri asendist

**T.6.2. Nimitakistuste read E48, E96 ja E192**

E48	E96	E192	E48	E96	E192	E48	E96	E192	E48	E96	E192
100	100	100	178	178	178	316	316	316	562	562	562
		101			180			320			569
	102	102		182	182		324	324		576	576
		104			184			328			583
105	105	105	187	187	187	332	332	332	590	590	590
		106			189			336			957
	107	107		191	191		340	340		604	604
		109			193			344			612
110	110	110	196	196	196	348	348	348	619	619	619
		111			198			352			626
	113	113		200	200		357	357		634	634
		114			203			361			642
115	115	115	205	205	205	365	365	365	645	649	649
		117			208			370			657
	118	118		210	210		374	374		665	665
		120			213			379			673
121	121	121	215	215	215	383	383	383	681	681	681
		123			218			388			690
	124	124		221	221		392	392		698	698
		126			223			397			706
127	127	127	226	226	226	402	402	402	715	715	715
		129			229			407			723
	130	130		232	232		412	412		732	732
		132			234			417			741
133	133	133	237	237	237	422	422	422	750	750	750
		135			240			427			759
	137	137		243	243		432	432		768	768
		138			246			437			777
140	140	140	249	249	249	442	442	442	787	787	787
		142			252			448			796
	143	143		255	255		453	453		806	806
		145			258			459			816
147	147	147	261	261	261	464	464	464	825	825	825
		149			264			470			835
	150	150		267	267		475	475		845	845
		152			271			481			856
154	154	154	274	274	274	487	487	487	866	866	866
		156			277			493			876
	158	158		280	280		499	499		887	887
		160			284			505			898
162	162	162	287	287	287	511	511	511	909	909	909
		164			291			517			920
	165	165		294	294		523	523		931	931
		167			298			530			942
169	169	169	301	301	301	536	536	536	953	953	953
		172			305			542			965
	174	174		309	309		549	549		976	976
		176			312			556			988

Nimivõimsus on suurim võimsus, millele vastavat soojust on takisti võimeline kestvalt hajutama takisti tüübist sõltuval kõrgeimal ümbrustemperatuuril ilma lubamatult üle kuumenemata. Takistite nimivõimsused võivad nt. olla 0,05 0,062 0,1 0,125 0,25 0,33 0,40 0,50 0,75 1 2 jne. W.

Piirpinge väljendab takisti elektrilist tugevust; see on kõrgeim pinge, mida takisti kestvalt talub, ilma et tekiks läbilöök. Lubatav pinge kasvab koos nimivõimsusega.

Takistuse temperatuuritegur TKR näitab takistuse suhtelist muutust temperatuuri muutumisel 1 K (kraadi) võrra. See tegur võib olla positiivne või negatiivne, s.t. temperatuuri tõustes takistus vastavalt suureneb või väheneb.

Mürataset iseloomustab suhteline müra-emj., mis on takistil tekkiva müra-emj. ( $\mu\text{V}$ ) efektiivväärtus temale rakenduva alalispinge 1 V kohta.

Parasiitset rööpmahtuvusest ja jadainduktiivsusest tingitud reaktiivtakistused hakkavad praktiliselt lisanuduma takisti aktiivtakistusele traattakistele alates sagedusest u. 1 kHz, keermekujulise takistuskihiga takistitel – 10 MHz, spetsiaalsetel kõrgsagedustakistitel – 300 MHz, ristkülikulistel viikudeta takistitel – 3 GHz.

Muuttakistite eriparameetreist on tähtsaimad järgmised.

Reguleertunnusjoon näitab liuguriviigu ja takistuskeha algusviigu vahelise takistuse sõltuvust liuguri pöördenurgast (pöördtakistele) või takistuse sõltuvust liuguri kaugusest liikandtakisti algusviigust (j.6.3).

Kulumiskindlust väljendab liuguri edasi-tagasi pöörete arv, mida takisti peab taluma, ilma et tema omadused halveneksid. Üldotstarbelistel süsikihiga reguleertakistitel on kulumiskindlus kuni 25 000, kermetkihi korral kuni 100 000, seadetakistele harilikult enamalt 1000.

### T.6.3. Eri liiki püsitakistite üldandmeid

$R_n$  nimitakistuste piirid;  $\Delta R$  tolerantis;  $P_n$  nimivõimsus;  $t_p$  piirtemperatuur;  $U_p$  piirpinge;  $d_R$  takistuse temperatuuritegur

Liik	$R_n$ $\Omega$	$\Delta R$ +/- %	$P_n$ W	$t_p$ $^{\circ}\text{C}$	$U_p$ V	$d_R$ $10^{-6}/\text{K}$
Metall- kiht-	10...7 ...10	0,25 0,5 1 2 5 10	0,062... ...2	70	100... ...750	+/- (50...500)
Grafiit- kiht-	10...7 ...10	0,5 1 2 5 10	0,062... ...2	40;70	150... ...1000	-(100...1000)
Traat-	0,1...5 ...10	0,25 0,5 1 2 5	1... ...100	40;70	150... ...1400	+/- (10...500)

## T.6.4. Potentsiomeetrid

Liik	$R_n$ $\Omega$	$\Delta R$ +/-%	$P_n$ W	$\alpha_R$ $10^{-6}/K$	Stabiil- sus	Müra- tase
Grafiitkihiga	1k...1M	20	0,25	-500	Halb	Kõrge
Kermetkihiga	10...1M	10	1...5	+/-50	Hea	Madal
Traat-	10...100k	5	1...3	+50	Hea	
Kruvi-	100...100k	5	1...3	+50	Hea	

## T.6.5. Seadetakistid

Liik	$R_n$ $\Omega$	$\Delta R$ +/-%	$P_n$ W	$\alpha_R$ $10^{-6}/K$	Stabiil- sus	Müratase
Grafiitkihiga:						
lahtised	100...2,2M	20	0,25	-500	Halb	Väga kõrge
kinnised	100...1M	20	0,15	-500	Halb	Kõrge
Kermetkihiga:						
lahtised	100...1M	20	0,75	+/-125	Keskmine	Keskmine
kinnised	100...1M	10	0,5	+/-100	Hea	Madal
Kruvitakistid	100...1M	10	0,25	+/-100	Hea	Madal

## 6.3. MARKEERING TAKISTITEL

Nimitakistuse väärtus koos ühikutähisega  $\Omega$  (oom), k $\Omega$  (kilo-oom), M $\Omega$  (megaoom), G $\Omega$  (gigaoom) ning tolerantsi arväärtusega võib olla märgitud üksnes suurtele püsitaakistitele ja muuttakistitele. Väiketakistiteil kasutatakse numbritest ning tähtedest koosnevat koodi, enamasti aga värvimarkeeringut.

Ridade E6...E24 korral koosneb takistuse kood kahest numbrist ja tähest, mis väljendab takistusühikut: oomi tähistab R (või E või siis puudub tähis hoopis), kilo-oomi K, megaoomi M. Ühiku tähis asub takistust väljendava arvu järel, kui see on täisarv, nt. 68R tähendab 68  $\Omega$ , 36K 36 k $\Omega$ . Väljendub takistus sajandikosades, paikneb ühiku tähis arvu ees, asendades nulli ja koma, nt. R47 on 0,47  $\Omega$ , K82 - 0,82 k $\Omega$  = 820  $\Omega$ . Täis- ja kümmendosast koosnevas takistusväärtuses asendab ühiku tähis koma, nt. 3K3 on 3,3 k $\Omega$ , 1M $\Omega$  - 1,0 M $\Omega$ .

Ridade E48...E192 korral väljendavad takistusarvu kolm numbrit, muus osas on tähistusviis sama, nt. 115R on 115  $\Omega$ , K442 - 0,442 k $\Omega$ , 6M19 - 6,19 M $\Omega$ .

Tolerantsi väljendab täht koodtähtise lõpus:

B	C	D	F	G	J	K	M
0,1	0,25	0,5	1	2	5	10	20

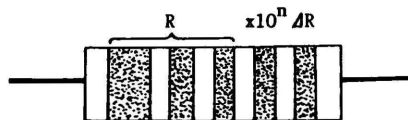
Nt. R47J = 0,47 oomi +/-5 %, 68KK = 68 kilo-oomi +/-10 %, 2M2M = 2,2 megaoomi +/-20 %.

### T.6.6. Takistite värvimarkeering takistusrea E6, E12 ja E24 korral

Rõnga	1.rõngas	2.rõngas	3.rõngas	4.rõngas
värv	Nimitakistus R $\Omega$			Tolerants $\Delta R$
	1.number	2.number	Korrutaja ( $10^n$ vahemik)	+/-%
Hõbedane	—	—	$10^{-2}$ (0,1...0,91 $\Omega$ )	10
Kuldne	—	—	$10^{-1}$ (1,0...9,1 $\Omega$ )	5
Must	—	0	1 (10...91 $\Omega$ )	—
Pruun	1	1	10 (100...910 $\Omega$ )	1
Punane	2	2	$10^2$ (1...9,1 k $\Omega$ )	2
Oranž	3	3	$10^3$ (10...91 k $\Omega$ )	—
Kollane	4	4	$10^4$ (100...910 k $\Omega$ )	—
Roheline	5	5	$10^5$ (1...9,1 M $\Omega$ )	0,5
Sinine	6	6	$10^6$ (10...91 M $\Omega$ )	0,25
Lilla	7	7	$10^7$ (100...910 M $\Omega$ )	0,1
Hall	8	8	$10^8$ (1...9,1 G $\Omega$ )	0,05
Valge	9	9	$10^9$ (10...91 G $\Omega$ )	—



Näide: Koll. Lilla Pun. Hõbe  
4 7 10<sup>2</sup> 10% = 4700  $\Omega$  +/-10 %



Lilla Sin.HallMust Pruun  
7 6 8 10<sup>0</sup> 1% = 768  $\Omega$  +/-1 %

J.6.4. Takistite värvimarkeering kahe (a) ja kolme (b) numbriga väljendatava takistuse korral

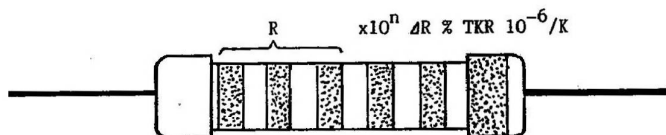
Värvimarkeeringu korral on takistile trükitud värvilised rõngad, millest esimene on nihutatud takisti ühe otsa poole (j.6.4). Ridade E6...E24 korral tähistavad kaks esimest rõngast numbreid 0...9, mis väljendavad takistuse arvvaärtust (t.6.2). Kolmanda rõnga värvus määrab korrutaja, mis takistuse arvvaärtusega korrutamisel annab nimitakistuse. Neljanda rõnga värvus annab tolerantsi; kui 4. rõngas puudub, on hälve 20 %.

Takistitel, mille takistust väljendatakse kolme numbriga (normread E48, E92, E192), on viis rõngast: kolm esimest määravad takistuse (sama koodi järgi kui kaks esimest tabelis 6.2), neljas on korrutaja ja viies tolerants.

Standardi IEC62 kohaselt on takistil 6 rõngast (t.6.7).

### T.6.7. Takistite värvimarkeering IEC62 järgi

Rõnga	1.,2. ja 3.rõngas	4.rõngas	5.rõngas	6.rõngas
värv	Takistus R $\Omega$	$\times 10^n$	$\Delta R$ %	TKR ppm
Kuldne	-	-	5	-
Must	0	1	-	250
Pruun	1	$10^1$	1	100
Punane	2	$10^2$	2	50
Oranž	3	$10^3$	-	15
Kollane	4	$10^4$	-	25
Roheline	5	$10^5$	0,5	20
Sinine	6	$10^6$	-	10
Lilla	7	$10^7$	-	5
Hall	8	$10^8$	-	1
Valge	9	$10^9$	-	-



Näide: Koll.Lilla Roh. Pr. Pr. Sin.

$$4 \quad 7 \quad 5 \quad \times 10^{\Omega} \quad 1 \quad \% \quad 10 \cdot 10^{-6} = 10^{-5} \text{ K}^{-1}$$

Takistite tüübitähises märgitakse nimitakistust sageli kolme- või neljanumbrilise koodiga, mille esimesed numbrid väljendavad takistust ja viimane järgnevate nullide arvu. Nt. 683 tähendab 68 000 oomi = 68 kilo-oomi; 1542 15 400 oomi = 15,4 kilo-oomi; 4750 475 oomi.

## 6.4. TÕÜBITÄHISED

Takisti tüübitähis sisaldab kodeeritud andmeid tüübi, lubatava hajuvõimsuse, nimitakistuse, tolerantsi jm. kohta. Iga firma kasutab oma tähistust, kusjuures tähise struktuur võib olla tüübiti erisugune. Järgnevalt esitatakse mõnede tootjate püsitaakistite tähiste näiteid.

Takisteid toodavad Dale Electronics, Chiba Ohm, Koa Corp., Nitronics Components Group, Ohmtek, Piconics, Piher, Rohm, Victoreen, Welwyn Electronics, Philips jt.

**Dale Electronics (USA):**

**Metallkihttakistid** CCF-07 243 G  
 Tüüp (07 modifikatsioon) \_\_\_\_\_  
 Nimitakistuse kood (kaks esimest numbrit väljendavad takistust, kolmas nullide arvu; 243 tähendab 24 000  $\Omega$  = 24 k $\Omega$ ) \_\_\_\_\_  
 Tolerantsi standardkood (G +/-2 %) \_\_\_\_\_

**Viikudeta takistid** RC 540 154 F 40  
 Tüüp \_\_\_\_\_  
 Korpuse kood, mis määrab lubatava hajuvõimsuse 70 °C juures (nt. 540 0,08 W, 550 0,1 W, 575 0,15 W) \_\_\_\_\_  
 Nimitakistuse kood (154 tähendab 15 0000  $\Omega$  = 150 k $\Omega$ ) \_\_\_\_\_  
 Tolerantsi standardkood (F +/- 1 %) \_\_\_\_\_  
 Kontaktpindade katte kood \_\_\_\_\_

**Rohm Co Ltd (Jaapan)** CRB25 T18E J 1002  
 Tüüp (nt. CRB25 metallkiht-, 0,25 W; CRH50 metalloksiid-, 0,5 W; LLR10 viikudeta, grafiit-, 0,125 W; MCR18 viikudeta, 0,125 W) \_\_\_\_\_  
 Pakendusviis (nt. T18E lindina, 2000 tk. karbis) \_\_\_\_\_  
 Tolerantsi standardkood (J +/-5 %) \_\_\_\_\_  
 Nimitakistuse kood (kolm numbrit väljendavad takistust, neljas nullide arvu; 1002 tähendab 100 00  $\Omega$  = 10 k $\Omega$ ) \_\_\_\_\_

**Philips (Holland)** SFR 25  
 Tüüp (nt. ACL traat-, CR grafiitkiht-, MP metallkiht-, MRP metallkiht-, täppis-, SFR üldotstarbeline kiht-) \_\_\_\_\_  
 Lähimõõt (nt. 06 6 mm, 08 8 mm, 16 1,6 mm, 24 ja 25 2,5 mm, 30 ja 34 3 mm, 52 ja 54 52 mm, 68 ja 74 6,8 mm; tüübil ACL hajuvõimsus W: 01 1 W, 02 2 W, 03 3 W) \_\_\_\_\_

**Vene tähistus** P1 -4 -0,25  
C2 -33 -0,125  
 Tüüp (nt. P1 kiht-, P2 traat-, C1 grafiitkiht-, C2 metalloksiid- ja metallisulam-, C5 traat-) \_\_\_\_\_  
 Registreerimisnumber \_\_\_\_\_  
 Lubatav hajuvõimsus W \_\_\_\_\_

## 6.5. TAKISTITE KASUTAMINE

Takistil hajuv võimsus ei tohi ületada nimivõimsust. Hajuvõimsuse  $P_h$  määrab takistit läbiv vool  $I$  (seega ka talle rakendatav pingeline  $U$ ) vastavalt seostele ( $W$ ,  $V$ ,  $A$ )

$$P_{\text{tot}} = UI = U^2/R = I^2R.$$

Kui nt. 220-oomisel takistil tekib 5-voldine pingelang, siis hajub takistil võimsus  $P_{\text{tot}} = 5^2/220 = 0,11$  W; seega tuleb valida 0,125W takisti. Kui 2,2-kilo-oomist takistit läbib vool 15 mA, siis hajuvõimsus  $0,015^2 \cdot 2200 = 0,5$  W.

Takistit tohib koormata nimivõimsusega tingimusel, et tema ümbrustemperatuur ei ületa piirtemperatuuri  $t$ , mis on enamasti 70 °C. Kuumemas keskkonnas väheneb lubatav hajuvõimsus, langedes nullini kõrgeimal lubataval temperatuuril  $t_{\text{max}}$ . Takisti tööea ja parameetrite püsivuse seisukohalt on soovitatav valida sellise võimsusega takisti, et tema koormus jääks nimivõimsusest vähemalt 30 % väiksemaks.

Läbilöögi vältimiseks ei või takistile rakendatav pingeline ületada piirpinget, isegi kui see oleks lubatav hajuvõimsuse seisukohalt. Nt. 1M $\Omega$  takistile, mille lubatav hajuvõimsus on 0,125 W, võiks hajuvõimsusest lähtudes rakendada pingeline

$$U = \sqrt{P_{\text{max}} R_n} = \sqrt{0,125 \times 10^6} = 354 \text{ V},$$

samal ajal kui sellele takistile lubatav piirpingeline on kõigest 200 V.

Takisti viikude painderaadius peab olema vähemalt 1,5 korda suurem viigu läbimõõdust. Sagedusel üle 30 MHz peavad viigud olema võimalikult lühikesed, et neist põhjustatav parasiitinduktiivsus jääks minimaalseks. Traat-takistid on kasutatavad üksnes madalal sagedusel.

Kui puudub tarviliku nimitakistusega takisti, võib saada vajalikku takistust olemasolevaid takisteid rööbiti või jadamisi ühendades. Kahe takisti  $R_1$  ja  $R_2$  rööpühenduse korral summaarne takistus

$$R = R_1 R_2 / (R_1 + R_2).$$

Soovitava takistuse saamiseks vajalike rööptakistite takistused saab hõlpsalt leida tabelist 6.8. Nt. 33-oomise (või 33-kilo-oomise) takistuse võib saada, kui ühendada rööbiti 82 ja 56, 120 ja 47 või 220 ja 39  $\Omega$  (k $\Omega$ ); arvestades nt. tolerantsi +/-10 % (29,4...36,3), on muidki võimalusi.

**T.6.8. Takistuste  $R_1$  ja  $R_2$  rööpühenduse takistus  
(kondesaatorite jädaühenduse mahtuvus)**

$R_1$	$R_2$	10	12	15	18	22	27	33	39	47	56	68	82
10	5,0	5,5	6,0	6,4	6,9	7,3	7,7	8,0	8,2	8,5	8,7	8,9	8,9
12	5,5	6,0	6,7	7,2	7,8	8,3	8,8	9,2	9,6	9,9	10,2	10,5	10,5
15	6,0	6,7	7,5	8,2	8,9	9,6	10,3	10,8	11,4	11,8	12,3	12,7	12,7
18	6,4	7,2	8,2	9,0	9,9	10,8	11,6	12,3	13,0	13,6	14,2	14,8	14,8
22	6,9	7,8	8,9	9,9	11,0	12,1	13,2	14,1	15,0	15,8	16,6	17,3	17,3
27	7,3	8,3	9,6	10,8	12,1	13,5	14,9	16,0	17,1	18,2	19,3	20,3	20,3
33	7,7	8,8	10,3	11,6	13,2	14,9	16,5	17,9	19,4	20,8	22,2	23,5	23,5
39	8,0	9,2	10,8	12,3	14,1	16,0	17,9	19,5	21,3	23,0	24,8	26,4	26,4
47	8,2	9,6	11,4	13,0	15,0	17,1	19,4	21,3	23,5	25,6	27,8	29,9	29,9
56	8,5	9,9	11,8	13,6	15,8	18,2	20,8	23,0	25,6	28,0	30,7	33,3	33,3
68	8,7	10,2	12,3	14,2	16,6	19,3	22,2	24,8	27,8	30,7	34,0	37,2	37,2
82	8,9	10,5	12,7	14,8	17,3	20,3	23,5	26,4	29,9	33,3	37,2	41,0	41,0
100	9,1	10,7	13,0	15,3	18,0	21,3	24,8	28,1	32,0	35,9	40,5	45,1	45,1
120	9,2	10,9	13,3	15,7	18,6	22,0	25,9	29,4	33,8	38,2	43,4	48,7	48,7
150	9,4	11,1	13,6	16,1	19,2	22,9	27,0	31,0	35,8	40,8	46,8	53,0	53,0
180	9,5	11,3	13,8	16,4	19,6	23,5	27,9	32,1	37,3	42,7	49,4	56,3	56,3
220	9,6	11,4	14,0	16,6	20,0	24,0	28,7	33,1	38,7	44,6	51,9	59,7	59,7
270	9,6	11,5	14,2	16,9	20,3	24,5	29,4	34,1	40,0	46,4	54,3	62,9	62,9
330	9,7	11,6	14,3	17,1	20,6	25,0	30,0	34,9	41,1	47,9	56,4	65,7	65,7
390	9,8	11,6	14,4	17,2	20,8	25,3	30,4	35,5	41,9	49,0	57,9	67,8	67,8
470	9,8	11,7	14,5	17,3	21,0	25,5	30,8	36,0	42,7	50,0	59,4	69,8	69,8
560	9,8	11,7	14,6	17,4	21,2	25,8	31,2	36,5	43,4	50,9	60,6	71,5	71,5
680	9,9	11,8	14,7	17,5	21,3	26,0	31,5	36,9	44,0	51,7	61,8	73,2	73,2
820	9,9	11,8	14,7	17,6	21,4	26,1	31,7	37,2	44,5	52,4	62,8	74,5	74,5
1000	9,9	11,9	14,8	17,7	21,5	26,3	31,9	37,5	44,9	53,0	63,7	75,8	75,8

**6.6. MITTELINEAARTAKISTID**

**6.6.1. Varistor** on pooljuhttakisti, mille takistus temale rakendatava pingele tõstmisel oluliselt väheneb (j.6.5). Pinge-voolu tunnusjoon on nullpunkti suhtes sümmeetriline, mistõttu varistori saab kasutada nii alalis- kui ka vahelduvvooluahelais, eelkõige pingele ülevõngete piiramiseks, nt. induktiivsusi sisaldavate ahelate katkestamisel.

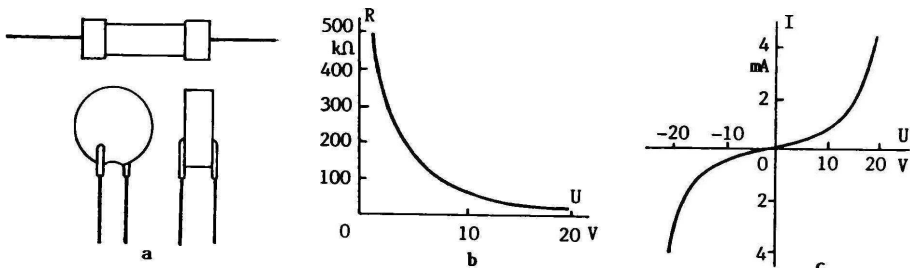
Varistori ketta- või silindrikujuline takistuskeha koosneb tervenisti takistusmassist. Polükristallilisest ränikarbiidist varistori pingele-voolu tunnusjoone mittelelinearsust põhjustab muuhulgas see, et pingele tõstmisel sagenevad mikroülelöögid ränikarbiidi kristallide vahel, mille tulemusena suureneb takisti voolujuhtiv ristiõige; ka suureneb ülelöögi kohtade kuumenedes nende kontaktpind.

Iseloomulikud parameetrid:

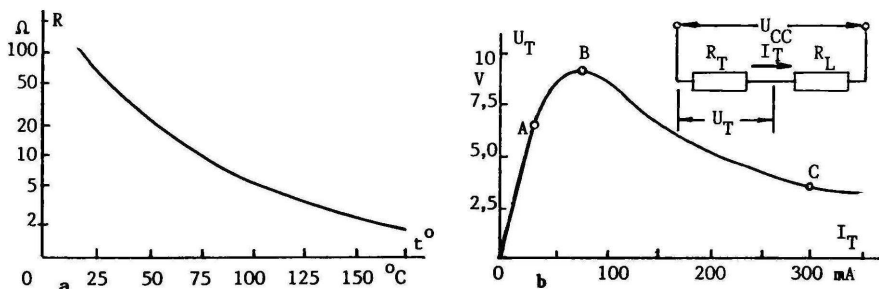
liigituspinge on alalispinge (sageli normrea E12 järgi), mille korral varistori läbib kindla väärtusega vool (nt. 5, 10 või 20 mA); liigituspinget ei tule mõista tööpingena; see valitakse varistori lubatavast hajuvõimsusest ja ka lubatavast impulsspingest lähtudes;

mittelinearsustegur on pinge-voolu tunnusjoone valitud punktile vastava staatilise ja dünaamilise takistuse suhe. See tegur võib ulatuda mitmekümneni.

6.6.2. Termistor e. termostakisti on seadis, mille takistus on olenevalt tugevasti ning mittelineaarselt temperatuurist. Seega on termistoril suur takistuse temperatuurisõltuvus; sõltuvalt tüübist võib see olla negatiivne (NTC)



J.6.5. Varistoride kuju (a), takistuse pingesõltuvuse näide (b) ja pinge-voolu tunnusjoon



J.6.6. Termistoride takistuse temperatuurisõltuvus (a) ja voolu- pingetunnusjoon (b)

või positiivne (PTC). Ulatuslikumalt kasutatakse NTC-termistore. Nende takistus seega temperatuuri tõustes väheneb (j.6.6 a).

Pingelangu muutumist koormustakistusega  $R_L$  jadamisi ühendatud termistoril sõltuvalt ahelat läbivast voolust näitab j.6.6 b. Nõrga voolu korral on sõltuvus lineaarne (lõik OA). Tugevneva voolu mõjul termistor soojeneb ja tema takistus hakkab vähenema. Seetõttu pinge tõus aeglustub ja voolu teatud väärtusest (punktist B) alates hakkab pingelang termistoril vähenema.

Kasutamispõhimõtte järgi võib termistorid jaotada kolme rühma:

1) takistus muutub ümbrustemperatuuri mõjul, läbiv vool oma väiksuse tõttu seadist ei kuumuta, tööpiirkond BC (kasutatakse nt. temperatuuri mõõtmise, kompenseerimise ja stabiliseerimise ahelais);

2) takistus muutub põhiliselt läbiva voolu mõjul, piirkond BC (liigpinge eest kaitsvad lülitused, voolupiirikud); on ka kaudküttega takisteid, mille takistuse määrab eraldi küttemähist läbiv vool;

3) soojustasakaal ja seega ka takistus sõltub nii ümbruse temperatuurist kui ka läbivast voolust (temperatuuri kontrolli, sh. tuletõrjesignalisatsiooni lülitused).

Termistorid on ketta-, varda-, plaadi- või helmekujulised masstakistid, mille soojatundlik osa on metallide (Ni, Mn, Co, Cu) oksiidsüsteemide ja sideaine paagutatud segu.

Olulisemad parameetrid on järgmised:

nimitakistus on termistori takistus ümbrustemperatuuril 20 või 25 °C; takistused on normrea E6 või E12 järgi vahemikus 1 0...10 MΩ;

suurim hajuvõimsus on võimsus, mida seadis suudab kestvalt taluda ja mis kuumutab teda kõrgeima lubatava temperatuurini; võib olla mõnest millivatist 1 vatini;

takistuse temperatuuritegur on termistori takistuse suhteline muutus % 1-kraadise temperatuurimuutuse kohta (19,5 ja 20,5 °C vahel); NTC-termistoridel on selle teguri absoluutväärtus enamasti 2...10 %/K, PTC-termistoridel kuni 30 %/K;

soojuslik ajakonstant on aeg, mille vältel 0-kraadises õhus hoitud termistor, asetatuna 100-kraadise õhuga keskkonda, soojeneb sedavõrd, et tema temperatuur tõuseb 63 kraadi võrra; ajakonstandi väärtus jääb vahemikku sekundi kümmendikest mitme minutini.

---

## 7. KONDENSAATORID

---

### 7.1. LIIGITUS JA ÜLDANDMEID

Kondensaator koosneb lähestikku paiknevast kahest elektroodist, nn. plaadist, või elektroodirühmast ja neid eraldavast isoleeraine- e. dielektrikukihist. Elektroodide küljest lähtuvad kaks ühendusviiku. Eristatakse püsi- ja muutkondensaatoreid.

Püsikondensaatoreid liigitatakse elektroode eraldava dielektrikukihi järgi; levinuimad on keraamika-, plastkile- ja elektroolüüt-kondensaatorid.

Keraamikakondensaatorid jagunevad dielektriku omaduste järgi esimest ja teist liiki kondensaatoreiks:

esimest liiki e. A-klassi kondensaatorite dielektrik on väikese läbitavusega (3...550) kõrgsageduskeraamikast; neil on väikesed kaod kõrgete sagedusteni ja nõrk mahtuvuse temperatuurisõltuvus;

teist liiki e. B-klassi kondensaatorite senjettkeraamikast dielektriku läbitavus võib ulatuda 18 000-ni, nii et väikeste mõõtmete juures on võimalik saada suuri mahtuvusi, kuid suur on ka energiakadu ning mahtuvus sõltub tugevasti ja mittelineaarselt temperatuurist.

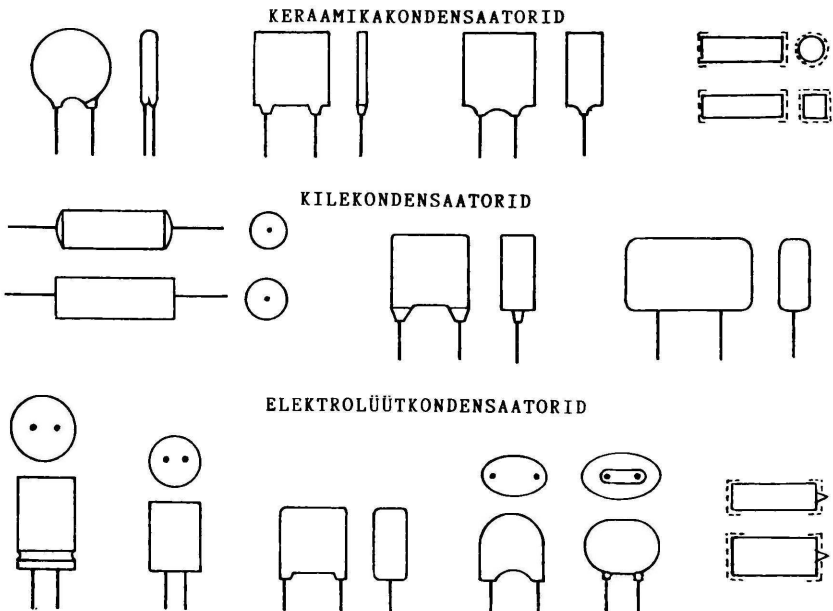
Toodetakse peamiselt ketta-, tableti- ja liistakujulisi kondensaatoreid (j.7.1). Neil on plaatideks 0,1...1 mm paksuse keraamilise aluse mõlemale küljele sadestatud hõbedakiht, mille külge on joodetud viigid ja mis on kaetud emailikihiga. Toodetakse ka plokikujulisi mitmekihilisi kondensaatoreid, samuti viikudeta kondensaatoreid pealismontaažiks. Esimest liiki keraamikast valmistatakse tugi- ja läbiviik-kondensaatoreid sagedustele üle 30 MHz; nende üks viik joodetakse šassii külge.

Kilekondensaatori dielektrikuks on 1...30  $\mu\text{m}$  paksune sünteeskile; kasutatavamad sünteematerjalid on polüester (tähis KT), polükarbonaat (KC), polüpropeen (KP) ja polüstüreen (KS). Elektroodid võivad olla fooliumist (õhukesest metall-lehest) või kilele pihustatud metallikihist. Foolium-kilekondensaatori elektroodideks on u. 5  $\mu\text{m}$  paksusest alumiiniumlehest (-fooliumist) linnid, mis koos nende vahel asetsevate 2...10  $\mu\text{m}$  paksuste dielektrikurihadega on rulli keeratud. Väiksemad on metall-kilekondensaatorid, kus fooliumi asendab 0,02...0,1

mikromeetri paksune metallikiht, mis on pihustatud dielektrikulele (metallpolüester, MKT; metallpolükarbonaat, MKC). Samasuguse ehitusega on foolium-paber-ja metall-paberkondensaatorid, mida kasutatakse peamiselt tugevvoolutehnikas.

Elektrolüüt-kondensaatoris e. oksiidkondensaatoris toimib dielektrikuna oksiidikiht, mis on elektrokeemiliselt formeeritud alumiiniumist või tantaalist (harvemini niobiumist) elektroodile. Kondensaatori teise elektroodi moodustab oksiidikihiga kokkupuutuv elektrolüüt. Oksiidikiht püsib vajaliku paksusega selle hapniku arvel, mis eraldub elektrolüüdist kondensaatorit läbiva lekkevoolu mõjul. Elektrolüüt-kondensaator on polaarne seadis: anoodiks on metallelektrood ja katoodiks elektrolüüt; sellest tuleneb, et niisugune kondensaator on mõeldud kasutamiseks alalis- (ja pulseer-) voolu ahelais, kusjuures anood tuleb ühendada toite plussiga.

Alumiinium-elektrolüüt-kondensaatoris asetseb oksiidikiht alumiiniumfooliumist lindil; see on anoodplaat. Katoodiks on vedel või sültjas elektrolüüt, millega on immutatud dielektriku vastu surutud kiudainest lint. Katoodiga loob kontakti teine, oksüdeerimata fooliumlint.



J.7.1. Kondensaatorite kuju

Rulli keeratud sektsioon paikneb alumiiniumkestas, mis võib olla katoodiga ühendatud; siis on kondensaatori otsas vaid üks viik. Valmistatakse ka liitkondensaatoreid, mille kestas on 2 või 4 sektsiooni. Mittepolaarseil kondensaatoreil on oksüdeeritud ka teine fooliumlint; nende mahtuvus (harilikult vahemikus 1...100  $\mu\text{F}$ ) on poole väiksem niisama suure polarse kondensaatori mahtuvusest.

Paremate omadustega ja väiksemad on söövitatud alumiiniumfooliumist mahtpoorse katoodiga elektrolüüt-kondensaatorid, samuti kokkupressitud oksüdeeritud tantaaliteraketest anoodiga kondensaatorid. Elektrolüüt on sõltuvalt tüübist märg või kuiv.

Muutkondensaatoreina on kasutusel seadekondensaatorid seadme esmareguleerimiseks ja häälestuskondensaatorid võnkeringide häälestamiseks aparadi kasutamisel.

Seadekondensaator koosneb paigalseisvast ja pööratavast osast, vastavalt staatorist ja rootorist. Põhiliselt kasutatakse keraamilise dielektrikuga seadekondensaatoreid, mille plaatideks on staatori ja rootori pinnale sadestatud hõbedasektorid. Rootorit pöörates muutub sektorite omavaheline asend ning seega ka mahtuvus. Kondensaatori mahtuvuse alg- ja lõppväärtuste nimiväärtused on nt. 1,5/5, 2/7, 3/10, 4/27 jne. pF.

Häälestuskondensaatori e. pööriku staatori ja rootori plaadipakkide paar moodustab sektsiooni. Levinuimad on kahesektsioonilised pöörikud, mille staatori- ning rootoriplaadid on eraldatud plastlehtedega. Sektsioonid paiknevad plokikujulises plastkestas. Sageli on samas kestas ka kaks või neli miniatuurset seadekondensaatorit.

Tahkedielektrikuga muutkondensaatoreist on kaovaesemad ja stabiilsemad, ent ka kogukamad õhkdielektrikuga kondensaatorid.

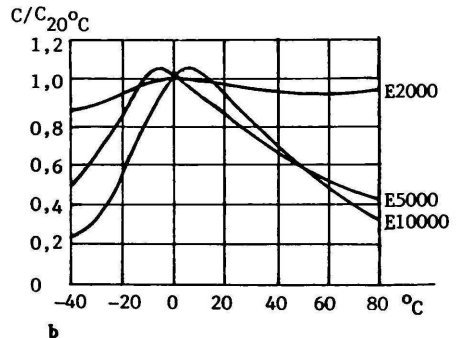
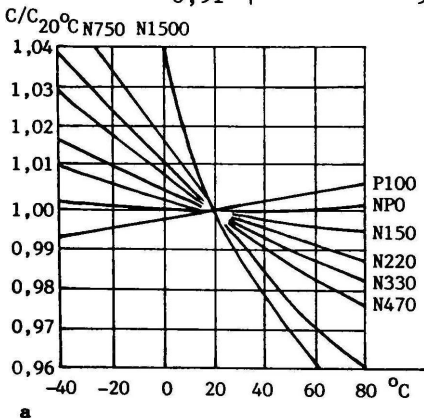
## 7.2. PÕHIPARAMEETRID

Nimimahtuvus vastab enamasti normrea E6, E12 või E24 väärtustele (t. 7.1), peamiselt kõrgsageduskondensaatoreid toodetakse ka ridade E48, E96 ja E192 järgi (vt. t.6.2).

Tolerants e. mahtuvushälve näitab, mitu protsenti võib kondensaatori tegelik väärtus olla suurem või väiksem nimiväärtusest. Tolerants on enamasti +/- 20, 10 või 5 %, kõrgsageduskondensaatoreil ka 2, 1 või 0,5 %. Ühe rea nimiväärtustega kondensaatoreid võidakse toota mitme tolerantsiga, nt. E12 korral 5, 10 ja 20 %. Kuni 10-pikofaradiste kondensaatorite tolerants antakse absoluutväärtustes: +/- 0,1 0,25 0,5 1 ja 2 pF. Elektrolüüt-kondensaatoreil võivad hälbed olla vahemikus -20...+100 %.

**T.7.1. Kondensaatorite nimimahtuvuste väärtused (pF, nF,  $\mu$ F, mF) normridade E6, E12 ja E24 korral**

E6	E12	E24	E6	E12	E24	E6	E12	E24	E6	E12	E24
0,1	0,1	0,10	1,0	1,0	1,0	10	10	10	100	100	100
		0,11			1,1			11			110
	0,12	0,12		1,2	1,2		12	12		120	120
		0,13			1,3			13			130
0,15	0,15	0,15	1,5	1,5	1,5	15	15	15	150	150	150
		0,16			1,6			16			160
	0,18	0,18		1,8	1,8		18	18		180	180
		0,20			2,0			20			200
0,22	0,22	0,22	2,2	2,2	2,2	22	22	22	220	220	220
		0,24			2,4			24			240
	0,27	0,27		2,7	2,7		27	27		270	270
		0,30			3,0			30			300
0,33	0,33	0,33	3,3	3,3	3,3	33	33	33	330	330	330
		0,36			3,6			36			360
	0,39	0,39		3,9	3,9		39	39		390	390
		0,43			4,3			43			430
0,47	0,47	0,47	4,7	4,7	4,7	47	47	47	470	470	470
		0,51			5,1			51			510
	0,56	0,56		5,6	5,6		56	56		560	560
		0,62			6,2			62			620
0,68	0,68	0,68	6,8	6,8	6,8	68	68	68	680	680	680
		0,75			7,5			75			750
	0,82	0,82		8,2	8,2		82	82		820	820
		0,91			9,1			91			910



J.7.2. Esimest (a) ja teist (b) liiki keraamikakondensaatorite mahtuvuse temperatuurisõltuvus

Nimipinge on suurim alalispinge, millega kondensaator võib kestvalt töötada.

Mahtuvuse temperatuuritegur näitab mahtuvuse suhtelist muutust temperatuuri muutumisel 1 K (kraadi) võrra. Kui mahtuvus temperatuuri tõustes suureneb, on see tegur positiivne, vastasel juhul negatiivne. Temperatuuritegur on normitud esimest liiki dielektrikuga keraamikakondensaatoreil. Dielektriku materjali temperatuuriteguri rühma tähis koosneb teguri märki väljendavast tähest N (miinus), P (pluss) või NP (0) (Vene kondensaatoreil vastavalt M, II, MII) ning arvust, mis näitab teguri keskmist väärtust, korrutatuna  $10^6$ -ga (j.7.2 a).

Teist liiki dielektrikuga kondensaatoreite mahtuvus sõltub temperatuurist suures ulatuses. Näitena on joonisel 7.2 b erisuguse läbitavusega (2000, 5000 ja 10 000) materjalist dielektrikuga kondensaatoreite mahtuvuse sõltuvus temperatuurist.

### T.7.2. Eri liiki kondensaatoreite põhiandmeid

$C_n$  nimimahtuvuste piirid;  $\Delta C_n$  tolerantants;  $U_n$  nimipingete piirid;  $d_C$  mahtuvuse temperatuuritegur;  $tg\delta$  kaonurga tangens sagedusel 1 kHz; St aegstabiilsus: - halb, + rahuldav, ++ hea, +++ väga hea;  $t_{max}$  kõrgeim töötetemperatuur

Liik	$C_n$	$\Delta C_n$ +/- %	$U_n$ V	$d_C$ $10^{-6}/K$	$tg\delta$	St	$t_{max}$ $^{\circ}C$
<b>Keraamika-:</b>							
1. liiki	0,1p/47n	1...20	10/100	100/-1500	0,001	++	125
2. liiki	220p/2,2µ	5,10,20	10/1000	100/-4700	0,03	+	85
<b>Plastkile-:</b>							
polüester	100p/100µ	1...20	6,3/1000	200/400	0,01	++	100
polükarbonaad	10n/22µ	1...20	6,3/630	50/-50	0,002	+++	100
polüpropeen	1n/68µ	1...20	6,3/1000	0/-200	0,0002	++	85
polüstüreen	10p/0,5µ	1...10	25/1000	80/-150	0,001	++	70
<b>Paber-</b>	100p/100µ	10, 20	100/1000	1000	0,01	+	80
<b>Metallpaber-</b>	0,05µ/33µ	10, 20	100/1000	500	0,001	+	100
<b>Elektrolüüt-:</b>							
alumiinium-	1µ/68000µ	50/-20	6,3/500	1000	0,1	-	70
tantaal-	0,1µ/300µ	20	3/100	100/250	0,05	++	85

Isolatsioonitakistus on teist liiki keraamika- ja pabekondensaatoreil vähemalt 100 MΩ, esimest liiki keraamikakondensaatoreil 1 GΩ ja kilekondensaatoreil 10 GΩ; lekkevool Al-elektrolüüt-kondensaatoreil 2 µA...10 mA, tantaalkondensaatoreil 0,1...50 µA.

Isolatsioonitakistus on kondensaatori alalisvoolutakistus teatud pingel (nt. kuni 100V nimipingega kondensaatoritel pingel 10 V); väikese mahtuvusega kondensaatoritel väljendub selle takistuse väärtus kümnetes gigaomides. Isolatsioonitakistus on seda väiksem, mida suurem on kondensaatori elektrootadide pindala; seepärast iseloomustatakse suurema, mikrofaradites esitatava nimimahtuvuse korral dielektriku kvaliteeti isolatsioonitakistuse ja mahtuvuse korrutisega ( $MOx\mu F$ ), s.o. ajakonstandiga sekundites.

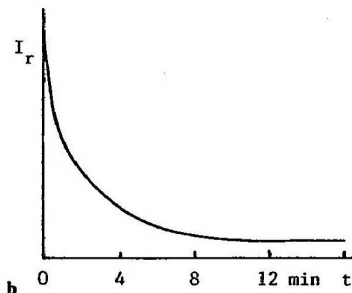
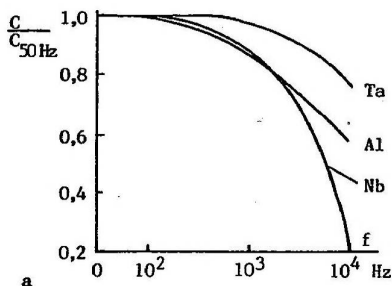
Lekkevool on kondensaatorit nimipingel läbiv juhtivusvool; seda mõõdetakse mõni minut pärast pingestamist, et stabiilne vool jõuaks välja kujuneda. Lekkevooluga iseloomustatakse eelkõige elektrolüüt-kondensaatoreid.

Kaonurga  $\sigma$  tangens iseloomustab kondensaatori dielektrikus tekkivat energiakadu. Aktiivenergia kadu  $P = Q \cdot \text{tg} \sigma$ , kus  $Q$  on reaktiivvõimsus.

Eri liiki kondensaatorite mõningate parameetrite orienteerivad väärtused on tabelis 7.2.

### 7.3. MARKEERING KONDENSAATORITEL

Nimimahtuvus esitatakse suuremail kondensaatoritel koos ühikutähisega pF (pikofarad), nF (nanofarad),  $\mu F$  (mikrofarad) või mF (millifarad; 1 mF = 1000  $\mu F$ ). Enamasti aga väljendatakse ühikut ühe tähega: p pikofarad, n nanofarad ja  $\mu$  mikrofarad. See täht paikneb nagu takistitelgi nimimahtuvust väljendava arvu järel, kui see on täisarv (nt. 47p tähendab 47 pF), koma asemel (5n6 tähendab 5,6 nF) või asendab nulli ja koma ( $\mu 68$  tähendab 0,68  $\mu F$ ).



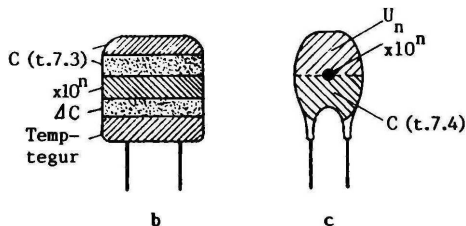
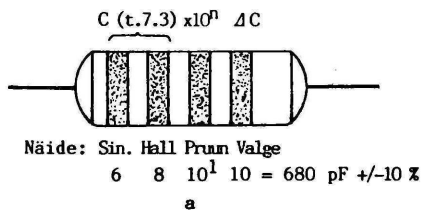
J.7.3. Eri liiki (Ta tantaal-, Al alumiinium-, Nb nioobium-) elektrolüüt-kondensaatorite mahtuvuse sagedussõltuvus (a) ja Al-elektrolüüt-kondensaatori jääkvoolu  $I_r$  kulg pingestamise järel (b)

### T.7.3. Nimimahtuvuse ja tolerantsi värvimarkeering (j.7.4 a,b)

Täpi või triibu värv	Nimimahtuvus C pF			Tolerants $\Delta C$ +/- %
	1. number	2. number	Korrutaja	
Hõbedane	—	—	$10^{-2}$	10
Kuldne	—	—	$10^{-1}$	5
Must	—	0	1	20
Pruun	1	1	$10_2$	1
Punane	2	2	$10_3$	2
Oranž	3	3	$10_4$	3
Kollane	4	4	$10_5$	—
Roheline	5	5	$10_6$	0,5
Sinine	6	6	$10_7$	0,25
Lilla	6	6	$10_8$	0,1
Hall	8	8	$10_9$	0,05
Valge	9	9	$10^9$	—

### T.7.4. Nimimahtuvuse ja -pinge värvimarkeering (j.7.4 c)

Värv	Nimimahtuvus C pF	Korrutaja $10^n$	Nimipinge $U_n$ V
Must	10	1	4
Pruun	12	$10_2$	6,3
Punane	15	$10_3$	10
Oranž	18	$10_4$	16
Kollane	22	$10_5$	40
Roheline	27	$10_6$	20; 25
Sinine	33	$10_7$	30
Lilla	39	$10^7$	50
Hall	47	0,01	3,2
Valge	56	0,1	63
Hõbedane	68	—	2,5
Kuldne	82	—	1,6



### J.7.4. Kondensaatorite värvimarkeeringu näiteid

Mõni firma kasutab mahtuvuse tähises koma asemel tähte R, nt. 8R2 $\mu$ F tähendab 8,2  $\mu$ F, R56 $\mu$ F – 0,56  $\mu$ F. Väikseid kondensaatoreid markeeritakse sageli kolmenumbrielse koodiga, kus kaks esimest on mahtuvuse numbrid ja kolmas nullide arv, nt. 472 on 4700 pF.

Üht ja sama mahtuvust võidakse väljendada piko- või nanofaradites, samuti nano- või mikrofaradites. Mahtuvusühikute vahelised seosed on järgmised:

0,000 001 $\mu$ F	=	0,001 nF	=	1 pF
0,000 01 $\mu$ F	=	0,01 nF	=	10 pF
0,000 1 $\mu$ F	=	0,1 nF	=	100 pF
0,001 $\mu$ F	=	1 nF	=	1 000 pF
0,01 $\mu$ F	=	10 nF	=	10 000 pF
0,1 $\mu$ F	=	100 nF	=	100 000 pF
1 $\mu$ F	=	1000 nF	=	1 000 000 pF

Tolerantsi märkimiseks kasutavad firmad põhiliselt ühesugust tähtkoodi. Kuni 10-pF kondensaatoril tähendab B +/- 0,1 pF, C 0,25 pF, D 0,5 pF, F 1 pF ja A 2 pF. Suurema mahtuvusega kondensaatoritel väljendab tolerantsi %-des täht

F	G	J	K	M	Q	T	Y	S	Z
+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+30	+50	+100	+50	+80
1,0	2,0	5	10	20	-10	-10	-10	-20	-20

Nt. markeering 180pJ tähendab 180 pF +/-5 %.

Kodeeritult võidakse esitada ka nimipinge V:

B	D	E	F	G	H	S	J	K	L	N
6,3	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100

Miniatuurseil kondensaatoritel kasutatakse värvikoodi värviliste täppide, kriipsude või rõngastega, millega tähistatakse nimimahtuvust ja tolerantsi (t.7.3) või nimimahtuvust ja nimipinget (t.7.4).

#### 7.4. TÜÜBITÄHISED

Kasutatakse lühi- ja täistähiseid. Lühitähis määrab kindlaks kondensaatori liigi, dielektriku ja seerianumbri, täistähis lisaks põhiparameetrid, mõõtmed, viikude iseärasused jm. Igal firmal on oma tähistus, kusjuures ka üks firma võib iga tooteliigi jaoks kasutada erisugust süsteemi.

Kondensaatoreid toodavad American Technical Ceramics, Component Research, ITT, Kemet, Multi Products International, Matsuo, muRata, Nitronics, NEC, PPD Film

Capacitors, Paktrom, Rohm, Sprague, Wesco, Wimpey Dubilier jt. Järgnevalt mõnede tootjate tähistussüsteemi näiteid.

**Kemet (USA):**

Mitmekihiline keraamiline kondensaator C 052 K 102 K 2 X 5C A

Liik (C keraamiline) \_\_\_\_\_

Korpuse mõõtmete kood \_\_\_\_\_

Standardi kood \_\_\_\_\_

Nimimahtuvuse kood (2 esimest numbrit on mahtuvuse numbrid, viimane nullide arv: 102 on 1000 pF) \_\_\_\_\_

Mahtuvuse tolerantsi standardkood (K +/-10 %) \_\_\_\_\_

Nimipinge (2 tähendab 200 V) \_\_\_\_\_

Mahtuvuse temperatuurisõltuvuse grupp (X mahtuvuse muutus vahemikus -55...+125 °C 25 °C suhtes enamalt +/-15 %) \_\_\_\_\_

Viike iseloomustav kood \_\_\_\_\_

Tõrgete arv 1000 töötunni kohta (M 1%, P 0,1%, R 0,01%, S 0,001%) \_\_\_\_\_

Tantaal-elektrolüüt-kondensaator T 110 A 105 K 050 A

Liik (T tantaal-) \_\_\_\_\_

Seerianumber (110 polaarne, 111 mittepolaarne) \_\_\_\_\_

Korpuse mõõtmete kood \_\_\_\_\_

Mahtuvus (105 tähendab 10 00000 pF = 1 µF) \_\_\_\_\_

Mahtuvuse tolerantsi standardkood \_\_\_\_\_

Nimipinge (050 50 V) \_\_\_\_\_

Tõrgete arv 1000 töötunni kohta (A pole normitud) \_\_\_\_\_

**Matsuo (Jaapan)** 553 M 6302 103 K

Liik (204 tantaal-, 553 polüester-, 602 polüpropeen-) \_\_\_\_\_

Tõrgete võimalik arv 1000 töötunni kohta (M 1 %) \_\_\_\_\_

Nimipinge kood (3151 3,15 V, 3502 35 V, 1003 100 V) \_\_\_\_\_

Nimimahtuvuse kood (103 10 000 pF = 10 nF) \_\_\_\_\_

Mahtuvuse tolerantsi standardkood (G +/-2 %) \_\_\_\_\_

**Sprague (USA)** 509DSA 474 M 063 S

Liik (nt. 749DX tantaal-, 509DSA alumiinium-, 192R polüester-, 710P polüpropeen-, LP polükarbonaat) \_\_\_\_\_

Nimimahtuvuse kood (474 tähendab 47 0000 pF = 0,47 µF) \_\_\_\_\_

Mahtuvuse tolerantsi standardkood (M +/-20 %) \_\_\_\_\_

Nimipinge (nt. 6R3 6,3 V, 063 63 V) \_\_\_\_\_

Korpuse või viikude kood \_\_\_\_\_

**Vene süsteem (lühitähised)** K 73 -30

Liik (K püsikondensaator) \_\_\_\_\_

Dielektriku- ja elektroodimaterjal (nt. K10 keraamika; K42 paber, metalliseeritud; K50 alumiiniumfoolium; K52 poorne tantaal, märgielektrolüüdiga; K53 tantaal, kuivelektrolüüdiga; K70 ja K71 polüstüreen, foolium ja metalliseeritud; K73 ja K74 polüester, foolium ja metalliseeritud; K77 polükarbonaat; K78 polüpropeen) \_\_\_\_\_

Tüübi järjenumber \_\_\_\_\_

### 7.5. KASUTAMINE

Esimest liiki keraamikakondensaatoreid kasutatakse ahelais, kus on tähtis väike energiakadu kõrge (gigahertsidesse ulatuva) sageduseni, mahtuvuse sõltumatus sagedusest, väike tolerants ja teadaolev temperatuuritegur. Teist liiki keraamikakondensaatorid on kohased ahelais, kui vajatakse suuri mahtuvusväärtusi väikeste mõõtmete juures, kusjuures kaod ning mahtuvuse püsivus pole esmatähtsad.

Kilekondensaatoreist on parimate stabiilsusomadustega polüstüreen- ja polüpropeenkondensaatorid. Suure erimahtuvuse, isolatsioonitakistuse ja mahtuvuspüsivusega on ka polükarbonaatkondensaatorid. Odavad poliesterkondensaatorid on kasutatavad madalsagedusahelais.

Kondensaatorile rakendatav alalispinge (pulseerpinge korral alaliskomponendi ning vahelduvkomponendi amplituudi summa) ei tohi ületada tema nimipinget. Pika tööea huvides on otstarbekas kasutada kondensaatoreid, mille nimipinget ületab tegelikult rakendatava väärtuse vähemalt 50%. Vahelduvvooluahelas töötava keraamika- või kilekondensaatori nimipinget peab olema vähemalt kaks korda kõrgem pinget tegelikust amplituudiväärtusest. Lubatav vahelduvpinge protsent nimipingest on seda väiksem, mida suurem on kondensaatori mahtuvus ja mida kõrgem on sagedus.

Elektrolüüt-kondensaatori anood (plussviik) tuleb ühendada pingevaldse positiivse poolusega (kõigil elektrolüüt-kondensaatoritel on pluss- või miinusviik tähistatud). Vastupidise polaarsuse korral, kui pinget ületab sõltuvalt tüübist 0,5...1,5 V, isoleeriv oksiidikiht hävib, mistõttu kondensaator tugeva voolu tõttu kuumeneb ja võib lõhkeda. Ka õigesti pingestatud kondensaatorit läbib teatav lekkevool, mis on tarvilik oksiidikihi regenereerimiseks.

Elektrolüüt-kondensaatoreile rakendatavas pinges peab vahelduvkomponendi amplituudi osa jääma ka madalatel sagedustel alla 25% nimipingest ning vähenema sageduse tõustes vastavalt tehasejuhendeile.

Kui pole käepärast tarviliku nimimahtuvusega kondensaatorit, on võimalik saada vajalikku mahtuvust olemasolevaid kondensaatoreid rööbiti või jadamisi ühendades. Kahe kondensaatori summaarne mahtuvus

$$\text{rööpühenduse korral } C = C_1 + C_2,$$

$$\text{jadaiühenduse korral } C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}.$$

Tabelist 6.8 (lk. 164) saab hõlpsasti leida, millised kondensaatorid tuleb soovitud mahtuvuse saamiseks jadamisi ühendada.

---

## 8. INDUKTIIV- JA FILTERELEMENDID

---

Levinuim induktiivelement on induktiivpool, mida kasutatakse peamiselt LC-võnkeringides ja -filtrites sageduseni kuni mõnisada megahertsi. Kõrgematel sagedustel (detsimeeterlainetel) tavalisi, koondparameetritega poole üldiselt ei kasutata, sest võnkeringi resonantsitakistus ja seega ka hüvetegur osutuksid liiga väikeseks. Võnkering asendatakse siis liinilõikudest ja kondensaatoreist resonatoritega.

LC-ahelaid asendavad elektroonikaaparatuuris elektro-mehaanilised ja akustoelektroonilised filtrid. Neil on hea selektiivsus väikeste mõõtmete ja massi juures. Filterelementidega on ehituselt ja tööpõhimõttelt sarnased signaalide hilistamiseks kasutatavad viitliinid.

### 8.1. POOLIDE ÜLDANDMEID

**8.1.1. Ehitus ja liigid.** Induktiivpool (lüh. pool) koosneb mähisest ja poolialusest (väikese induktiivsuse korral võib alus puududa). Mähis keritakse isoleeritud vasktraadist, kõrgetel sagedustel ka hõbetatud traadist või plekiribast. Poolialus valmistatakse väikese dielektrikauga isoleerainest, enamasti polüstüroolist. Et vähendada pooli mõõtmeid ja võimaldada tema induktiivsuse reguleerimist, varustatakse pool suurt magnetilist läbitavust eviva südamikuga. Ülikõrgsageduspoolides võidakse kasutada induktiivsust vähendavaid diamagnetilisi (vask-, alumiinium-) südamikke. Parasiitsidestuste vältimiseks ümbritsetakse kõrgsageduspool elektromagnetilise varjega, milena toimib alumiinium- või vaskplekist tops (j.8.1 d).

Paispoolid e. drosselid on mõeldud teatud sagedusest kõrgemate sagedustega voolude tõkestamiseks. Kõrgsagedus-ahelais kasutatavad paispoolid võivad olla õhk- või ferriitsüdamikuga, ka keraamilisel alusel (j.8.1 f). Toodetakse miniatuurseid paispoole pealismontaažiks (j.8.1 f). Need on väga peenest (alates 0,02 mm) traadist, ferriitsüdamikuga, plastkestas; induktiivsus 1 µH...1 mH.

Kuju ning mähkimisviisi järgi saab eristada järgmist liiki mähiseid (poole): ühe- ja mitmekihiline mähis; tihe-mähis (keerd keeru kõrval); samm-mähis (juhtme läbimõõdust

suurema sammuga); sektisioonmähis (koosneb mitmest jadamisi ühendatud ühistelgsest mähisest); ristmähis (naaberkihtide keerud on omavahel nurgi); vabamähis (traat keritakse korrapäratult sektisiooni otsketaste e. põskede vahele); sümmeetriline mähis (saadakse kahe traadiga korruga kerimisel, kui ühe traadi lõpp ühendada teise algusega, ühenduskoht on keskharund).

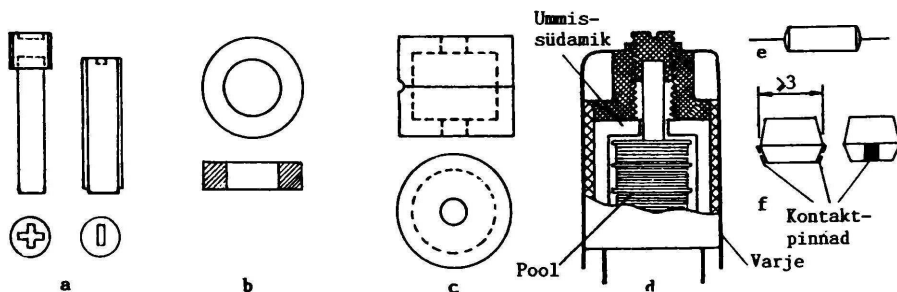
8.1.2. Parameetrid. Induktiivsus  $L$  on võrdeline mähise keerude arvu ruuduga, sõltudes mähise ja südamiku kujust ja mõõtmetest, samuti südamiku materjalist.

Hüvetegur  $Q$  on pooli induktiivtakistuse  $\omega L$  ning poolis tekkivat energiakadu väljendava ekvivalentse kõrgsagedustakistuse  $R$  suhe:  $Q = \omega L/R = 2\pi fL/R$ . Kõrgsagedustakistuse määrab eelkõige juhtme aktiivtakistus. Seda mõjutab pinnnähtus: mida kõrgem sagedus  $f$ , seda õhem on pöörisvoolude tõttu juhtme väliskiht  $\delta$ , mida vool saab läbida:

$f$ MHz	0,1	1	10	100
$\delta$ mm	0,2	0,06	0,02	0,006

Seetõttu kasvab juhtme aktiivtakistus seda rohkem, mida kõrgem on sagedus. Nt. 0,5mm läbimõelduga juhtme takistus hakkab suurenema alates sagedusest 0,1 MHz, kasvades sagedusel 1 MHz u. 2-, 10 MHz 7- ja 100 MHz 20-kordseks. Et peenemal juhtmel on voolude läbitamatu ristlõikeosa suhteliselt väiksem, valmistatakse poolid sagedusel kuni 2 MHz sageli peenikestest isoleeritud kiududest koosnevast kõrgsagedusjuhtmest (kõrgemel sagedusel hüvetegur enam ei suurene kiuisolatsioonis tekkiva kao kasvu tõttu).

Pooli kõrgsagedustakistust suurendab lähedastes metall-esemetes (varjes, südamikus) tekkiv pöörisvoolukadu. Üli-kõrgsagedusel lisandub poolialuses ja juhtmeisolatsioonis tekkiv dielektrikuskadu.



J.8.1. Häälestussüdamikud (a), rõngassüdamik (b) ning ummis-südamik (c); varjestatud pool (d) ja miniatuursed paispoolid (e, f)

Hüvetegur on aluseta poolidel 100...500, ferriitsüdamikuga poolidel sagedusel kuni 10 MHz 60...180, mitmekihilistel õhksüdamikpoolidel 20...30.

Omamahtuvuse määrab mähise keerdudevaheline hajumahuvus. Sellele lisandub pooli mahtuvus lähedaste metall-esemete suhtes. Ühekihilise silinderpooli omamahtuvus  $C = kD$  (pF), kus  $D$  on pooli läbimõõt, tegur  $k$  on tihemähise korral 0,15, samm-mähisel 0,1...0,05. Mitmekihilise pooli omamahtuvus ulatub kümnetesse pikofaraditesse, olles väiksem sektsioonmähisel – 5...15 pF. Südamik ja varje võivad suurendada omamahtuvust 2...3 korda.

Induktiivsuse temperatuuritegur  $d_i$  näitab induktiivsuse suhtelist muutust temperatuuri muutumisel 1 kraadi võrra. Tavalistel poolidel on see tegur 0,0001 ringis, keraamilisele alusele sadestatud (trükitud) mähisega poolidel kuni 10 korda väiksem.

**8.1.3. Magnetsüdamikud.** Kõrgsageduspoolide ja -trafode südamikud valmistatakse enamasti ferriidist, harvemini magnetodielektrikust.

Elektronikaseadmeis kasutatav ferriit on metallkeraamiline materjal, mis koosneb raud(III)oksiidist jm. metallide (nikkel, tsink, mangaan, baarium) oksiididest. Ferriitidel on enamasti suur eritakistus ja seetõttu väike pöörisvoolukadu. Ferriit kaotab magnetilised omadused temperatuuril üle 100...300 °C.

Mehaanilistelt omadustelt on ferriidid sarnased keraamiliste materjalidega; nad on haprad, lõigatavad üksnes teemantteraga, ent hõlpsalt käitatavad. Ferriitdetailidele tuleb hoida suurte mehaaniliste koormuste (löögid, vibratsioon) eest, sest nende mõjul võib suuresti ja pöördumatult muutuda algläbitavus.

Eristatakse pehme- ja kõvamagnetferriite. Poolide ning trafode ja magnetantennide südamikud valmistatakse pehmemagnetferriitidest, millele on omane kitsas hüstereesisilmus, järelikult ka väike koertsitiivjõud, ning suur magnetiline algläbitavus, kuni mitukümmend tuhat. Mida suurem on ferriidi magnetiline läbitavus, seda madalam on tema piirsagedus e. kriitiline sagedus, millel dielektriliste kadude nurga tangens ulatub teatava kriitilise väärtuseni. Nt. mangaantsinkferriidid algläbitavusega 2000 on kasutatavad sageduseni 0,8 megahertsi, koobaltilisandiga nikkeltsinkferriidid algläbitavusega 20...50 sageduseni 100 MHz. Spetsiaalse koostise ja struktuuriga ferriitide piirsagedus küünib sadadesse megahertsidesse.

Magnetodielektrikud on ferromagnetilise materjali peenpulbri ja sideaine segu. Ferromagnetiliseks materjaliks võib olla raudkarbonüül-, permalloi- või ferriidipulber.

Pulbriosakeste sidumiseks ja omavaheliseks isoleerimiseks kasutatakse polüstürooli, talki jm. Isoleeraine tõttu ei saa magnetahel olla pidev, mistõttu magnetodielektriku magnetiline läbitavus on märksa väiksem kui ferriidil, ent aeg- ja temperatuurstabiilsus parem. Raudkarbonüül-südamikud ei talu üle 60°C temperatuuri.

Toodetakse mitmesuguse kujuga magnetsüdamikke (j.8.1). Silindrilisi häälestussüdamikke kasutatakse poolialustes, suletud magnetahelaga ummissüdamikke võnkeringipoolides, rõngassüdamikke paispoolide ja trafode magnetahelaina.

## 8.2. POOLIDE ARVUTUS

Kõigis valemis on induktiivsus mikrohenrides ( $\mu\text{H}$ ) ja mõõtmed millimeetrites (j.8.2).

8.2.1. Sirge ümarjuhtme induktiivsus (näites pikkus  $l_j = 50$  mm ja läbimõõt  $d = 0,5$  mm)

$$L = 4,61 \cdot 10^{-4} l_j (\lg l_j / d + 0,17)$$

$$= 4,61 \cdot 10^{-4} \cdot 50 (\lg 50 / 0,5 + 0,17) = 0,05 \mu\text{H}.$$

8.2.2. Ühekihilise pooli induktiivsus (näites pooli keerdude arv  $w = 50$ ; traadi läbimõõt  $d = 0,38$  mm; keeru läbimõõt, s.o. poolialuse läbimõõdu  $D_p$  ja traadi läbimõõdu  $d$  summa,  $D = D_p + d = 10,4$  mm, mähise pikkus  $l_m = 20$  mm)

$$L = 0,001 w^2 D / (1_m / D + 0,45)$$

$$= 0,001 \cdot 50^2 \cdot 10,4 / (20 / 10,4 + 0,45) = 11,0 \mu\text{H}.$$

Sellesama valemiga saab arvutada ka samm-mähisega pooli (j.8.2 b) induktiivsuse ( $w = 60$ ,  $D = 15$  mm,  $l_m = 30$  mm):

$$L = 0,001 \cdot 60^2 \cdot 15 / (30 / 15 + 0,45) = 22,0 \mu\text{H}.$$

$$\text{Mähise samm } s = l_m / (w - 1) = 30 / (60 - 1) \approx 0,5 \text{ mm}.$$

Sagedamini on tarvis leida pooli nõutava induktiivsuse saamiseks vajalik keerdude arv. Sel juhul tuleb lähtuda mähise läbimõõdust  $D$  ja pikkusest (näites  $L = 8 \mu\text{H}$ ,  $D = 7$  mm,  $l_m = 10$  mm ja  $d = 0,2$  mm):

$$w = \sqrt{500L(2l_m + 0,9D)} / D$$

$$= \sqrt{500 \cdot 8(2 \cdot 10 + 0,9 \cdot 7)} / 7 = 46 \text{ keerdud}.$$

Hüvetegur sagedusel  $f = 10$  MHz, arvestades ainult juhtme

kõrgsagedustakistust  $R_k = 5,25 \cdot 10^{-4} D w \sqrt{f/d}$ ,

$$Q = 2\pi f L / R_k = 1,2 \cdot 10^4 L d \sqrt{f} / (D w) =$$

$$= 1,2 \cdot 10^4 \cdot 8 \cdot 0,2 \sqrt{10 / (7 \cdot 46)} = 189.$$

Valem on kasutatav, kui  $10d\sqrt{f} = > 5$ . Ühekihilise pooli hüvetegur on suurim, kui  $l/D = 0,4...1,0$ .

**8.2.3. Mitmekihilise pooli induktiivsus** (näites  $w = 240$ , mähise keskmine läbimõõt  $D = 50$  mm, mähise kõrgus ja samuti pikkus  $h_m = l_m = 17,5$  mm):

$$\begin{aligned} L &= 0,001w^2D/(1,12l_m/D + 1,25h/D + 0,375) \\ &= 0,001 \cdot 240^2 \cdot 50 / (1,12 \cdot 17,5/50 + 1,25 \cdot 17,5/50 + \\ &\quad + 0,375) = 2390 \text{ } \mu\text{H}. \end{aligned}$$

Juhtme kindla pikkuse korral saadakse suurima induktiivsusega pool juhul, kui  $D/h_m = 3$  ja  $l_m = h_m$ . Sellise, optimaalse kujuga pooli keerdude arv tarviliku induktiivsuse saamiseks

$$w = 35\sqrt{L/D}.$$

Eelmises näites esitatud mõõtmetega pool on peaaegu optimaalse kujuga. Siis nt. induktiivsuse  $L = 2390 \text{ } \mu\text{H}$  saamiseks vajalik keerdude arv

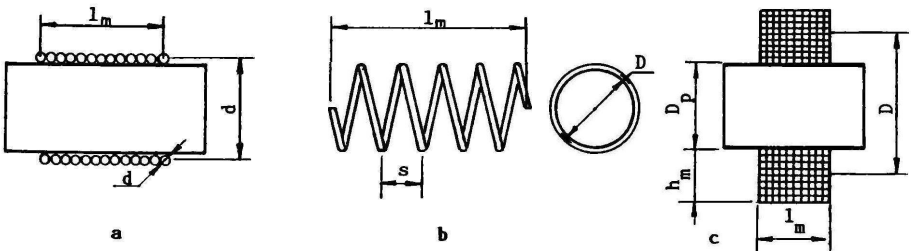
$$w = 35\sqrt{2390/50} = 242.$$

Et mähise mõõtmeid ei tea täpselt ette anda, tuleb keerdude arv leida järkjärgulise lähendamise teel: arvutada orienteeriv keerdude arv mähise eeldatavate mõõtmete alusel, siis täpsustada mõõtmeid  $l_m$ ,  $h_m$  ja  $D$  ning arvutada uuesti keerdude arv  $w$ .

**8.2.4. Ringspiraalse lamepooli induktiivsus** (j.8.3 a)

$$L = 0,25k_1w^2(D_{\max} - D_{\min}) \cdot 10^{-4}.$$

Olgu trükimenetlusele valmistatud poolil  $w = 6,5$  keerdu,



J. 8.2. Poolid: a ühekihilise tihemähisega; b samm-mähisega; c mitmekihilise mähisega

suurim välisläbimõõt  $D_{\max} = 20$  mm ja vähim siseläbimõõt  $D_{\min} = 8$  mm); diagrammilt leiame, et suhtele  $20/8 = 2,5$  vastab  $k_1 = 37$ ; siis induktiivsus

$$L = 0,25 \cdot 23 \cdot 6,5^2 (20 + 8) \cdot 10^{-4} = 0,68 \mu\text{H}.$$

Nõutava induktiivsuse saamiseks vajalik keerdude arv (näites  $L = 0,4 \mu\text{H}$ ,  $D_{\max} = 18$  mm,  $D_{\min} = 10$  mm; suhtele  $18/10 = 1,8$  vastab  $k_1 = 26$ )

$$w = \frac{\sqrt{40000L / (k_1 D_{\max} + k_1 D_{\min})}}{1} \\ = \sqrt{40000 \cdot 0,4 / (26 \cdot 18 + 26 \cdot 10)} = 4,7.$$

Spiraali moodustavate poolringide tsentrite vahe

$$s_o = (D_{\max} - D_{\min}) / (4w - 2) \\ = (18 - 10) / (4 \cdot 4,7 - 2) = 0,48.$$

Võttes  $s_o = 0,5$  mm ja riba laiuks  $s_r = s_o = 0,5$  mm, saame, et ribajuhtmete vahe  $s_v = 2 \cdot 0,5 - 0,5 = 0,5$  mm.

### 8.2.5. Ruutspiraalse lamepooli induktiivsus (j.8.3 b)

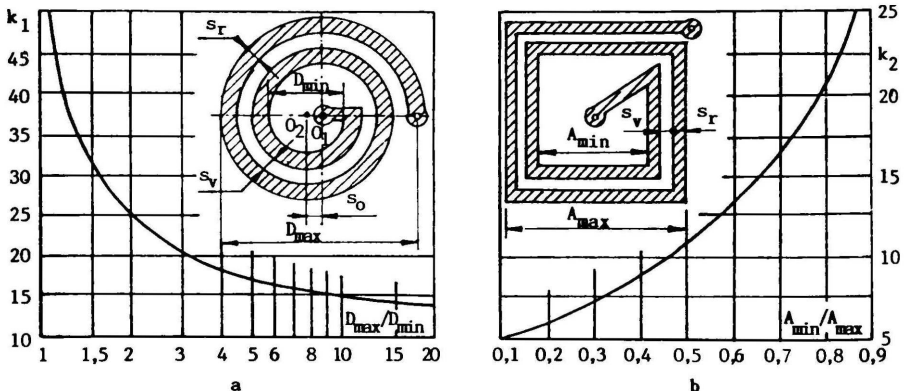
$$L = k_2 w^2 A_{\max},$$

kus  $k_2$  saadakse sise- ja välismõõtme suhte  $D_{\min}/D_{\max}$  järgi diagrammilt.

Keerdude arv (näites  $L = 0,9 \mu\text{H}$ ,  $A_{\min} = 10$  mm ja

$A_{\max} = 30$  mm, suhtele  $10/30 = 0,33$  vastab tegur  $k_2 = 8$ )

$$w = \frac{\sqrt{10000L / (k_2 A_{\max})}}{1} = \sqrt{10000 \cdot 0,9 / (8 \cdot 30)} = 6,1.$$



J.8.3. Ringspiraalse (a) ja ruutspiraalse (b) lamepooli kujutegur

Juhtmeribade laius ja vahe

$$\begin{aligned} s_r = s_v &= (A_{\max} - A_{\min}) / (4w - 2) \\ &= (30 - 10) / (4 \cdot 6 - 2) = 0,9 \text{ mm.} \end{aligned}$$

### 8.2.6. Ferriidist rõngassüdamikuga pooli induktiivsus

$$L = 4 \cdot 10^{-4} \mu w^2 H (D_1 - D_2) / (D_1 + D_2),$$

kus  $\mu$  on südamiku magnetiline läbitavus,  $w$  keerdude arv,  $H$  südamiku kõrgus mm,  $D_1$  ja  $D_2$  rõnga välis- ja siseläbimõõt mm.

Induktiivsuse  $L$  saamiseks vajalik keerdude arv (näites  $L = 150 \text{ mH} = 150 \cdot 10^3 \mu\text{H}$ , südamiku läbitavus  $\mu = 1000$  ja mõõtmised  $D_1 \times D_2 \times H = 20 \times 12 \times 6 \text{ mm}$ )

$$\begin{aligned} w &= 50 \sqrt{L (D_1 + D_2) / [\mu H (D_1 - D_2)]} \\ &= 50 \sqrt{150 \cdot 10^3 (20 + 12) / [1000 \cdot 6 (20 - 12)]} = 500. \end{aligned}$$

Juhtme suurim võimalik läbimõõt

$$d_{\max} = 0,6 D^2 / \sqrt{w} = 0,6 \cdot 12 / \sqrt{500} = 0,32 \text{ mm.}$$

Kui rõnga materjali algläbitavus pole teada, saab selle leida järgmiselt. Kerime südamikule  $w_k$  keeruga mähise, mõõdame induktiivsuse  $L_k$  ( $\mu H$ ) ja arvutame läbitavuse:

$$\mu = 2500 L_k (D_1 + D_2) / [w_k^2 H (D_1 - D_2)].$$

Nõutava induktiivsusega  $L$  pooli keerdude arvu  $w$  saab sel juhul leida läbitavust arvutamata valemiga  $w = w_k \sqrt{L / L_k}$ .

Rõngassüdamikpoolil on suur induktiivsus väikeste mõõtmete juures, kuid valmistamine ning induktiivsuse järele-reguleerimine on keerukus.

8.2.7. Ferriidist või raudkarbonüülist häälestussüdamikuga pooli induktiivsus, kui südamik on poolest saadik mähise sees,

$$L_{hs} = (1,4 \dots 2)L,$$

kus  $L$  on südamikuta pooli induktiivsus. See valem kehtib, kui mähise välisläbimõõt ei ületa ferriidsüdamiku läbimõõtu rohkem kui 2,5-kordselt ja karbonüülsüdamiku läbimõõtu 1,2-kordselt. Mähis peab olema südamikust vähemalt 10 % lühem.

Häälestussüdamikuga pooli keerdude arvu saamiseks tuleb seega südamikuta pooli keerdude arvu valemisse panna etteantust 1,4...2 korda väiksem induktiivsus.

8.2.8. Ferriidist ummissüdamikuga pooli keerdude arv induktiivsuse  $L$  saamiseks, kui südamiku välisläbimõõt on 8,6 või 11,5 mm,  $w = (6 \dots 7) \sqrt{L}$ .

Ummissüdamikku keeratud häälestussüdamikuga saab muuta pooli induktiivsust  $\pm 10\%$ .

**8.2.9. Diamagnetilise häälestussüdamikuga pool.** Diamagnetilisest metallist (vasest, alumiiniumist) häälestussüdamik vähendab pooli induktiivsust u.  $10\%$ , kui südamiku pikkuse ja läbimõõdu suhe on 3 ning mähise keskmise läbimõõdu ja südamiku läbimõõdu suhe 2; on aga viimane suhe 1,5, väheneb induktiivsus  $15\%$ .

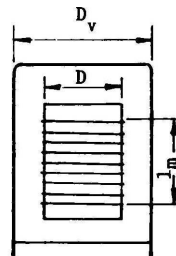
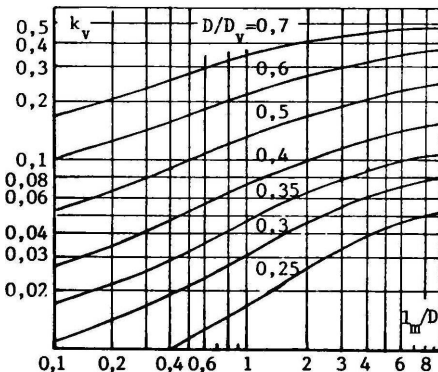
Diamagnetsüdamik vähendab oluliselt pooli hüvetegurit: kui induktiivsus väheneb südamiku mõjul  $8\%$ , väheneb hüvetegur  $20\%$ , induktiivsuse  $12\%$  langusele vastab hüveteguri  $40\%$  halvenemine.

#### 8.2.10. Varjestatud pooli induktiivsus (j.8.4)

$$L_v = L(1 - k_v),$$

kus  $L$  on varjestamata pooli induktiivsus ja  $k_v$  varjetegur, mille leiame suhete  $l_m/D$  ja  $D/D_v$  järgi diagrammilt. Kui varje ristlõige on ruut külje  $v$  pikkusega  $A$ , kasutatakse ekvivalentset läbimõõtu  $D = 1,2A$ . Seega vähendab varje pooli induktiivsust

Leiame jaotises 8.2.2 esitatud andmetega ( $D = 10,4$  mm,  $l_m = 20$  mm,  $L = 11 \mu\text{H}$ ,  $w = 50$ ) ühekihilise pooli induktiivsuse, kui see on paigutatud varjesse, mille  $D_v = 20$  mm. Siis  $l_m/D = 20/10,4 = 1,92$  ja  $D/D_v = 10,4/20 = 0,52$ , millele vastavalt  $k_v = 0,19$ . Niisiis pooli induktiivsus varjestatult  $L_v = 11(1 - 0,19) = 8,9 \mu\text{H}$ .



J.8.4. Pooli varjeteguri  $k_v$  sõltuvus mähise ja varje mõõtmete vahekorradest

Selleks et pooli induktiivsus varjestatult oleks 11  $\mu\text{H}$ , peab tal olema  $w' = w\sqrt{1/(1 - k_v)} = 50\sqrt{1/(1 - 0,19)} = 56$  keerdu.

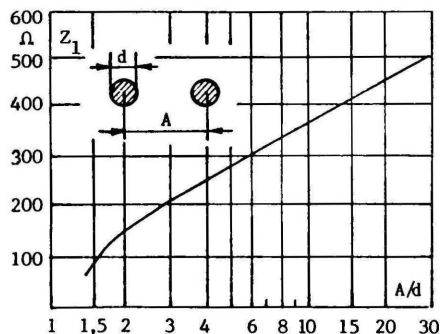
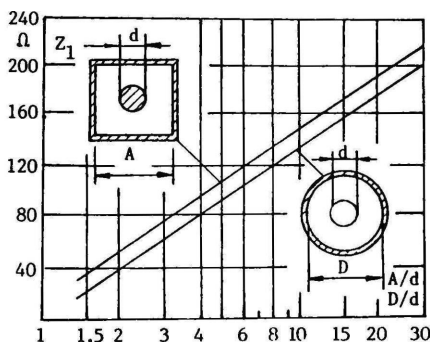
Varje suurendab pooli kõrgsagedustakistust, vähendades järelikult hüvetegurit. Et pöörisvoolukadu ei suureneks rohkem kui 10 %, peab varje läbimõõt olema väh. 1,5 korda suurem pooli läbimõõdust ja varje kaugus mähise otsast väh. võrdne mähise läbimõõduga. Varjestustops valmistatakse alumiinium- või vaskplekist. Varjepleki paksus peab sõltuvalt sagedusest olema vähemalt järgmine:

Sagedus MHz	0,1	1	10	100
Vaskpleki paksus mm	1,0	0,3	0,10	0,03
Alumiiniumpleki paksus mm	1,3	0,4	0,13	0,04

Et pooli magnetväli ei ulatu oluliselt kaugemale pooli 5-kordsest läbimõõdust, ei vaja väikesed ( $D < 5$  mm) poolid enamasti varjestamist.

### 8.3. DETSIMETERLAINERESONAATORID

Dm-lainetel kasutatakse pooli asemel kahest rööbitisest elektrijuhist koosneva liini lõiku – resonantsliini. Nimelt avaldab niisugune ühest otsast lühistatud liinilõik lahtises otsas induktiivtakistust. Seega võib liinilõiku vaadelda ühe keeruga poolina. Kui ühendada liinilõigu lahtisse otsa kondensaator, saadakse võnkering, mida nimetatakse resonaatoriks. Kondensaatori mahtuvus valitakse selline, et tema mahtuvustakistus etteantud sagedusel võrduks liinilõigu induktiivtakistusega. Kondensaator võib ka puududa, kui resonantsi saavutamiseks piisab liinilõigu omamahtuvusest.



#### J.8.5. Liinide lainetakistus sõltuvalt ristlõike mõõtmete suhtest

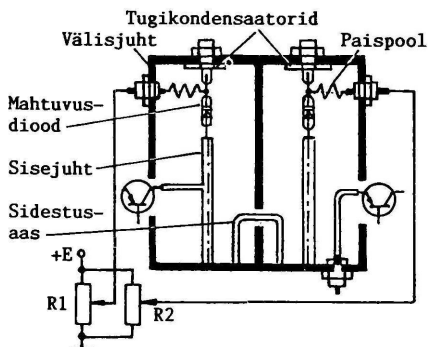
Kasutatakse koaksiaalseid, ristkülikulisi ja sümmeetrilisi resonatoreid (j.8.5). Sümmeetriline resonator, mis koosneb kahest ühesuguse ristlõikega rööbitisest juhust, on kasutatav lainepikkustel üle 60 cm (lühematel lainetel osutuks hüvetegur liiga väikeseks). Koaksiaal- ja ristkülikresonaatoril ümbritseb sisejuhti vastavalt silindriline või ristkülikuline välisjuht; selleks võib olla ka seadme šassii.

Detsimeeterlaineresonaatori põhiparameetrid on resonatoris kasutatava liinilõigu lainetakistus ja hüvetegur.

Liini lainetakistus, s.o. liinis kulgeva laine pinge ja voolu suhe,  $Z_1 = L/C$  ( $L$  ja  $C$  on liini hajuinduktiivsus ja -mahtvus) oleneb liini kujust ja mõõtmetest (vt. j.8.5).

Liini hüvetegur  $Q = 2\pi Z_1 / (\lambda R_1)$ , kus  $Z_1$  on lainetakistus  $\Omega$ ,  $\lambda$  lainepikkus  $m$  ja  $R_1$  efi-kaotakistus  $\Omega/m$ ; nt. sümmeetrilisel liinil  $R_1(s) = 1/3/(d\sqrt{\lambda})$ , kus  $d$  on juhtme läbimõõt  $mm$ . Hüvetegur on suurim, kui sümmeetrilisel liinil  $A/d = 3$  ja koaksiaalliinil  $D/d = 3,6$ .

Resonaatorisse signaali sisestamiseks või temast energia juhtimiseks koormusele rakendatakse induktiivsidestust sidestusaasa vahendusel, mis paikneb resonatori lühistatud otsa juures (j.8.6), mahtuvussidestust resonatorisse küljelt sisestatud sidestusvarda abil või vahetat ühendust, mispuhul kaabli keskmine juhe või transistoriga viik ühendatase kokku resonatori sisejuhtiga; sidestus on seejuures seda tugevam, mida kaugemal resonatori lühistatud otsast ühendus tehakse. Kaabli ja resonatori välisjuhtmed ühendatakse vahetult kokku kõigi sidestusviiside korral. Resonantsliini lõikude omavaheline sidestus toimub ristkülikresonaatorite korral sidestusaasaga või resonatorite vaheseinas oleva pilu kaudu. Resonatoreid häällestatakse mahtvusdiodidega.



J.8.6. Sidestatud resonatorite näide (teleri dm-laineploki ribafilter)

## 8.4. ELEKTROMEHAANILISTE MUUNDURITEGA FILTRID

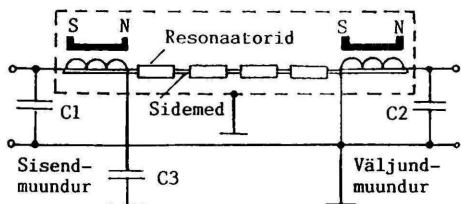
LC-võnkeringidega selektiivlülituste asemel kasutatakse laialt kompaktsaid elektromehaanilise muunduriga filtreid. Sellises filtris muundub elektriline sisendsignaal mingi resonaatori mehaaniliseks võnkumiseks. Resonaator ongi selektiivelement, mis hakkab piisavalt suure amplituudiga võnkuma siis, kui signaalisagedus võrdub tema mehaanilise resonantsi sagedusega. Need resonaatori võnked muundatakse resonaatori väljundosas tagasi elektrivõngeteks. Seega on filtri sisend ja väljund elektriline, kuigi filtri sees toimuvad mehaanilised nähtused, mis määravad tema resonantsisageduse ja sagedustunnusjoone kuju.

Elektromehaanilise muunduri liigi järgi saab eristada magnetroktsioon- ja piesoelektrilisi filtreid.

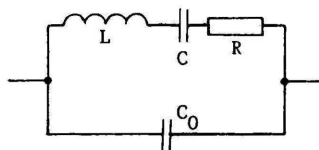
**8.4.1. Magnetroktsioonfilter** koosneb sisendmuundurist, mis muundab elektrivõnked sama sagedusega mehaanilisteks võngeteks, erisulamist valmistatud mehaanilistest resonatoritest, resonatorite sidemetest ja mehaanoelektrilisest väljundmuundurist (j.8.7).

Sisendmuunduri talitus põhineb magnetroktsiooni nähtusel: ferromagnetilisest materjalist varda pikkus muutub magnetvälja mõjul. Sisendmähist läbiva vahelduvvoolu tekitatud muutuva magnetvälja mõjul hakkab eel-magneedit ferriitvarras võnkuma ergutava välja sagedusega. Väljundmuundur rakendatakse vastupidist nähtust, s.o. varda magneetumuse muutumist tema deformeermisel. Magnetroktsioonifiltreid saab valmistada sagedustele sadadest hertsidest mitme megahertsini.

**8.4.2. Piesoelektrilises filtris** täidab nii elektromehaaniliste muundurite kui ka mehaanilise resonaatori ülesannet üks element – piesoresonaator. See koosneb piesokristallelemendist ja selle kahele vastasküljele pihustatud metallelektroodist.



J.8.7. Magnetroktsioonfiltri skeem



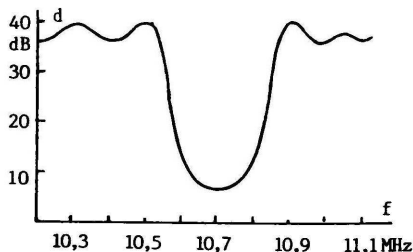
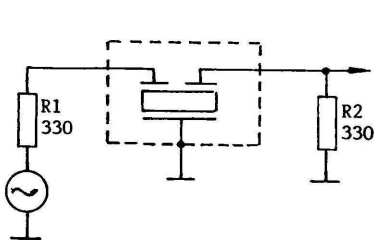
J.8.8. Piesoresonaatori aseskeem

Piesoresonaatorit võib käsitada väga suure hüveteguriga võnkeringina (j.8.8). Nimelt tekitab resonaatorile rakendatav vahelduvpinge piesoelektrilise pöördefekti tõttu kristallis mehaanilisi võnkeid, mille amplituud kasvab järsult, kui ergutava elektrivälja sagedus saab võrdseks piesoelemendi mõõtmatega määratud omasagedusega. Mehaaniliste võngete mõjul tekivad elemendis piesoelektrilise efekti tõttu omakorda elektrilaengud, mis hakkavad vastu toimima ergutavale elektriväljale. See vastutoime on ekvivalentne LC-jadavõnkeringi toimega. Niisuguse võnkeringi induktiivsus  $L$  ulatub millihenridest (kõrgetel sagedustel) tuhandete henrideni ja  $C$  sajandikest pikofaraditest mõnekümne pikofaradini;  $R$  on kõrgsagedustel sadades oomides, parasiitne rööpmahtuvus  $C_0$  kuni mõnikümne pikofaradit.

Piesoelektrilised filtrid jagunevad kasutatava piesomaterjali järgi kvartsresonaatoreiks ja piesokeraamilisteks filtriteks.

**8.4.3. Kvartsresonaatori e. kvartsfiltri piesoelemendi** on kvartskristallist teatud kindla nurga all väljalõigatud plaat. Resonaatori töösagedus, s.o. ekvivalentse LC-võnkeringi jadaresonantsi sagedus võib olla mõnest kilohertsist mitmesaja megahertsini; hüvetegur  $Q = 2\pi fL/R$  ulatub kümnetesse tuhandetesse. Sageduse ajaline ebastabiilsus on suurim esimesel aastal pärast valmistamist: töösageduse  $f_t$  suhteline muutus  $\Delta f/f_t = 10^{-5} \dots 10^{-6}$ ; järgmistel aastatel on ebastabiilsus suurusjärgu võrra väiksem. Elektronkellades kasutatakse eriti miniatuurseid, nn. mikrokvartsresonaatoreid.

**8.4.4. Piesokeraamilised filtrid** on kvartsresonaatoreist palju odavamad, kuid väiksema hüveteguriga (300... ..1200) ja vähemstabiilsed. Tarviliku pääsuriba saamiseks koostatakse filtrid mitmest resonaatorist. Neid filtreid kasutatakse nt. raadiovastuvõtjate vahesagedusvõimendeis.

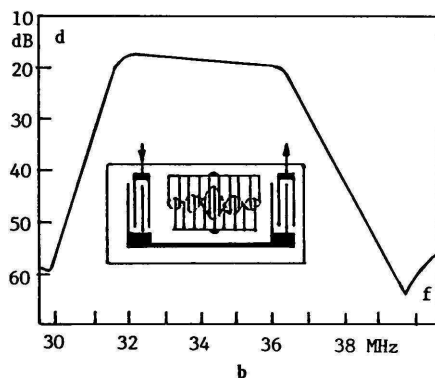
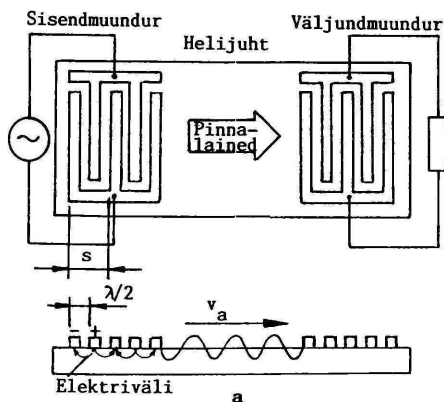


J.8.9. Piesokeraamilise filtri ühendamis skeem ja sumbekõver

## 8.5. AKUSTOELEKTROONILISED FILTRID JA VIITLIINID

**8.5.1. Akustoelektroonilise filtri talitus** põhineb elektromehaaniliste piesomuundurite ja mehaaniliste pinnalainete e. elastsuslainete koostoimel. Et mingis keskkonnas leviv mehaaniline võnkumine on heli (sh. ultraheli alates sagedusest 20 kHz), mis kuulub akustika valdkonda, siis on tahke aine õhukeses, u. lainepikkusepaksuses pinnakihis kulgevaid elastsuslaineid, nn. Rayleigh' laineid hakatud nimetama akustilisteks pinnalaineteks. (Akustiliste võnkumistega on tegemist ka kvartsresonaatoreis jt. elektromehaanilistes filtrites, ent neis levivad lained heli juhtiva materjali sees, s.t. akustiliste ruumilainetena).

Akustoelektroonilise filtri (j.8.10) põhiosad on piesoelektriline sisend- ja väljundmuundur, millest esimene muundab elektrivõnkumised akustilisteks pinnalaineteks ja teine need tagasi elektrisignaali (samade füüsikaliste nähtuste alusel kui eelkirjeldatud piesoelektrilises filtris), ning helijuht – piesoelektrilisest materjalist õhuke plaat, mida mööda levivad akustilised pinnalained ja mis on ühtlasi piesomuundurite koostisosa. Heli juht on välja lõigatud piesokvartsi, liitiumiobiadi vm. piesomaterjali kristallist; plaadi pealispind on lihvitud ja poleeritud. Piesomuundurid koosnevad kahest kammelektroodist, mille piid paiknevad vaheliti. Metallelektroodid moodustatakse integraaltehnoloogiast tuntud planaarmenetlusel.



J.8.10. Akustoelektroonilise filtri põhimõtte (a) ja teleri vahesagedusfiltri struktuuri näide (b)

Akustilise pinnalaine seadiste elektrilised omadused on määratud muunduri elektrootide vahekauguse, pikkuse ja arvuga. Et pinnalaine levikiirus  $v = 1,5 \dots 4$  km/s, seega keskmiselt 5 suurusjärku väiksem kui elektromagnetlainel, siis vastavalt on väiksem ka võnkumise lainepikkus.

Nt. kui sagedusel 30 MHz on elektromagnetlainel pikkus vaakumis 10 m, siis akustilise pinnalaine pikkus kõigest u. 0,1 mm. Vaadeldav piesomuundur on selektiivne nende võnkumiste suhtes, mille lainepikkus võrdub elektrootisammuga s. Sellele vastaval sagedusel muundub elektriline signaal akustiliseks kõige efektiivsemalt. Filtri pääsuriba kujuneb seda kitsam, mida suurem on muunduri elektrootide arv. Pääsuriba kesksagedus  $f_0 = v/s$  ja vaadeldud näite andmeil samm  $s = \lambda = 0,1$  mm. Töösageduse piiri, u. 1 GHz, määrab materjalide piirsagedus.

Nõutava kujuga sagedustunnusjoone saamiseks kasutatakse muutuvat elektrootisammu ja elektrootipiide haardeulatust vastavalt matemaatilistele seaduspärasustele.

Akustilist filtrit kasutatakse nt. teleri vahesagedusvõimendis (j.8.10 b), kus asendab 8...12 LC-võnkeringist koosnevat koondselektiivfiltrit. Akustoelektroonilisi filtreid on ka teleri sisendlülituse jaoks, samuti kasutamiseks FM-vastuvõtja vahesagedusvõimendis.

**8.5.2. Viitliin** hilistab teda läbivat signaali teatud kindla aja võrra; selle viivituse võrra toimuvad signaali muutused viitliini väljundis hiljem kui vastavad muutused sisendis. Seejuures on tähtis, et viitliini faasisagedusarakteristik oleks võimalikult lineaarne. Akustoelektrilise viitliini tööpõhimõte ja üldstruktuur on sama mis vastavatel filtritel. Selliste filtrite viivitus võib sõltuvalt muundurite vahekaugusest ja kasutatavast piesomaterjalist ulatuda 150  $\mu$ s-ni.

Suurema viivituse (kuni 2 ms) saamiseks pikendatakse muunduritevahelise teekonna pikkust (nt. kujundades selle spiraalina), kasutatakse ümardatud servadega ja kahelt poolt poleeritud pinnaga piesoplaati, mitmekordset peegeldust jm. võtteid.

---

## 9. TRAFOD

---

### 9.1. ÜLDISELOOMUSTUS

Transformaator e. trafo on elektromagnetilisel induktsoonil põhinev staatiline (liikuvosadeta) energiamuundur. Elektroonikaseadmeis kasutatakse toitetrafosid e. võrgu-trafosid vajalike toitepingete saamiseks elektrivõrgu pingest ning seejuures ka võrgu ja toidetava seadme vahelise galvaanilise (vahetu elektrilise) sidestuse katkestamiseks. Pingemuundureis on kasutusel impulsstrafod vooluimpulsside kujundamiseks ja muundamiseks.

Trafo põhiosad on ferromagnetilisest materjalist südamik ja isoleerainest poolialus vasktraadist mähistega. Mähiseid on vähemalt kaks: primaarmähis, millele rakendatakse muundatav e. transformeeritav pinge, ja sekundaarmähis, millelt võetakse vajaliku väärtusega pinge. Sageli on trafol mitu sekundaarmähist.

Toitetrafode südamikud valmistatakse elektrotehnilisest lehtterasest, nn. trafoplekist, millel on suur magnetiline läbitavus tugevas magnetväljas ja väike rauaskadu. Trafoplekk on pöörivoolukao vähendamiseks mõlemalt poolt isoleeritud laki- või oksiidikihihiga. Pleki paksus võib olla 0,1...0,35 mm (vastavalt sagedustele 1000...50 Hz). Kasutatakse külm- või kuumvaltsitud plekki; külmvaltsitud materjalil on väiksem magnetiline takistus ja rauaskadu, sest terasekristallid on orienteeritud valtsimissuunas. Tavalise külmvaltsitud lehtterase algläbitavus on kuni 500 ja soodsaim väljatihedus 1,5 teslat (T).

Südamikud koostatakse kuumvaltsitud trafoplekist stantsitud plaatidest (j.9.1 a) või külmvaltsitud trafoplekist lõigatud lindist (b,c,d). Lintsüdamiktrafo on võrdvõimsusega plaatsüdamiktrafost väiksem ja kergem, sest magnetvälja jõujooned kulgevad kogu magnetahela ulatuses piki pleki valtsimissuunda. Plaatsüdamike korral laotakse E- ja I-kujulised plaadid magnetilise takistuse vähendamiseks ülekattega. Lintsüdamike U-kujulised pooled liimitakse samal eesmärgil kokku ferromagnetilise pastaga, mille võib koostada nt. 75 osast karbonüülrauapulbrist ja 25 osast epoliimist.

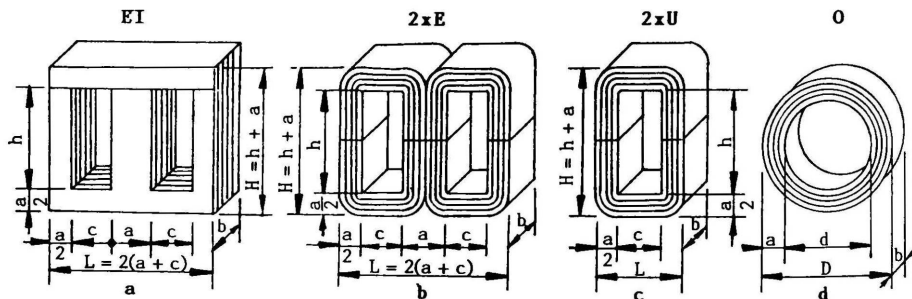
Kõrgema töösageduse korral kasutatakse südamikumaterjalina permalloid või ferriiti. Permalloid on nikli ja raua

sulam, mis võib sisaldada ka kroomi, räni, koobaltit, molübdeeni vm. Permalloi võimaldab kõrgetel sagedustel küllalt suure väljatiheduse (0,75...1,5 T), kusjuures kaod on mõõdukad; algläbitavus võib küündida 10 000-ni. Permalloileki paksus on 0,01...0,1 mm (vastavalt sagedustele 100...1 kHz). Ferriitsüdamikud on permalloisüdamikest märksa odavamad, ent neil on suurem übermagneetimiskadu ja küllastusinduktsioon sõltub tugevasti temperatuurist.

Valmistatakse hargneva (j.9.1 a,b) ja hargnematu (c,d) magnetahelaga südamikke. Esimestel, nn. mantelsüdamikel hargneb magnetahel kaheks; mähised paiknevad keskmisel sambal. Hargnematu magnetahelaga südamikud koostatakse enamasti kahest U-kujulisest poolest; kummalegi sambale paigutatakse pool primaarmähise ja pool sekundaarmähise(t)e keerde. Kasutatakse ka rõngas- e. O-südamikke; niisuguse südamikuga trafodel on eriti väike puisteväli, mistõttu nad ei vaja varjestamist, kuid mähist on tülikam kerida.

Kõige lihtsam on valmistada mantelsüdamikuga trafot, sest kõik mähised keritakse ühele poolile. Ent hargnematu südamiku korral on jahutuspeeld suurem ja ka puisteväli nõrgem, sest poolmähiste väljad on vastassuunalised.

Kui mähiseid läbib ka alalisvool, tuleb küllastuse vältimiseks luua magnetahelas õhupilu. Selleks asetatakse südamikupoolte vahele tarviliku paksusega isoleervaheleht.



J.9.1. Hargneva (a, b) ja hargnematu (c, d) magnetahelaga trafosüdamikud

## 9.2. TOITETRAFO ARVUTUS

Arvutame toitetrafo, mille primaarpinge  $U_1 = 220$  V (sagedusega 50 Hz), sekundaarpinge (efektiivväärtus)  $U_2 = 32$  V ja sekundaarvool  $I_2 = 2,8$  A; siis üheainsa sekundaarmähise korral sekundaarahelast tarbitav koguvõimsus  $P_n = 32 \cdot 2,8 = 90$  W. Kasutatakse lintmantelsüdamikku.

1. Südamiku keskmise samba vajalik ristlõige

$$A_{\text{süd}} = k_1 \sqrt{P_n} = 1 \cdot \sqrt{90} = 9,5 \text{ cm}^2,$$

kus tegur  $k_1$  on 1,3 plaatmantelsüdamiku kasutamisel ja 1,0 lintmantelsüdamikel. (Hargnematu magnetahelaga südamiku ristlõike arvutamisel võib võtta  $k_1 = 0,8$ .) Tabelist 9.2 valime südamiku 25x40, mille  $A_{\text{süd}}^1 = 10 \text{ cm}^2$ .

2. Keerdude arv mähise pinge 1 V kohta

$$w_0 = k_2 / A_{\text{süd}} = 40 / 10 = 4,$$

kus  $k_2$  on 40 lint- ja 60 plaatsüdamike korral.

3. Primaarmähise keerdude arv

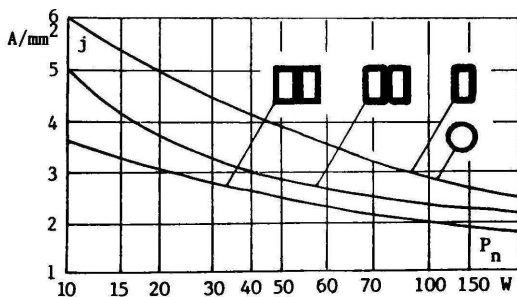
$$w_1 = 0,95 w_0 U_1 = 0,95 \cdot 4 \cdot 220 = 836;$$

siin on 0,95 trafo kadusid arvestav tegur, mida võib kasutada võimsusvahemikus 10...100 W; väiksemal võimsusel võib võtta teguriks 0,9 ja suuremal 0,97.

4. Sekundaarmähise keerdude arv

$$w_2 = 1,05 w_0 U_2 = 1,05 \cdot 4 \cdot 32 = 134,$$

kus 1,05 on samuti kadusid arvestav tegur võimsusvahemikus 10...100 W, väiksemal võimsusel võtta teguriks 1,1 ja suuremal võimsusel 1,03.



J.9.2. Suurim lubatav voolutihedus  $j$  mähisejuhtmes sõltuvalt sekundaarvõimsusest  $P_n$

5. Mähisetraadi läbimõõdu  $d$  arvutamiseks leiame lubatava voolutiheduse sõltuvalt võimsusest  $P_n = 100 \text{ W}$  ja südamiku kujust diagrammilt (j.9.2):  $j = 2,4 \text{ A/mm}^2$ . Siis

$$d = 1,13\sqrt{I_2/j} = 1,13\sqrt{2,8/2,4} = 1,2 \text{ mm.}$$

Tabelist 9.1 valime mähisetraadi  $\emptyset 1,25 \text{ mm}$ . Sama valemiga saab arvutada primaarmähise traadi läbimõõdu, lähtudes primaarvoolust.

Välises mähises võib voolutihedus olla diagrammilt leitud 20 % suurem. Nii arvatud juhe kuumeneb kuni  $50^\circ\text{C}$  üle ümbrustemperatuuri, mis võib ulatuda  $55^\circ\text{C}$ -ni.

### T.9.1. Lakkisolatsiooniga vasest mähisetraadid (IEC 182-1)

$d_n$  nimiläbimõõt;  $d_1, d_2$  vastavalt ühe- ja kahekihilise lakkisolatsiooniga traadi läbimõõt;  $R$  1 m pikkuse traadi alalisvoolutakistus

$d_n$ mm	$d_1$ mm	$d_2$ mm	$R$ $\Omega/\text{m}$	$d_n$ mm	$d_1$ mm	$d_2$ mm	$R$ $\Omega/\text{m}$
0,05	0,062	0,068	8,78	0,63	0,684	0,706	0,0553
0,063	0,078	0,085	5,53	0,71	0,767	0,790	0,0436
0,071	0,088	0,095	4,36	0,75	0,809	0,832	0,0390
0,08	0,098	0,105	3,43	0,8	0,861	0,885	0,0343
0,09	0,110	0,117	2,71	0,85	0,913	0,937	0,0304
0,1	0,121	0,129	2,19	0,9	0,965	0,990	0,0271
0,112	0,134	0,143	1,75	0,95	1,017	1,041	0,0243
0,125	0,149	0,159	1,41	1,0	1,068	1,093	0,0220
0,14	0,166	0,176	1,12	1,06	1,130	1,155	0,0195
0,16	0,189	0,199	0,858	1,12	1,192	1,217	0,0175
0,18	0,209	0,222	0,678	1,18	1,254	1,279	0,0158
0,2	0,230	0,245	0,549	1,25	1,325	1,351	0,0140
0,224	0,256	0,272	0,438	1,32	1,397	1,423	0,0126
0,25	0,284	0,301	0,351	1,4	1,479	1,506	0,0112
0,28	0,315	0,334	0,280	1,5	1,581	1,608	0,00976
0,315	0,352	0,371	0,222	1,6	1,683	1,711	0,00858
0,355	0,395	0,414	0,174	1,7	1,785	1,813	0,00760
0,4	0,442	0,462	0,137	1,8	1,888	1,916	0,00678
0,45	0,495	0,516	0,108	1,9	1,990	2,018	0,00608
0,5	0,548	0,569	0,0878	2,0	2,092	2,120	0,00549
0,56	0,611	0,632	0,0700				

Standard sisaldab lisaks siinesitatutele ka nimiläbimõõdud 0,02 0,025 0,032 0,04 ning 2,12 2,24 2,36 2,5 2,65 2,8 ja 3 mm.

**T.9.2. Mantelsüdamikud (j.9.1 a,b)**axb magnetahela ristlõige;  $A_{\text{süd}}$  südamiku pindala

Tüüp mõde axb mm	c mm	h mm	L mm	$A_{\text{süd}} = ab$ $\text{cm}^2$
4x5; x6,5; x8; x10	4	10	16	0,20; 0,26; 0,32; 0,40
5x5; x6,5; x8; x10	5	12,5	20	0,25; 0,33; 0,40; 0,50
6x6,5; x8; x10; x12,5	6	15	25	0,39; 0,48; 0,60; 0,75
8x8; x10; x12,5; x16	8	20	32	0,64; 0,80; 1,00; 1,28
10x10; x12,5; x16; x20	10	25	40	1,00; 1,25; 1,60; 2,00
12x12,5; x16; x20; x25	12	30	48	1,50; 1,92; 2,40; 3,00
16x16; x20; x25; x32	16	40	64	2,56; 3,20; 4,00; 5,12
20x20; x25; x32; x40	20	50	80	4,00; 5,00; 6,40; 8,00
25x25; x32; x40; x50	25	62,5	100	6,25; 8,00; 10,00; 12,50
32x32; x40; x50; x64	32	80	128	10,24; 12,80; 16,00; 20,48
40x40; x50; x64; x80	40	100	160	16,00; 20,00; 25,00; 32,00

**T.9.3. 2U-südamikud (j.9.1 c)**

Tüüp mõde axb-h mm	c mm	L mm	H mm	$A_{\text{süd}}$ $\text{cm}^2$
8x12,5-12,5; -16; -20; -25	10,0	26,5	29,5; 33; 37; 42	1,00
10x12,5-20; -25; -32; -40	12,5	33,0	41; 46; 53; 61	1,25
12,5x16x25; -32; -40; -50	16,0	41,5	51; 58; 66; 76	2,00
12,5x25-32; -40; -50; -60	20,0	45,5	58; 66; 76; 86	3,12
16x32-40; -50; -65; -80	25,0	57,5	73; 83; 98; 113	5,12
20x40-50; -60; -80; 100	32,0	72,6	91; 101; 121; 141	8,00
25x50-65; -80; 100; 120	40,0	90,6	116; 131; 151; 172	12,50
32x64-80; -100; -160; -160	50,0	115,0	144; 164; 194; 224	20,50
40x80-100; -120; -160; -200	64,0	125,0	180; 200; 240; 280	32,00

**T.9.4. Rõngassüdamikud (j.9.1 d)**

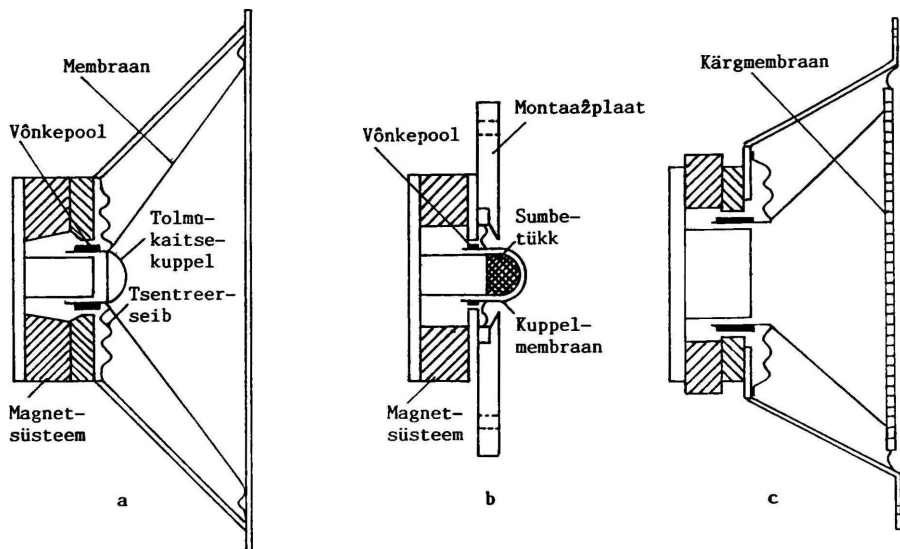
Tüüp mõde d/D-b mm	a mm	$A_{\text{süd}}$ $\text{cm}^2$
10/16-4; -5; -6,5; -8	3,0	0,12; 0,15; 0,20; 0,24
12/20-5; -6,5; -8; 10	4,0	0,20; 0,26; 0,32; 0,40
16/26-6,5; -8; -10; -12,5	5,0	0,33; 0,40; 0,50; 0,63
20/32-8; -10; -12,5; -16	6,0	0,48; 0,60; 0,75; 0,96
25/40-10; -12,5; -16; -20	7,5	0,75; 0,94; 1,20; 1,50
32/50-16; -20; -25; -32	9,0	1,40; 1,80; 2,30; 2,90
40/64-20; -25; -32; -40	12,0	2,40; 3,00; 3,80; 4,80
50/80-25; -32; -40; -50	15,0	3,80; 4,80; 6,00; 7,50

## 10. ELEKTROAKUSTIKASEADISED

### 10.1. VALJUHÄÄLDID

**10.1.1. Põhimõte ja ehitus.** Valjuhääldi on elektroakustiline muundur helisageduslike elektrivõngete muundamiseks nendega analoogilisteks helilaineteks. Selleks kasutatakse valdavalt elektrodünaamilist muundurit, mille talitlus põhineb nähtusel, et magnetväljas asuvale juhtmele mõjub juhet läbiva vooluga võrdeline jõud.

Levinuim on võnkepooliga e. dünaamiline valjuhääldi (j.10.1), milles juhe on mähitud ja liimiga kinnitatud silindrilisele poolialusele (harilikult kahes kihis). Võnkepool paikneb magnetsüsteemi rõngakujulises õhupilus. Pooli hoiab pilu keskel kontsentriselt lainestatud elastne tsentreeriseib, nii et pool saab telje sihis liikuda. Võnkepooli külge kinnitub heli kiirgava osana koonuse- või kuplikujuline membraan.



J.10.1. Koonus- (a), kuppel- (b) ja lamemembraan- (c) valjuhääldi

Koonusmembraan on harilikult pressitud kiudmaterjalist ja tema lainestatud välisserv on liimitud valjuhääldi osi ühendava metall- (harvemini plast-) korpuse e. korvi külge. Võimsatel valjuhäälditel kinnitub membraan korvi külge elastse kummist, plastist vm. materjalist manseti vahendusel, võimaldades liikuvall süsteemil võnkuda suure amplituudiga. Koonuse keskosa katab sfääriline või tasapinnaline tolmukaitse, mis ühtlasi jäigastab membraani keskosa ja tõkestab õhu läbipääsu. Sagedusala avardamiseks kõrgete sageduste suunas võib peakoonuse keskele olla liimitud väike lisakoonus. Võnkepooli otsad on painduvmetete abil ühendatud korvi küljes olevate klemmidega. Ühe klemmi juures on polarsust tähistav märgis, mis võimaldab valjuhääldi ühendada õiges faasis.

Kõrgetel helisagedustel, mil heli lainepikkus on samas suurusjärgus membraani läbimõõduga, kiirgaks koonusmembraan liiga kitsalt suunatuna. Seepärast valmistatakse selleks otstarbeks kasutatavate valjuhääldite membraan kuplikujulisena. Niisugune kuppelmembraan on võnkepooli läbimõõduga (j.10.1 b) või sellest vaid veidi suurem; kupli all olev ruum võib olla täidetud omaresonantse summutava materjaliga. Valjuhääldi korpuseks on sel juhul montaažplaat. Kuppelvaljuhääldi valmistatakse ka keskmistele helisagedustele; sel juhul on võnkepool suure, kuni 80mm läbimõõduga.

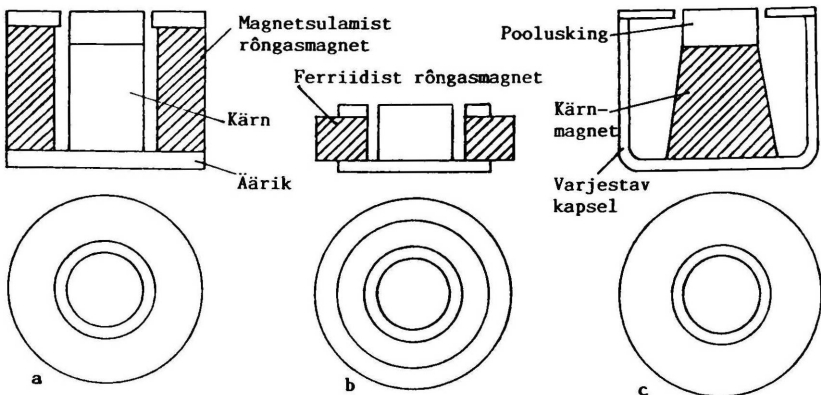
Hi-Fi-kõlareis kasutatakse madalate sageduste jaoks ka lamemembraaniga valjuhääldi (j.10.1 c), mille sageduskäik on ühtlasem kui koonusvaljuhääldil tänu sellele, et membraan võngub ühtse tervikuna. Niisugune membraan koosneb mitme eri materjali kokkuliimitud kihist, nii et saavutatakse tarvilik jäikus väikese massi juures. Võnkumise kannab poolilt membraanile kerge metallkoonus. Lamemembraani eriliik on kärpmembraan, millel 0,05 mm paksuste alumiiniumlehtede vahel on 0,1mm fooliumi ribadest kärjekujuliselt kokkuliimitud jäigastuskiht.

Valjuhääldisse juhitud energiast muundub helienergiaks kuni 1 %, ülejäänud osa hajub võnkepoolis soojusena; selle mõjul tõuseb pooli temperatuur juba kümnetesse vattidesse ulatuval võimsusel üle 100 °C (eelkõige võimsates madalsagedushääldites). Temperatuuri saab alandada võnkepooli mõõtmete suurendamisega, kuid ka võnkepoolist eralduva soojust ärajuhtimise teel. Selleks rakendatakse meetmete seas on üks tõhusamaid magnetvedelike kasutamine. Magnetvedelikuks on nt. ferromagnetilise aine osakeste õlispensioon. Oma magnetiliste omaduste tõttu püsib selline vedelik hästi õhupilus, parandades valjuhääldi termostabiilsust ja summutades ühtlasi parasitvõnkumisi.

Valjuhääldi magnetiring (j.10.2) koosneb magnetvälja tekitavast püsिमagnetist ja magnetringi loomiseks vajalikest pehmemagnetmaterjalist valmistatud magnetjuhtivatest detailidest (ikkest), milleks on kettakujulised äärikud, rõngasmagneti korral kärn (magnetahela silindrivõi tüvikoonusekujuline keskosa) ja poolusking (kärnmagneti ülaosas). Kõige rohkem kasutatakse püsिमagnetina ferriidist rõngasmagnetit selle odavuse tõttu. Heade magnetiliste omadustega on ka spetsiaalsetest magnetsulamitest valatud püsिमagnetid, mis on magnetringis rõnga või kärnina. Rõngasmagnetiga valjuhääldite magnetil on suur puisteväli, seepärast saab neid kasutada ainult eraldi asuvates kõlarites. Teleritesse, makkidesse ja raadiotesse sisseehitamiseks sobivad üksnes kärnmagneti ja seda ümbritseva varjestava kapsliga valjuhääldid.

Eriti kvaliteetsete kõlarite jaoks toodetakse kaheribalisi koaksiaalseid valjuhääldeid, milles kõrgeid helisagedusi taasesitav osa paikneb madalsagedusliku osa sees, kusjuures kummalgi osal on ühises magnetsüsteemis oma õhupilu ja võnkesüsteem. Kõrged sagedused (kuni 20 kHz) kiirguvad kärnis oleva ruuporava kaudu.

Mittedünaamilistest valjuhääldest leiab teatavat rakendust elektrostaatiline e. kondensaatorsüsteem, mille talitlus põhineb erinimelisi elektrilaenguid kandvate kehade omadusel tõmbuda. Helikiirguriks on metallitatud kile, mis asetseb kahe mulgustatud metallplaadi vahel.



J.10.2. Rõngasmagnetiga (a, b) ja kärnmagnetiga (c) magnetsüsteem

Membraani ja elektroodide vahele rakendatakse kõrge, u. 1000V polarisatsioonialalispinge ja elektroodide vahele pingekõrgendustrafo kaudu signaalipinge. Neid valjuhääldeid kasutatakse peamiselt keskmistel helisagedustel, kus mittelineaarmoonutus on väga väike.

Mõningal määral on kasutusel, peamiselt signaaltooni allikana mitmesugustes aparatuurides, piesokeraamilised valjuhääldid, milles helitekitajaks on piesoelement koos selle külge kinnituva väikese membraaniga.

**10.1.2. Parameetrid.** IEC soovitude kohaselt iseloomustatakse valjuhääldeid järgmiste parameetritega.

Maksimaalne müravõimsus on suurim võimsus, mida valjuhääldi võib kahjustumata kestvalt taluda tegeliku helisignaali korral. Selle võimsuse määramisel rakendatakse valjuhääldile ettenähtud sagedusalas roosa müra signaal 100 tunni kestel, kusjuures mürasignaal oma spektraalselt koostiselt kajastab tüüpiliste muusikasignaalide sagedusjaotust. (Maksimaalse müravõimsusega on võrdne GOST-i passivõimsus).

Maksimaalne siinusvõimsus on suurim siinusignaali võimsus, mida valjuhääldi talub 1 tunni kestel, ilma et seejärel oleks kuulda valjuhääldi klirisemist, s.t. müra, mis tekib võnkepooli hõõrdumisest magnetsüsteemi osade vastu. See võimsus moodustab maksimaalsest müravõimsusest sõltuvalt tüübist 30...60 %.

Maksimaalne lühiajaline võimsus on suurim roosa müra signaali võimsus, mida valjuhääldi talub 2 sekundi kestel, ilma et ta klirisema hakkaks. See võimsus on maksimaalsest müravõimsusest 2...4 korda suurem ning iseloomustab valjuhääldi võimet taluda tugevaid pingemuksu, mis tekivad nt. võimendi ja signaaliallikate sisse- ning ümberlülitamisel. Impulsitaluvust väljendab samuti muusikavõimsus, mille mõõtmisel DIN-standardi kohaselt rakendatakse valjuhääldile kuni 2-sekundiste löikudena siinussignaali sagedusega 250 Hz ja vähem. Muusikavõimsus on väärtuselt lähedane maksimaalsele lühiajalisele võimsusele.

Valjuhääldeid on iseloomustatud ka nimivõimsusega, mis on suurim valjuhääldisse juhitud siinussignaali võimsus, mille puhul mittelineaarmoonutus ei ületa etteantud piire. IEC normid määravad laiatarbeaparatuuri kõlari mittelineaarmoonutuse piiriks helirõhu tasemel 90 dB 2 % sagedusalas 250...1000 Hz ja 1 % alas 2...6,3 kHz; Hi-Fi seadmete kõlareil tasemel 94 dB 2 % sageduseni 250 Hz langusega 1 %-ni sagedusel 1000 Hz ja 1 % üle 1000 Hz.

Keskmine helirõhk on kindlas sagedusalas tekitatava helirõhu efektiivväärtus. Helirõhu taset arvestatakse kuuldelävele vastava nulltaseme 0,00002 Pa suhtes.

Karakteristlik tundlikkus e. tunnustundlikkus on keskmine helirõhk  $p_k$  valjuhääldi töoteljel 1 m kaugusel, kui signaali võimsus on 1 W. Karakteristliku tundlikkuse taset arvestatakse samuti nulltaseme suhtes:

$$S = 20 \lg(p_k/0,00002) \text{ dB.}$$

Lahtises kõlaris paikneval valjuhääldil on tundlikkuse tase vähemalt 90 dB, muudes kõlarites avar- ja madalribahäldeil vähemalt 85 dB, kesk- ja kõrgribahäldeil 88 dB.)

Sageduskarakteristik väljendab tunnusjoonena (j.10.3) või arvuliselt valjuhääldi poolt telje sihis teatud kaugusel (nt. 1 m) arendatava helirõhu taseme sagedussõltuvust püsival sisendpingel.

Talitlussagedusala on sageduspiirkond, mille alumisel ja ülemisel piiril on valjuhääldi teljesihiline helirõhk kahanenud etteantud väärtuse võrra (nt. madal- ja kõrgribahäldeil 14 dB ning keskribahäldeil 10 dB) allapoole sageduskarakteristiku kõige kõrgemast tingnivoost (tingnivooks loetakse sagedustunnusjoone keskmine tase ühe oktaavi ulatuses). Talitlussagedusala järgi liigitatakse valjuhääldid järgmiselt:

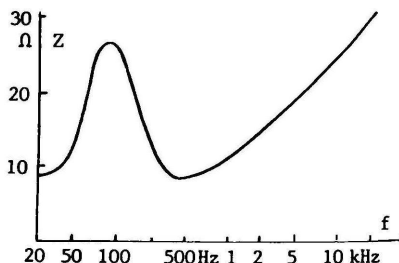
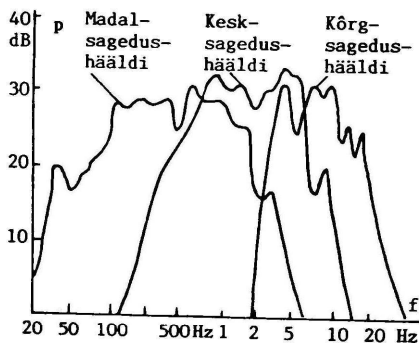
avarribahääldid (50...1000) Hz ... (16...20) kHz;

madalribahääldid (20...40) ... (500...1000) Hz;

keskribahääldid (300...500) Hz ... (5...8) kHz;

kõrgribahääldid (1...5) ... (16...30) kHz.

Näivtakistus e. sisendtakistus on võnkepooli klemmi- pinge ja pooli läbiva voolu jagatis; selle väärtus sõltub võnkepooli aktiivtakistusest, induktiivsusest ja ekvivalentsest takistusest, mis kandub elektriahelasse valju-



J.10.3. Valjuhääldite sagedus-tunnusjooni

J.10.4. Valjuhääldi näivtakistuse sagedussõltuvuse näide

hääldi mehaanilisest võnkesüsteemist. Näivtakistus on suurim võnkesüsteemi resonantsisagedusel (j.10.4).

Nimitakistus on aktiivtakistus, millega asendatakse valjuhääldi takistus temale rakendatava võimsuse määramisel. See takistus võib kuni 20 % erineva näivtakistuse väikseimast väärtusest, mis esineb resonantsisagedusest kõrgemal sagedusel. Nimitakistus on enamasti 4 või 8 oomi, kõrgribahääldeil ka rohkem.

**10.1.3. Kuularid** (kõrvaklapid) on kõrvadele või kuulmekäiku asetatavad miniatuursed väljuhääldid. Nagu kõlari-valjuhääldeis, on ka siin üldlevinud võnkepooliga elektroakustiline muundur. Teatavat kasutamist leiab ka iso- e. ortodünaamiline süsteem, kus püsomagnetite väljas paikneb tasapinnalisele kileembraanile trükitud võnkepool.

Kuularid on kas kinnised, mis ümbritsevad tihedalt kogu väliskõrva, või lahtised, mida vetruv sang surub padjandi vahendusel kergelt vastu kõrva või mis asetatakse kuulmekäiku. Lahtiste kuularite kapslitel on üldiselt ka välisküljel avad, mistõttu kuulaja pole ümbritsevast heliväljast eraldatud.

Kvaliteetsetel kuularitel on avar sagedusala (nt. 10 Hz kuni 25 kHz), väike lineaarmoonutus (sageduskäigu ebaühtlus alas 0,2...10 kHz alla 2 %), väike mittelineaarmoonutus (alla 1 %), kõrge tundlikkuse tase (vahemikus 94...106 dB) väikese võimsustarbe juures (u. 1 mW). Koorimatavus, s.o. suurim lubatav võimsus, ulatub 0,1...0,5 vatini. Nimitakistus võib olla vahemikus 16...400 oomi.

Toodetakse ka ühendusjuhtmeteta kuulareid, mis saavad signaali infrapunakiirguse vahendusel muusikakeskuse või mendi väljundpessa ühendatud saatjalt. Vastuvõtja koos toitepatareiga asub kuulareis. Vastuvõtkaugus ulatub 10 meetrini.

**10.1.4. Elektrodünaamiliste valjuhääldite andmed.** Kodu-elektroonikaseadmete kinnistes ja inverterkõlarites kasutatavate madal-, kesk- ja kõrgribahääldite näiteid esitab tabel 10.1.

Valjuhääldeid toodavad Accusto-Pro, Cerwin-Vega, Dynaudio, Infinity, IBL, IL-Audio, Lanzar, Macrom, Monacor, Peerless, Richard Allan, Rockford Fosgate, Sound-stream ja paljud muud firmad.

Kõlaritootjaist on tuntumad B&W, Celestion, Tannoy, KEF, Mission, Wharfedale (Suurbritannia), Audax (Prantsusmaa), Visaton (Saksamaa), Philips (Holland), Nat. Panasonic, Yamaha, Pioneer, Technics, Sony, Onkyo (Jaapan). Acoustic Research, JBL (USA). Iga firma mudelite arv ulatub tavaliselt sadadesse.

## T.10.1. Valjuhääldid mitmeribakõlareile

$P_{\max}$  maksimaalne müravõimsus;  $f_{\min} \dots f_{\max}$  talitlussagedusala;

$R_n$  nimitakistus; S karakteristikliku tundlikkuse tase

Tüüp	Firma (Endine tähis)	$P_{\max}$ W	$f_{\min} \dots f_{\max}$ kHz	$R_n$ $\Omega$	S dB	Mõõtmed mm
------	----------------------------	-----------------	----------------------------------	-------------------	---------	---------------

Madalribahääldid

MND-2137R	Audax	50	0,027...2		87	Ø210
HD-30P45	Audax	90	0,017...2		95	Ø300
AD-10252/W6	Philips	100	0,027...1	6	90	Ø258x119
AD-12252/W8	Philips	100	0,027...2	8	91	Ø311x120
G15-100CE	Celestion	100	0,035...6		92	Ø391
G15-150CE	Celestion	150	0,035...5		92	Ø391
2235-H	JBL	150	0,032...2		94	Ø380
2225-H	JBL	200	0,030...2		97	Ø380
PR 383100	Electro- Voice	200	0,030...1		96	Ø380
10ГДН-1	(6ГД-6)	10	0,063...5	4	84	Ø125x80
15ГДН-2	(15ГД-13)	15	0,100...1	4	81	Ø100x70
20ГДН-1	(10ГД-30Б)	20	0,063...5	8	86	Ø200x92
25ГДН-1	(10ГД-34)	25	0,063...5	4	84	Ø125x76
25ГДН-2	(15ГД-18)	25	0,080...3,15	4	81	Ø125x76
25ГДН-3	(15ГД-14)	25	0,063...5	4/8	84	Ø125x76
35ГДН-1	(25ГД-26)	35	0,040...5	4/8	86	Ø200x97
50ГДН-1	(35ГД-1)	50	0,032...4	8	85	Ø200x100
50ГДН-3	(25ГД-41)	50	0,032...2	8	85	Ø250x120
75ГДН-1	(30ГД-2)	75	0,032...1	4/8	87	Ø250x125
75ГДН-2	(35ГД-2)	75	0,032...5	8	88	Ø250x120
75ГДН-6	(30ГД-6)	75	0,032...1	4	88	Ø250x124
75ГДН-01	(Электроника)	75	0,032...1	8	87	Ø320x175
100ГДН-3	(75ГД-1)	100	0,032...1	8	90	Ø315x190

Keskribahääldid

AD-02170/Sq	Philips	25	0,750...5	8	91	134x134x88
AD-02150/Sq	Philips	30	0,550...5	8	90	134x134x98
EA-12PM150S	Panasonic	30	0,700...8	8	94	Ø118x57
HD13D-37	Audax	50	0,700...6	8	90	Ø130x130
MHD-12P25FSM	Audax	50	0,200...10	8	94	Ø120
D050N24	Foster	50	1,200...8	8	92	Ø50
DM115NG	Visaton	70	0,480...18	8	90	106x106x32
MRS-13	Visaton	70	0,250...14	8	90	Ø118x75
EA-10PM201SB	Panasonic	90	0,100...7	8	88	90x40x15
EA-12PM212SB	Panasonic	100	0,500...8	8	89	90x40x13

Tüüp	Firma (Endine tähis)	$P_{\max}$ W	$f_{\min} \dots f_{\max}$ kHz	$R_n$ $\Omega$	S dB	Mõõtmed mm
20ГДС-01 (Электроника)		20	0,315...6,3	8	89	170x170x140
20ГДС-1	(15ГД-11А)	20	0,200...5	8	90	Ø125x74
20ГДС-4	(15ГД-11)	20	0,200...5	8	89	Ø125x74
20ГДС-2	(20ГД-1)	20	0,630...8	8	88	140x140x45
25ГДС-1	(25ГД-43)	25	0,400...8	8	92	Ø170x50
30ГДС-1	(30-ГД-Н)	30	0,250...8,3	8	92	Ø125x65

Kõrgribahääldid

AD01700/T8	Philips	20	2...20	8	89	Ø54x20
EA-65PH29	Panasonic	25	3...19	8	91	37x22x5
AD11430/T	Philips	35	1...20	8	88	Ø82x40
DT8-12	Visaton	40	1,5...25	8	90	75x115x24
T-74A	Audax	40	3...20	8	91	
HD100D25	Audax	50	1...18	8	89	Ø100x100
1ГДВ-1	(1ГД-56)	1	6,3...16	8	88	40x40x29
4ГДВ-1	(3ГД-47)	4	2...20	8	91	65x65x44
5ГДВ-1	(3ГД-31)	5	3...20	8	90	Ø100x48
6ГДВ-1	(3ГД-2)	6	5...18	16	92	63x63x31
6ГДВ-2	(4ГД-56)	6	3...20	8	90	Ø50x80
6ГДВ-4	(6ГД-13)	6	3...25	8	92	100x100x45
10ГДВ-1	(10ГД-20)	10	5...30	8	92	110x110x44
10ГДВ-2	(10ГД-35)	10	5...25	16	92	100x100x35
10ГДВ-4		10	5...25	16	94	110x110x70
10ГДВ-01 (Электроника)		10	2,5...25	8	92	120x170x45
20ГДВ-1	(20ГД-4)	20	5...35	8	90	125x125x40

## 10.2. MIKROFONID

**10.2.1. Liigid ja tööpõhimõtte.** Mikrofon on elektroakustiline muundur helirõhu muundamiseks sellega võrdeliseks elektripingeks. Mikrofon koosneb helirõhku vastuvõtvast pinnast – membraanist – ja selle võnkumist vahelduvpingeks teisendavast muundurist. Viimase tööpõhimõtte järgi jagunevad helitehnikas kasutatavad mikrofonid elektrodünaamilisteks ja elektrostaatilisteks.

Elektrodünaamilise mikrofoni talitlus põhineb nähtusel, et magnetväljas liikuvast juhtmes indutseerub elektromotoorjõud. Membraani küljes olev võnkepool, mille mähis on valmistatud 0,02...0,05 mm jämedusest traadist, asub püsimagneeti ja magnetjuhist moodustuva magnetahela rõngakujulises õhupilus (j.10.5 a). Kui membraan hakkab helirõhu muutuse mõjul võnkuma, lõikavad võnkepooli mähise

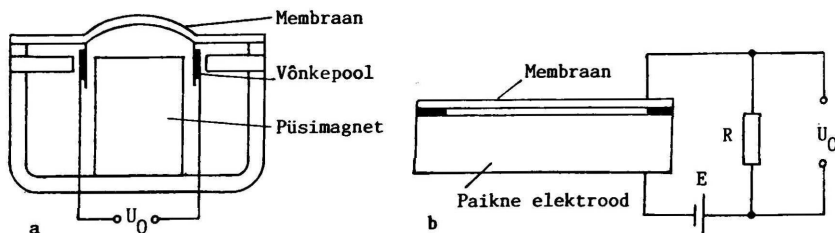
keerud radiaalse magnetvälja jõujooni, mille tulemusena tekib mähise otste vahel helirõhu muutusi järgiv elektromotoorjõud.

Dünaamilised mikrofonid on rahuldava kvaliteedi juures suhteliselt odavad. Väheste tundlikkuse tõttu vajab signaal suurt võimendust.

Elektrostaatiline e. kondensaatormikrofon muundab helirõhu muutuse elektrimahtuvuse muutuseks. Mikrofonis moodustab kondensaatori ühe plaadi metallitatud membraan, mis asub paigalseisvast plaadist paarikümne mikromeetri kaugusel (j.10.5 b). See kondensaator ühendatakse elektriahelasse järjestikku alalispinge, nn. polariseerimispinge allikaga E ja koormustakistiga R. Membraani võnkumisel muutub koos kondensaatori mahtuvusega tema laeng vastavalt seosele  $Q = CU$ . Laengu muutusest põhjustatud elektrivool tekitab koormustakistil membraanile mõjuvale võnkumisele vastava vahelduvpingelangu. Seda signaali võimendab mikrofonivõimendi, mis asub mikrofonikorpuses.

Toitepinge (nt. 48 V) antakse mikrofonisse mööda signaalijuhtmeid nn. fantoomtoitena. Sel juhul on mikrofonil balansseeritud e. sümmeetriline väljund: signaal juhitakse maasse kaht soont mööda, kusjuures teises juhtmes on signaali faas  $180^\circ$  pööratud; mikrofonikaabli teises otsas pööratakse faas tagasi. Siis võib kasutada ka pikka ühenduskaablit ilma võrgumüra jm. välishäirete sissetungimise ohuta.

Kondensaatormikrofonid on kvaliteetsed, kuid kallid. Peaaegu samaväärsete elektroakustiliste omadustega, kuid märksa odavam ja seetõttu koduhelindusel valdavalt kasutatav on elektrostaatilise mikrofoni erikuju – elektreetmikrofon. Elektreet on püsिमagneti elektriline analoog.



J.10.5. Elektrodünaamilise (a) ja elektrostaatilise (b) mikrofoni ehituse skeem

Ta saadakse dielektriku (nt. fluorplasti) elektriseerimisel kõrgel pingel ja temperatuuril. Õhuniiskusel alla 90 % ja toatemperatuuril püsib selline materjal elektriseerituna aastakümneid.

Elektreedist valmistatakse mikrofone membraan (selle peale sadestatakse kondensatori plaadina toimiv metallikiht) või kaetakse elektreediga paigalseisev kondensatoriplaat. Elektreedi laengust põhjustatud potentsiaal vastab harilikus kondensaatormikrofonis rakendatavale mitmekümnevoldisele polariseerimispingele.

Membraanist ja liikumatust plaadist moodustuva kondensaatori mahtuvustakistus on suur, eriti madalail sagedusil. Seepärast kasutatakse selle takistuse sobitamiseks mikrofonivõimendi suhteliselt väikese sisendtakistusega väljatransistorastet. Häirete vähendamiseks on sobitusaste paigutatud mikrofone korpusesse; samas paikneb ka toiteelement. Parematel elektreetmikrofonidel on välistoite võimalus.

**10.2.2. Parameetrid.** Tundlikkus on mikrofone väljundpinge (mV) ja tema membraanile telje sihis mõjuva helirõhu (Pa) jagatis.

Tundlikkuse standardtaset väljendab helirõhul 1 Pa mikrofone nimikoormustakistusel tekkiva pinge suhe pingesse, mis kujuneb samal takistusel 1mW võimsuse korral.

Kui nt. mikrofone tundlikkus  $E_m = 5 \text{ mV/Pa} = 0,005 \text{ V/Pa}$  ja nimikoormustakistus  $R_n = 1000$  oomi, siis standardtase

$$N_{st} = 10 \lg \left[ \frac{E_m^2}{(0,001R_n)} \right] =$$

$$= 10 \lg [0,005^2 / (0,001 \cdot 1000)] = -46 \text{ dB.}$$

Sisetakistus, täpsemalt mikrofone näivtakistuse e. impedantsi moodul, normitakse sagedusel 1 kHz. Elektrostaatilisel mikrofonil loetakse sisetakistuseks sisseehitatud sobitusastme väljundtakistus.

Nimikoormustakistus on mikrofoniga ühendatava võimendi selline sisendtakistus, mille puhul on tagatud mikrofone etteantud parameetrid. Maksimaalse signaalipinge saamiseks peab koormustakistus olema mikrofone sisetakistusest (väljundtakistusest) mitu korda suurem, nt. sisetakistusel 200 oomi on kohane koormustakistus 1000 oomi.

Talitlussagedusala on sageduspiirkond, milles mikrofon võtab vastu helivõnkumisi ja milles normitakse tema parameetrid.

Sageduskäigu ebäühtlus on talitlussagedusala piires esineva suurima ja vähima tundlikkuse suhe (dB).

Suunadiagramm väljendab polaarkoordinaadistikus tundlikkuse sõltuvust nurgast mikrofoni telje esisuuna ja heliallikat mikrofoni keskmega ühendava sirge vahel.

Tulenevalt mikrofoni ehituse iseärasustest võib suunadiagramm (j.10.6) olla

ringikujuline (suunatoimeta mikrofonil);

kardioidikujuline (ühesuunamikrofonil, mis võtab vastu põhiliselt eest ja külgedelt saabuvat heli);

koosinusoidi- e. 8-kujuline (kahesuunamikrofonil).

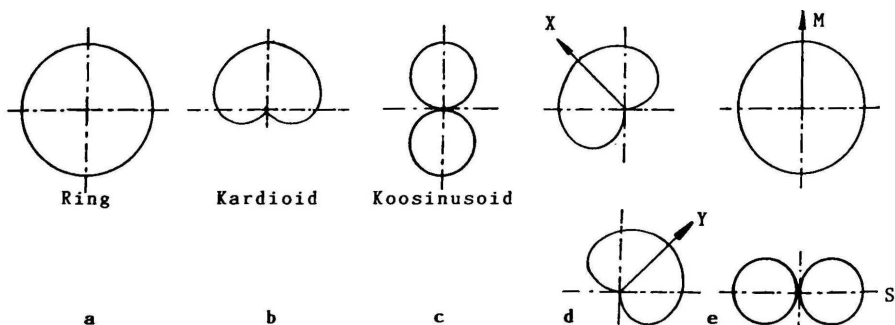
Monomikrofonidest kasutatakse kõige rohkem kardioidmikrofone. Ringmikrofonil on teistest ühtlasem sageduskäik, hästi esituvad ka madalad sagedused.

Stereomikrofonis võib olla kaks kardioidkapslit  $90^\circ$  nurga all (stereosüsteem XY) või siis üks koosinusoidja teine ring- või kardioiddiagrammiga (stereosüsteem MS).

Stereosalvestus- või stereoedastussüsteemi saab nimetatud süsteemide järgi moodustada kahest monomikrofonist, peale selle on võimalik moodustada AB-süsteem kahest monomikrofonist, mis paigutatakse teineteisest mõnekümne sentimeetri kuni paari meetri kaugusele.

Esi- ja tagasuunatundlikkuse erinevus iseloomustab ühesuunamikrofoni suunatoimet. Mida suurem on seda erinevust väljendav suhtarv (enamasti vahemikus 10...20 dB), seda vähem on mikrofon tundlik tagasuunast saabuva heli suhtes.

Mürataset määratletakse ekvivalentse helirõhuna, mis põhjustab mikrofoni väljundis niisama suure pinge kui mikrofoni soojuslik omamüra kasuliku signaali puudumisel. Müraataset väljendatakse detsibellides kuuldelävele vastava helirõhu suhtes, kusjuures müramõõturis on sisse lülitatud

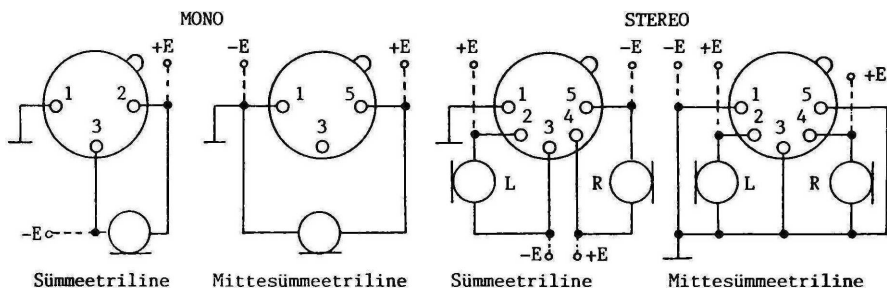


J.10.6. Mono- (a,b,c) ja stereo- (d,e) mikrofonide suunatunnusjooned

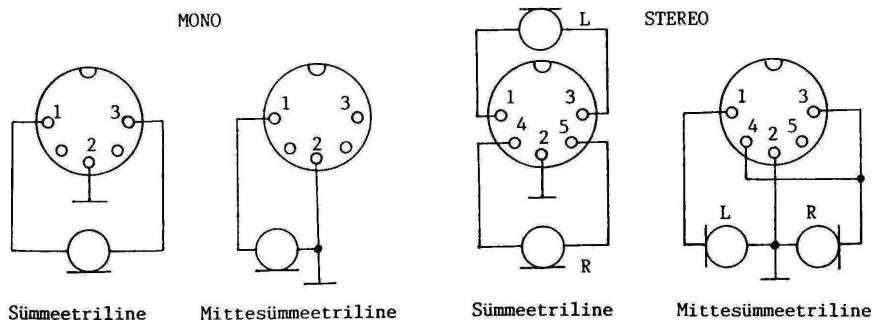
ribafilter A. Müratase on professionaalsetel mikrofonidel alla 20 dB(A), laiatarbemikrofonidel tavaliselt vahemikus 25...40 dB(A).

Helirõhu piirtase on maksimaalne helirõhu tase (enamasti vahemikus 120...140 dB), mille juures harmoonilis-moonutus keskmistel helisagedustel ei ületa 0,5 %.

Näiteid mõnede mikrofonide parameetrite kohta esitab tabel 10.2. Mikrofonipistikute ühendusskeeme on joonistel 10.7 ja 10.8. Kasutatakse ka 3,5 ja 6,3mm pulkpistikuid (vt. j.11.9).



J.10.7. Mikrofonipistikute Cannon XLR ühendamisskeemid (vaade kontakttihvtidele)



J.10.8. DIN-mikrofonipistikute ühendamisskeemid (vaade kontakttihvtidele)

## 10.2. Mikrofonid

$f_{\min} \dots F_{\max}$  talitlussagedusala; EÜ sageduskäigu ebäühtlus;  $R_i$  sisetakistus;  $E_m$  tundlikkus sagedusel 1000 Hz; SK suunakarakteristik (Ü ühe-, K kahesuunaline; T teravalt suunatud; O suunatoimeta)

Tüüp	Firma	$f_{\min} \dots f_{\max}$ kHz	EÜ dB	$R_i$ $\Omega$	$E_m$ mV/Pa	SK
------	-------	----------------------------------	----------	-------------------	----------------	----

Elektrodünaamilised mikrofonid

D-17	AKG	0,015...14	20	200	2,0	Ü
D-19	AKG	0,030...16	18	60/200	1,0/1,8	Ü
D-24	AKG	0,030...20	18	60/200	1,0/1,8	Ü
D-30	AKG	0,030...16	12	75/150	1,2	Ü, K, O
D-202	AKG	0,020...18	7	200	1,8	Ü
D-66	AKG	0,050...15	22	200	2,2	Stereo
D-77A	AKG	0,080...13	15	200	2,2	Stereo
AMD-460	Tesla	0,050...18	14	200	1,2	Ü
MD-441	Sennheiser	0,030...20	8	200	2,0	T
F-115	Sony	0,040...12	10	600	1,0	O
МД-52А		0,050...16	12	250	1,2	Ü
МД-52Б		0,050...15	12	250	1,2	Ü
МД-64М		0,080...10	17		1,3	Ü
МД-71		0,050...15	8	250	1,5	O
МД-78		0,050...15	20	200	2,0	Ü
МД-80		0,100...8	15	200	2,0	Ü
МД-82		0,050...16	13	100	1,3	Ü
МД-86		0,040...15	20	150	1,2	Ü
МД-201		0,100...10	12	250	1,5	O

Elektrostaatilised mikrofonid

C-12A	AKG	0,010...20	5	200	4	Ü, K, O
C-24	AKG	0,030...20	15	200	10	Ü, K
C-28C	AKG	0,030...18	7	200	13	Ü
C-414	AKG	0,020...20	5	150	6	Ü, K, O
ECM-51	Sony	0,040...14	10	250	2	T
KM-63	Neuman	0,040...18		200	9	Ü
KMC-19-01		0,020...20	8	80	16	Ü
MK-13M		0,030...18	6	600	5,5	O
MKE-212	Sennheiser	0,040...20	10	1000	20	PZM*
SM-69	Neuman	0,040...15		200/50	15	Stereo

Tüüp	Firma	$f_{\min} \dots f_{\max}$ kHz	EÜ dB	$R_i$ $\Omega$	$E_m$ mV/Pa	SK
<u>Elektreetmikrofonid</u>						
AT-801	Audio- Technica	0,080...15	12	600	5,8	0
AT-813	"	0,060...15	12	600	1,7	Ü
AT-9200	"	0,300...15	12	1000	3,1	Ü
AT-9450	"	0,300...15	12	600	1,8	Stereo
MK-16		0,020...40	5	250	2	0
MK-6		0,020...40	5	250	1,1	0
C1000S	AKG	0,100...15	12	200	6,5	Ü
ECM-20	Monacor	0,020...20	6	1000	3,1	0
ECM-2001	Monacor	0,200...15	12	500	5,5	Ü
ECM-250ST	Monacor	0,300...15	12	600	2,0	Stereo
ECM-23FII	Sony	0,060...18	12	200	1,4	Ü
ECM-909MS	Sony	0,300...15	12	1000	2,0	Stereo
ECM-959	Sony	0,050...18	12	600	2,6	Stereo
EM32	Vivanco	0,020...20	12	1000	1,6	0
EM38	Vivanco	0,060...18	12	600	4,9	Ü
EM238	Vivanco	0,020...20	6	600	3,1	Stereo
ME20	Sennheiser	0,020...20	6	600	5,8	0
ME40	Sennheiser	0,200...15	12	600	6,1	Ü
MKE46	Sennheiser	0,100...15	12	600	5,0	Ü
MKE66	Sennheiser	0,150...16	12	600	4,3	Stereo
SBC 3040	Philips	0,200...16	12	600	5,5	Ü
SBC 3150	Philips	0,200...16	12	600	2,8	Stereo
SM94-LC	Shure	0,050...18	12	150	3,4	Ü
849-LC	Shure	0,050...18	12	600	3,9	Ü
MK3-3		0,050...15	10	2000	3,5	0
MK3-6		0,050...16	18	250	3,0	Ü
MK3-10		0,050...16	12	250	2,0	0
MK3-11CH		0,050...16	12		2,5	Ü
MK3-15		0,050...16	12	20	1,5	Ü
MK3-30		0,050...15	12		1,2	Ü

\* PZM- (Microphone a Zones de Pression) mikrofon kinnitatakse vahetult seina või põranda pinnale, nii et ta võtab vastu ainult ühest poolsfäärist saabuvaid helilaineid.

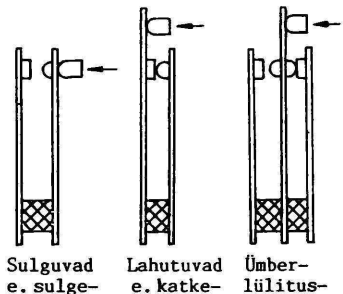
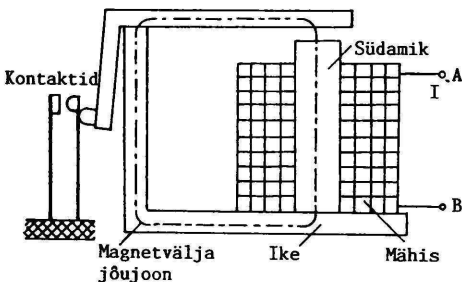
## 11. KONTAKTSEADISED

### 11.1. ELEKTROMEHAANILISED RELEED

Elektroonikas kasutatakse miniatuurseid elektromehaanilisi releesid alalis- ja vahelduvvooluahelate lülitamiseks. Võrreldes elektronlülititega on releede poolt lülitatavad ahelad täielikult eraldatud tüürahelast, neile pole ohtlik lühiajaline ülekoormus, kontaktitakistus on väga väike, ühe seadisega saab ümber lülitada mitu ahelat. Ent nad vajavad suhteliselt suurt tüüvõimsust, sisselülitamine kestab mitu millisekundit, kusjuures kontaktid hüplevad, tööiga on piiratud; samuti on nad elektronreleedest enamasti kogukamad (siiski toodetakse releesid juba ka integraalkomponentide DIL-korpustes).

Relee põhiosad on elektromagnet, ankur ja kontaktid. Elektromagneti ehituse järgi eristatakse neutraalseid ja polariseeritud releesid. Neutraalrelee ankru liikumise suund ei sõltu mähist läbiva voolu suunast. Polariseeritud relee magnetsüsteemis on püsomagnet(id), mille tõttu kontaktisüsteemi talitus sõltub mähist läbiva voolu suunast.

Levinuimad on neutraalsed alalisvoolureleed (j.11.1). Elektromagneti mähisest voolu läbilaskmisel tekib terasüdamikust, -ikkest, -ankrust ja õhupilust koosnevas magnetahelas magneetimisergutus, mille toimel ankur tõmbub vastu südamikku, ületades kontakt- (või ennistus-) vedrude vastusurve. Seejuures relee kontaktid sulguvad, lahutuvad või lülituvad ümber (j. 11.2).



J.11.1. Elektromagnetrelee ehituse skeem

J.11.2. Kontaktid

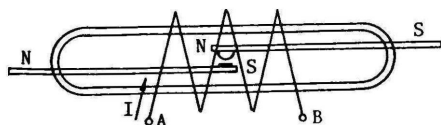
Ankru tõmbejõud ei sõltu voolu suunast. Sellele vaatamata ei või alalisvoolureleed tüürida vahelduvvooluga, sest voolu hetkväärtuse nulliks muutumise hetkel kaob tõmbejõud ja ankur hakkab südamikust eemalduma; selle tagajärjel hakkaks rele liikuv osa vibreerima ja massiivne südamik pöörivoolu- ja ümbermagnetimiskao tõttu kuumenema.

Releekontaktide tööiga lühendavad erosioon (pinnakihi mehaaniline purunemine) ja elektrokeemiline korrosioon; viimane on seda intensiivsem, mida tugevam on kontakte lähiv vool ja avatud kontaktidele rakenduv pinge. Alla 10mA voolu ja 5V pinge korral ulatub rele kulumiskindlus s.o. sisse-väljalülitamistsüklite arv miljonini, kuna aga suurimal lubataval voolul ning pingel võib rele taluda kõigest mõni tuhat lülitamistsüklit.

Kirjelatud lahtiste kontaktidega releedest on mitmeti paremate omadustega kaitstud e. hermeetiliste kontaktidega releed (j.11.3). Nende ferromagnetmaterjalist kontaktvedrud paiknevad hermeetilises klaastorus, mis on kontaktide sädelemise vähendamiseks täidetud inertgaasiga. Kontakteeruvad pinnad on kullatud või hõbetatud ja asetsevad teineteisest u. 0,1 mm kaugusel.

Kontakte lülitatakse magnetväljaga. Kui nt. ümbritseva kontaktid elektromagneti mähisega AB, siis mähisesse voolu sisselülitamisel kontaktvedrud magneetuvad, nii et nende otstel moodustuvad erinimelised magnetpoolused. Järelikult tõmbuvad nad teineteise poole ja teatud väljatugevuse korral kontaktid sulguvad. Tüürvoolu katkestamisel eemalduvad kontaktvedrude otsad teineteisest. Ühes mähises võib olla mitu kontakti. Samamoodi saab kontakte tüürida püsिमagneti lähendamise ja eemaldamisega.

Võrreldes lahtiste kontaktidega on kaitstud kontaktidega releede kulumiskindlus sadu kordi suurem, ulatudes väikesel lülitataval võimsusel miljardite lülitamistsükliteni; lülitamissagedus võib olla 10 korda suurem (kuni 1000 Hz); kontaktid rakenduvad ja ennistuvad kuni 10 korda kiiremini (rakendumiskiirus 0,5...2 ms, ennistumiskiirus 0,2...1 ms). Puuduste hulka tuleb lugeda väikest lülitatavat voolu (alla 0,5 A) ja kontaktide vibreerimist sulgumisel ning lahtutumisel.



J.11.3. Hermeetilise kontaktiga rele skeem

Mõnede releede põhiparameetrid on tabelis 11.1. Mähise tööpinge peab jääma esitatud piirsesse; madalama pinge korral ei püsi kontaktid kindlalt rakendununa (kuigi kontaktid võivad sulguda juba poole madalamal pingel), püsivalt kõrgema pinge korral kuumeneb mähis üle, eriti kõrgeimal lubataval ümbrustemperatuuril (enamasti 85 °C), samuti võib tekkida kontaktide jääkdeformatsioon. Transistortüürimise korral on vaja relee mähis sillata vastulülituses diodidiga. Lülitatavas ahelas induktiivkoormuse olemasolul on vaja kontaktid või koormus sillata sädelemise vältimiseks RC-ahelaga või varistoriga.

Kahe mähisega releedel võib mähiseid toita näidatud pingega eraldi allikatest või järjestikku ühendatult ühest allikast.

### T.11.1. Neutraalsed alalisvoolureleed

$I_K$  ja  $U_K$  kontaktide lülitatav suurim alalisvool ja -pinge;  $I_k$  ja  $U_k$  kontaktide lülitatav suurim vahelduvvool ja -pinge sagedusel  $f_k$

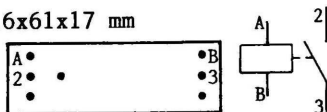
Passi nr.	Mähise tööpinge V	Mähise takistus $\Omega$	Mõõtmed axbxh, ja kontaktide skeem	sokeldus
-----------	-------------------	--------------------------	------------------------------------	----------

#### P3C45\*

$I_K = I_k = 0,5$  A;  $U_K = U_k = 30$  V;  $f_k = 50$  Hz...10 kHz

4.569.301 11,3...15 666...814 16x61x17 mm

4.569.301-01 22...34 1360...1840

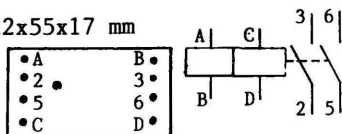


#### P3C46\*

$I_K = I_k = 0,5$  A;  $U_K = U_k = 30$  V;  $f_k = 50$  Hz...10 kHz

4.569.351-02 10,6...13,9 180...220 22x55x17 mm

4.569.351-03 21,6...26,4 571...709



#### P3C48

$I_K = 3$  A,  $U_K = 220$  V;  $I_k = 0,3$  A,  $U_k = 150$  V,  $f_k = 50$ ...1000 Hz)

4.590.201 20...30 540...6604 11x21x28 mm

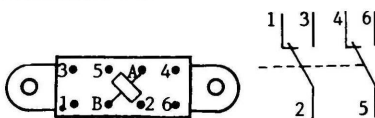
4.590.202 11...18 85...115

4.590.203 16...20 298...367

4.590.204 5...9 37...47

4.590.205 90...110 6400...9600

4.590.206 38...55 1130...1430



Passi nr.	Mähise tööpinge V	Mähise takistus $\Omega$	Mõõtmised axbxh, ja kontaktide skeem	sokeldus
-----------	----------------------	-----------------------------	---	----------

**P3C52**

$I_K = 1 \text{ A}$ ,  $U_K = 30 \text{ V}$ ;  $I_k = 0,1 \text{ A}$ ,  $U_k = 115 \text{ V}$ ,  $f_k = 50 \text{ Hz} \dots 10 \text{ kHz}$

4.555.020	18...30	705...955	12x18x14 mm	
4.555.020-01	18...30	705...955	Sama mis P3C48	

**P3C54**

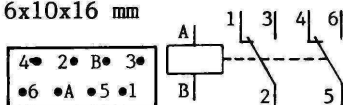
$I_K = 2 \text{ A}$ ,  $U_K = 220 \text{ V}$ ;  $I_k = 0,2 \text{ A}$ ,  $U_k = 220 \text{ V}$ ,  $f_k = 50 \dots 1000 \text{ Hz}$

4.500.010	22...32	3400...4600	11x21x24 mm	
4.500.011	24...33	3400...4600	Sama mis P3C48	

**P3C60**

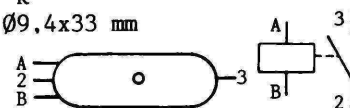
$I_K = 1 \text{ A}$ ,  $U_K = 30 \text{ V}$ ;  $I_k = 0,15 \text{ A}$ ,  $U_k = 120 \text{ V}$ ,  $f_k = 50 \dots 1000 \text{ Hz}$

4.569.436	23...34	1445...1955	6x10x16 mm	
4.569.437	16...20	675...925		
4.569.438	11...16	230...310		
4.569.439	5...8	55...61		
4.569.440	3,5...4,5	32...39		

**P3C64A\***

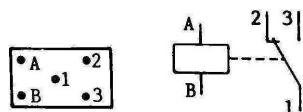
$I_K = I_k = 0,2 \text{ A}$ ;  $U_K = 180 \text{ V}$ ;  $U_k = 130 \text{ V}$ ;  $f_k = 50 \text{ Hz} \dots 10 \text{ kHz}$

4.569.724	2,5...7,5	408...552	$\varnothing 9,4 \times 33 \text{ mm}$	
4.569.725	5,6...7	825...1115		
4.569.726	9...11	1700...2300		
4.569.727	24...30	7760...11540		

**P3C78**

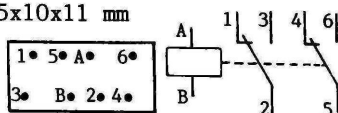
$I_K = 3 \text{ A}$ ;  $U_K = 34 \text{ V}$ ;  $I_k = 1 \text{ A}$ ,  $U_k = 115 \text{ V}$ ,  $f_k = 50 \dots 1100 \text{ Hz}$

4.555.008-01	9...12	102...138	12x18x14 mm	
4.555.008-02	7...12	102...138		
4.555.008-03	5,4...6,6	38...62		
4.555.008-04	4...5,2	20...24		
4.555.008-05	20...24	1275...1725		
4.555.008-06	44...54	3360...5040		
4.555.008-07	40...48	3360...5040		

**P3C80**

$I_K = 1 \text{ A}$ ,  $U_K = 36 \text{ V}$ ;  $I_k = 1 \text{ A}$ ,  $U_k = 60 \text{ V}$

4.555.014	24...30	1530...1955	5x10x11 mm	
4.555.014-01	13...17	550...670		
4.555.014-02	5,7...6,9	94...115		
4.555.014-03	3,6...4,4	49...60		
4.555.014-04	2,7...3,3	27...33		



Passi nr.	Mähise tööpinge V	Mähise takistus $\Omega$	Mõõtmed axbxh, ja kontaktide skeem	sokeldus
-----------	-------------------	--------------------------	------------------------------------	----------

## P3C90

 $I_K = 3 \text{ A}, U_K = 36 \text{ V}; I_k = 1 \text{ A}, U_k = 220 \text{ V}, f_k = 10 \text{ kHz}$ 

4.500.000-04	11...13	144...176	11x21x23 mm
4.500.000-05	13...17	550...670	Sama mis P3C48
4.500.000-08	16...20	315...385	
4.500.000-12	5,4...6,6	38...46	
4.500.000-20	43...53	1700...2200	

## P3C91\*

 $I_K = I_k = 0,01 \text{ A}; U_K = U_k = 40 \text{ V}; f_k = 50 \text{ Hz...10 kHz}$ 

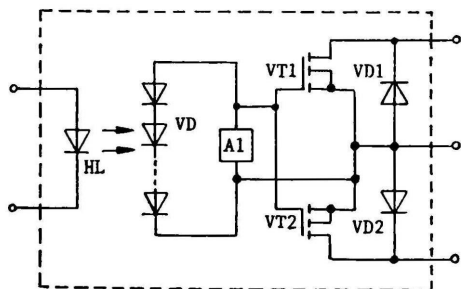
4.500.560	4...5,5	405...555	$\varnothing 7,5 \times 21,5$
4.500.560-01	11,3...13,9	2080...2820	
4.500.560-02	24,3...29,7	4480...6720	

\* Hermeetiliste kontaktidega releed.

## 11.2. OPTOELEKTRONRELEED

Optoelektronrelees (j.11.4) tüürib valgusdiodist HL ja fotodiodide tulbast VD koosnev optopaar u. 6V pingega elektronlülitit, mille moodustavad MOP-transistorid VT1, VT2. Diodid VD1, VD2 kuuluvad lahutamatu osana transistoride struktuuri. Lüli A1 lühistab releed väljalülitamisel paisudele kogunenud laengu, ka võivad selles sisalduda lülitused transistoride kaitseks liigkoormuse ja impulsspinge eest. Valgus- ja fotodiodid on galvaaniliselt eraldatud läbipaistva kompaundiga. Kiirusallikas koos kiirusvastuvõtja kiibiga paiknevad DIP-korpuses.

Tabelis 11.2 on esitatud mõnede Hewlett-Packardi ja Vene releede põhiandmeid.

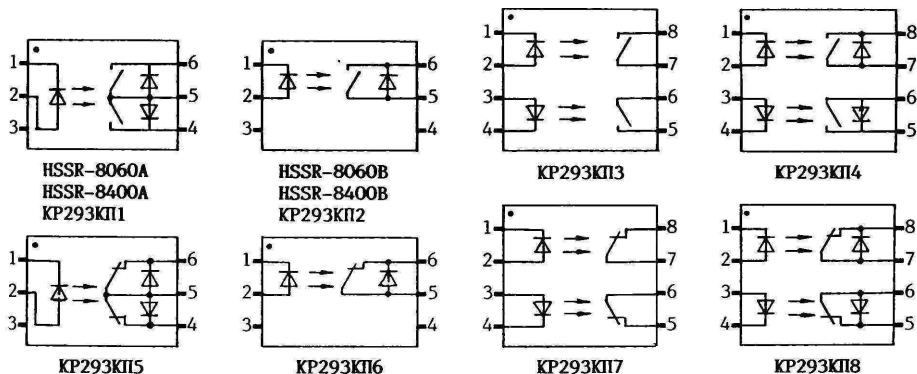


J.11.4. Optoelektronrelee skeem

## T.11.2. Optoelektronreleed

Sisse-, välja- ja ümberlülitava sisendvoolu vähimväärtus 5 mA pingel 0,8 V, nimiväärtus 10 mA pingel 1,2 V; suurim hajuvõimsus 300 mW; tabelis  $U_k$ ,  $I_k$  lülitatav vahelduvpinge ja -vool;  $U_K$ ,  $I_K$  lülitatav alalispinge ja -vool;  $R_{ON}$  väljundahela takistus sisselülitatud seisus

Tüüp	$U_k$ V	$I_k$ mA	$U_K$ V	$I_K$ mA	$R_{ON}$ Ω
HSSR-8060A	60	750	60	1500	0,4
HSSR-8060B	60	1500	60	1500	0,1
HSSR-8400	370	1500	370	300	10
KP293KP1A 3A 5A 7A	60	250			5
KP293KP1B 3B 5B 7B	230	100			25
KP293KP1B 3B 5B 7B	400	80			50
KP293KP2A 4A 6A 8A			60	320	2
KP293KP2B 4B 6B 8B			230	170	10
KP293KP2B 4B 6B 8B			400	110	20



## J.11.5. Optoelektronreleede sokeldus

## 11.3. PISTMIKUD

Pistmik e. pistikseadis koosneb pesast ja pistikust. Hari-likult on pesa seadme küljes või seinas (võrgutoiteks) ja pistik juhtme otsas. Pistiku kontaktid on kas väljaalatu- vad (tihvtikujulised) või hargikujulistena pistiku korpuse aukudes. Vastavalt võib neid nimetada tihvtpistikuteks

('male', 'papa') ja aukpistikuteks ('female', 'mamma'); Tihvtpistik läheb aukpessa ja aukpistik tihvtpeassa. Mõnel juhul võivad pistmiku mõlemad pooled olla juhtme otsas (jätkupistmikul) või siis pistik seadme küljes (nt. väikealaldi seinapessa pistmiseks).

Koduelektronika aparatuuris kasutatakse pistmikke signaaliallikate (tuuneri, plaadimängija, maki) ja kõlarite ühendamiseks võimendiga, videomaki ja teleri omavaheliseks ühendamiseks, samuti antenni, kuularite, mikrofoni ning toiteallika külgeühendamiseks.

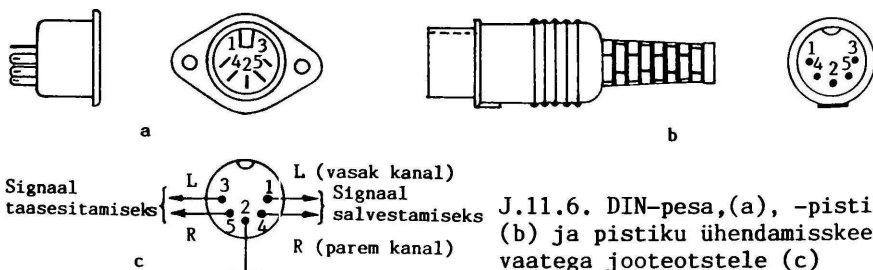
Euroopa seadmes kasutatakse enamasti DIN-standardile vastavaid pistmikke, USA ja Jaapani toodangus aga RCA poolt väljatootatud pistikseadiseid. Viimased tagavad üldiselt kindlama kontakti ning väiksema mahtuvuse eri ahelate vahel, samuti on neid lihtsam juhtmetega ühendada.

Tüüpiline DIN-pistik on 5-kontaktiline (j.11.6); kontaktide numbrid 1...5 on enamasti näha kontaktide jooteotste poolt vaadatuna. Monosignaali korral kasutataval 3-kontaktisel pistmikul puuduvad kontaktid 4 ja 5.

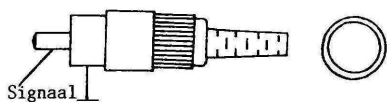
RCA-süsteemis kasutatakse kummagi stereokanali jaoks eraldi pistikut (j.11.7), mille keskkontakti külge joodetakse ühenduskaabli signaalisoon ja sellega kontsentrilise välissilindri külge varje.

Kõlarid võimsusega kuni 50 W ühendatakse sageli joonisel 11.8 kujutatud DIN-pistikuga. Kuularitel kasutatakse põhiliselt kontsentriliste kontaktidega kommutaatori- e. pulkpistikuid (j.11.9) läbimõlduga 6,3 ja 3,5 mm, Walkman-makkidel ka 2,5 mm. Mistahes mõõtmetega pistikud võivad olla sirged või L-kujulised.

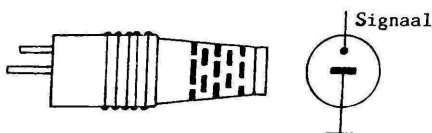
Kaasaskantavatel elektroonikaseadmetel võib olla pesa toitmiseks elektrivõrgust eraldi alaldi kaudu. Sellesse pesa läheb toitepistik (j.11.10) välisläbimõlduga 2,35... 5,5 mm; siseläbimõld võib ka ühesuguse välismõldme korral olla sõltuvalt tootjast erisugune. Juhtmete külgejootmisel on vaja arvestada toitepesa polaarsust; see on harilikult kujutatud aparraadi pesa juures.



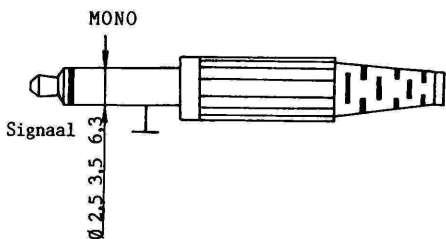
J.11.6. DIN-pesa, (a), -pistik (b) ja pistiku ühendamis skeem vaatega jooteotstele (c)



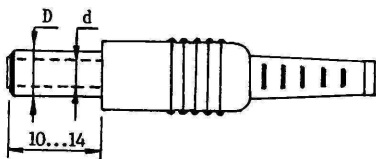
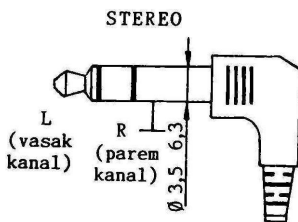
J.11.7. RCA-pistik



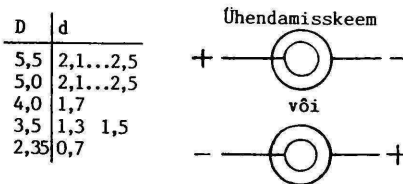
J.11.8. Kõlari pistik



J.11.9. Mono- ja stereosignaali pulkpistik



J.11.10. Toitepistik

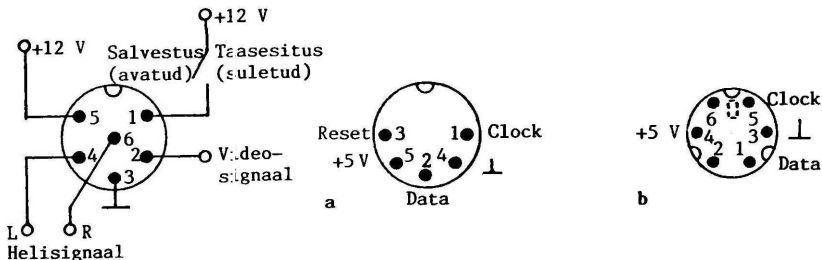


- Heli sisend (parem kanal) — 2
- Heli maa — 4
- Heli sisend (vasak kanal) — 6
- +12 V lülitamine taasesitamisel — 8
- 10
- 12
- 14
- +1 V RGB-sisendi lülitamiseks — 16
- RGB-sisendi lülitamise maa — 18
- Videosignaali sisend — 20

- 1 — Heli väljund (parem kanal)
- 3 — Heli väljund (vasak kanal)
- 5 — RGB-sisendi sinise signaali maa
- 7 — RGB-sisendi sinine signaal (B)
- 9 — RGB-sisendi roheline signaali maa
- 11 — RGB-sisendi roheline signaal (G)
- 13 — RGB-sisendi punase signaali maa
- 15 — RGB-sisendi punane signaal (R)
- 17 — Videosignaali maa
- 19 — Videosignaali väljund
- 21 — Varje (ekraan)

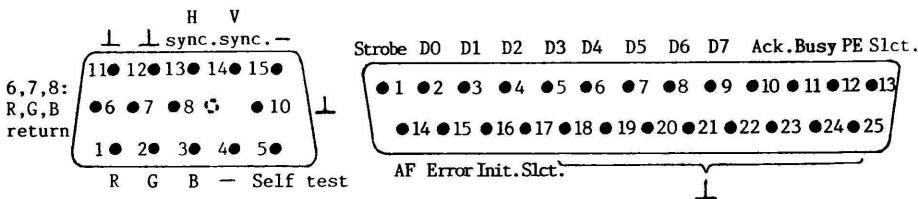
J.11.11. Vaade SCART-pistiku jooteotstele

Videomaki ja teleri vaheliste ühenduste loomiseks kasutatakse SCART- (j.11.11), DIN- (j.11.12) ja RCA-pistmikke. Arvutipistikute skeeme on joonistel 11.13...11.16. Mikrofonide Cannon- ja DIN-pistikute ühendusskeeme vt. lk. 207.

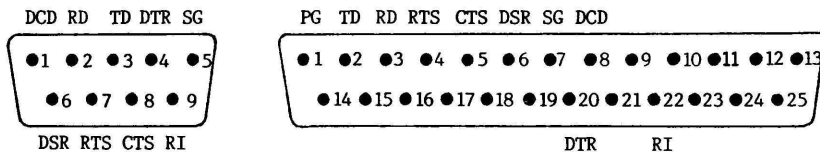


J.11.12. DIN-video-pistik (vaade jooteotstele)

J.11.13. Arvuti klahvistiku DIN-pistik (a) ja klahvistiku ning hiire mini-DIN-pistik (b)



J.11.14. Kuvari (VGA, J.11.16. Rööpliidese (printer) aukpistik SVGA) tihvtpistik



J.11.17. Jadaliidese aukpistikud D9 ja D25: DCD (Data Carrier Detected) sideme olemasoleku signaal; RD (Receive Data) vastuvõetavad andmed; TD (Transmit Data) edastatavad andmed; DTR (Data Terminal Ready) ja DSR (Data Set Ready) andmevahetuseks valmisoleku signaalid; SG (Signal Ground) signaali maa; RTS (Request To Send) ja CTS (Clear To Send) andmete edastamiseks valmisoleku signaalid; RI (Ring Indicator) väljakutseindikaatori signaal; PG (Protect Ground) kaitsemää

---

## 12. KEEMILISED VOOLUALLIKAD

---

### 12.1. ÜLDISELOOMUSTUS

Keemilistes vooluallikates muundub aktiivainete keemiline energia vahetult elektrienergiaks. Keemilise vooluallika põhiosad on positiivne elektrood (+), negatiivne elektrood (-) ja elektrolüüt.

Keemilised vooluallikad jagunevad ühe- ja mitmekordselt kasutatavaks. Esimesi saab tühjendada, s.t. neist voolu tarbida ühekordselt (pidevalt või vaheaegadega), korduvalt kasutatavad vooluallikad on tühjendamise järel elektrivooluga laetavad; laadimisel muundub tarbitav elektrienergia aktiivainete keemiliseks energiaks.

Ühekordselt kasutatava keemilise vooluallika algüksus on galvaanielement. Kaks või enamat elektriliselt ühendatud galvaanielementi moodustavad galvaanipatarei.

Korduvalt kasutatava keemilise vooluallika algüksus on akuelement. Mitu elektriliselt ühendatud ning harilikult ühte kesta paigutatud akuelementi moodustavad akupatarei.

On välja kujunenud (ja mitte ainult eesti keeles) nimetada kõiki ühekordselt kasutatavaid keemilisi vooluallikaid (seega siis ka elemente) patareideks ja korduvalt kasutatavaid allikaid akudeks.

Galvaanielementidest on kõige levinumad silindrilised soolelektrolüüdiga mangaantsinkelemendid e. Leclanché <leklanšee> elemendid ja leeliselektrolüüdiga mangaantsinkelemendid e. leeliselemendid; nõolementidena kasutatakse leelis-, hõbeoksiid- ja liitiumelemente; need asendavad keskkonnaohtlikke elavhõbeelemente. Laetavaist toiteallikaist kasutatakse kaasaskantavais laiatarbe-seadmes kõige rohkem nikkelkaadmiumakusid.

Toiteallikate üldandmeid on tabelleis 12.1...12.3.

### 12.2. GALVAANIELEMENDID JA -PATAREID

**12.2.1. Parameetrid.** Nimipinge on uue elemendi pinge teatud kindla koormusvoolu korral.

Sisetakistus on takistus, mida avaldavad elemendi elektroodid ja elektrolüüt teda läbivale voolule. Mida väiksem on sisetakistus, seda tugevamat voolu on element

suuteline tarbijale andma. Sisetakistus suureneb elemendi säilitamisel, kasutamisel, samuti temperatuuri alanemisel.

Mahutavus e. nimilaeng on elektriühik, mida värske element on võimeline andma teatud kindlatel tühjendus-tingimustel; seda väljendatakse amper-tundides (Ah).

Erienergia on elemendi mahutavuse ja pinge korrutis mahuühiku kohta.

Säilimiskestus e. säilivus on ajavahemik, mille lõppedes toatemperatuuril säilitatud elemendil on alles veel 90 % esialgsest mahutavusest. Säilimisaja lõpu kuu ja aasta on märgitud elemendile, nt. 05-98, APR 99. Kuigi galvaanielemente võib ka pikemat aega hoida toatemperatuuril, säilivad nad jahedas mõnevõrra kauem; temperatuuril üle 25 °C kiireneb isetühjenemine tunduvalt.

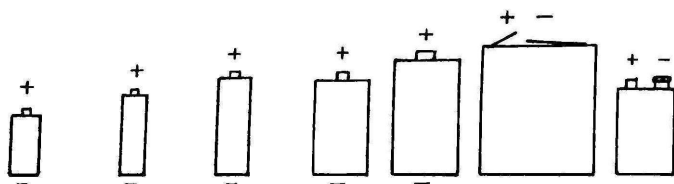
### T.12.1. Galvaanielementide elektrokeemilised süsteemid

Tähis	Positiivne elektrood	Elektrolüüt	Negatiivne elektrood	U V <sup>n</sup>
—	Mangaandioksiid	Ammooniumkloriid ja tsinkkloriid	Tsink	1,5
B	Polüsüsinikmono-fluoriid	Orgaaniline	Liitium	3,0
C	Mangaandioksiid	Orgaaniline	Liitium	3,0
L	Mangaandioksiid	Leelismetallhüdroksiid	Tsink	1,5
M	Elavhõbeoksiid	Leelismetallhüdroksiid	Tsink	1,35
N	Elavhõbeoksiid ja mangaandioksiid	Leelismetallhüdroksiid	Tsink	1,4
P	Hapnik	Leelismetallhüdroksiid	Tsink	1,4
S	Hõbeoksiid (Ag <sub>2</sub> O)	Leelismetallhüdroksiid	Tsink	1,55
T	Hõbeoksiid (AgO, Ag <sub>2</sub> O)	Leelismetallhüdroksiid	Tsink	1,55

### T.12.2. Galvaanielementide võrdlus

Liik	Tähis	Pinge V	Erienergia mWh/cm <sup>3</sup>	Töötemperatuur °C	Säilivus aastates
Leclanché	—	1,5	120...190	-10...50	1...2
Leelis-	L	1,5	200...350	-15...50	2...3
Elavhõbeoksiid-	M, N	1,35	300...500	0...55	2...3
Hõbeoksiid-	S, T	1,4	400...650	0...55	3...5
Liitium-	B, C	3,0	500...800	-50...70	5...

## T.12.3. Toiteallikate tähistus ja põhiaandmed



Gabariidi nimi	Lady	Micro	Mignon	Baby	Mono	Normal	E-Block
Mõõtmed mm	<math>\leq \varnothing 12 \times 30</math>	$\varnothing 11 \times 45$	$\varnothing 15 \times 51$	$\varnothing 26 \times 50$	$\varnothing 34 \times 62$	$67 \times 62 \times 22$	$49 \times 26 \times 16$

Leclanché elemendid ja patareid

Tähis süsteemis\*

IEC	R1	R03	R6	R14	R20	3R12	6F22
ANSI, ASA	N	AAA	AA	C	D		
JIS	UM5	UM4	UM3	UM2	UM1		6UM6
GOST	293	286	316	343	373		
Nimipinge V	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	4,5	9,0
Mahutavus** Ah	0,3	0,5	0,8	2,0	4,0	1,5	0,3
vooluga mA	4	4	30	30	60	50	9

Leeliselemendid ja -patareid

Tähis süsteemis\*

IEC	LR1	LR03	LR6	LR14	LR20	3LR12	6LR22
ANSI, ASA	L20	L30	L40	L70	L90		
JIS	N	AAA	AA	C	D		
JIS	AM5	AM4	AM3	AM2	AM1		6AM6
Nimipinge V	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	4,5	9,0
Mahutavus** Ah	0,6	1	2	5	12	3	0,5
vooluga mA	4	4	30	30	60	50	9

Nikkelkaadmiumakud

Tähis süsteemis\*

IEC	KR	KR	KR	KR	KR		KBL
	12/30	10/44	15/51	27/50	35/62		16/7
ANSI, ASA	N	AAA	AA	C	D		006 P
JIS	UM5	UM4	UM3	UM2	UM1		6UM6
Nimipinge V	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2		9,0
Mahutavus Ah	0,25	0,3	1,0	2,5	5,0		0,12

\* IEC Rahvusvaheline Elektrotehnikakomisjon; ANSI ja ASA USA standardiorganisatsioonid; JIS Jaapani standardiorganisatsioon. Tüübitähised võivad sisaldada eriomaduste märkimiseks lisatähti.

\*\* Koormamisel 2...4 tundi ööpäevas märgitud vooluga. Mahutavuse (nimilaengu) tegelikud väärtused võivad erineda esitatuist kuni 50 % sõltuvalt firmast ja samuti kvaliteediklassist.

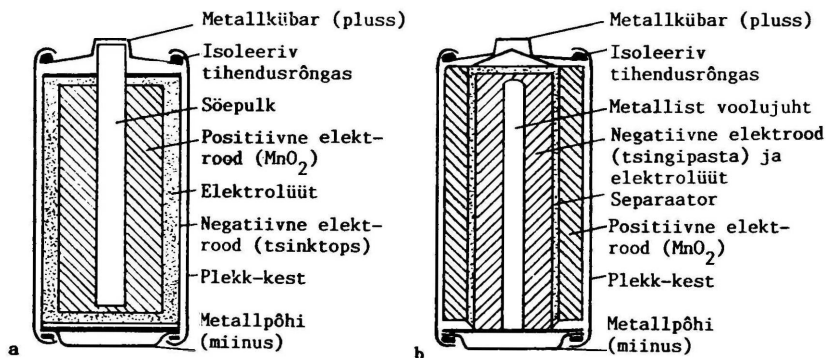
**12.2.2. Leclanché elemendid.** Positiivse elektroodi e. katoodi toimeaine on mangaandioksiid, mis ümbritseb voolujuhina toimivat söepulka (j.12.1 a). Negatiivse elektroodi e. anoodi moodustab silindriline tsinktops, mis odavates elementides toimib ühtlasi elemendi metallkestana. Elektrolüüdiks oli algselt ammooniumkloriidi lahus, mida elemendi täiustamisel on osaliselt või täielikult asendatud tsinkkloriidiga. Täiustatud elemente ümbritseb terasplekist kest, mis on mõlemast elektroodist isoleeritud; neil on pikem säilimiskestus ja suurem mahutavus.

Elemendi pinge koormamisel pidevalt alaneb (j.12.2). Olenevalt toidetava aparadi vähimast tarvilikust pingest võib elemendi lõpp-pinge olla vahemikus 0,7...1,1 V.

Elemendi tegelik mahutavus, s.t. temalt saadav energia-hulk e. elektrilaeng sõltub eelkõige tarbitava voolu väärtusest: mida nõrgemat voolu tarbida, seda suurem on mahutavus. Näiteks voolu kahekordsel vähendamisel võib elemendi töökestus kasvada kuni kolmekordseks (j.12.3). Väga nõrga koormusvoolu korral saab siiski määravaks isetühjenemine.

Leclanché elementidel on võime tööpauside ajal oma laengut mõnevõrra taastada. Seetõttu on elemendi üldine töökestus seda pikem, mida lühemad on tööperioodid; kõige väiksem on saadav elektrihulk pideval tugeva vooluga koormamisel.

Paljud firmad toodavad erisuguse sisetakistuse ja mahutavusega Leclanché elemente (j. 12.2). Nn. transitoripatareid (nendel võib olla kiri Normal, Standard,



J.12.1. Soolelektrolüüdiga (Leclanché) element (a) ja leelis-elektrolüüdiga element (b)

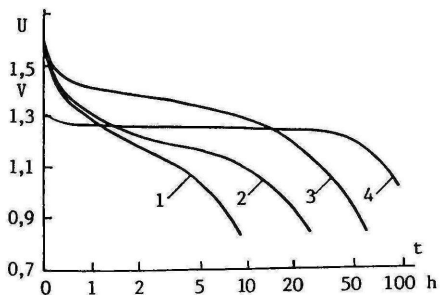
Super, Special vm.) on odavamad ning kasutatavad seadmes, mis ei vaja eriti tugevat voolu või püsivat pinget (taskuraadiod, seinaja- ja äratuskellad, elektromehaanilised mänguasjad, taskulambid). Keskmise hinnaklassiga, nn. mootoripatareid (Longlife, Super Plus, Super Energie, High Power, ka nende lühendid, nt. HP) sobivad keskmise voolutarbega seadmeile (makiga raadiod, mootoriga mänguasjad, võimsamad taskulambid). Odavuse tõttu on soolelektrolüüdiga elemendid kaasaskantavate seadmete toiteallikaina kõige laiemalt kasutusel.

**12.2.3. Leeliselemendid** on tavalistest e. Leclanché elementidest märksa suurema mahutavusega ja parema säilivusega (vt. t.12.1). Gaasieraldus puudub, seepärast saab elemendid valmistada hermeetilistena. Väline plekkkest on mõlemast elektroodist isoleeritud. Leeliselektrolüüdiga elemendid on enamasti mangaantsinksüsteemilised (j.12.1 b).

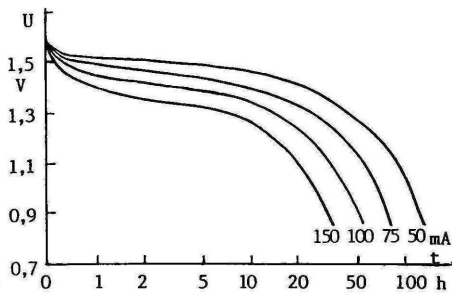
Leeliselemendid on Leclanche' elementidest 2...3 korda kallimad, kuid peavad 3...6 korda kauem vastu. Nad on ainukasutatavad suure ja kestva voolutarbega seadmetes (videokaamerad, CD-mängijad, välklambid, pardlid). Väikese sisetakistuse tõttu ei vähene nende pinget koormamisel nii palju kui Leclanché elementidel (j.12.2).

Leeliselementidel on kiri Alkaline, Alkali, Ekstra Longlife, Extra Power, Professional vms.

**12.2.4. Hõbeoksiidelementi** plusslektrood koosneb hõbeoksiidist, miinuslektrood nagu eelkirjeldatuiski tsingist, elektrolüüdiks on leelis. Nende pinget püsib kuni tühjenemiseni peaaegu muutumatuna väärtusel 1,3 volti (j.12.2). Kasutusaeg on kuni 3 aastat, seejärel võib



J.12.2. Ühesuuruste elementide pinget ajaline muutumine: 1, 2 eri marki Leclanché elemendid; 3 leeliselement; 4 hõbeoksiidelement



J.12.3. Leclanché elemendi R20 pinget muutumine eri koormusvoolu korral, kui elemendi koormatakse 2 tundi päevas

elektrolüüt hakata välja imbuma. Hermeetilises pakendis säilivad kuni 5 a. Miinustemperatuuridel pole soovitatav kasutada. Nöobikujulised hõbeoksiidelemendid (j.12.4) nagu ka muud tüüpi nõopelemendid võivad olla järgmiste mõõtmetega:

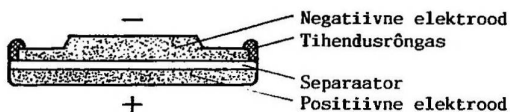
lähimõõt mm – 4,7 6,8 7,9 9,5 11,6 12,5 16,0 20...50;  
kõrgus mm – 1,6 2,1 2,6 3,1 3,6 4,2 5,4 6,2...25.

Hõbeoksiidelemendid on kasutusel käekellades, mikro-kalkulaatoreis, fotoaparaatides. On suure ja väikese sisetakistusega elemente; viimased sobivad näiteks kella valgustuse ja signaali toiteks. Suure sisetakistusega elementide pinget tuleb mõõta elektronvoltmeetriga; mehaaniline tester näitab tegelikust vähem, sest nt. 3-voldise mõõtepiiri korral ei ületa ta sisetakistus 30 kilo-oomi, kuna aga mõõdetava elemendi ekvivalentne koormustakistus on 0,15...3 megaohmi.

#### T.12.4. Hõbeoksiidelementide näiteid

Tähis süsteemis			Mõõtmed	Mahutavus
IEC	ANSI	JIS	Øxh	mAh
SR41	S4	G3	7,9x3,6	38...45
SR42S	WS10	GS11	11,6x3,6	80...100
SR43	S11	G12	11,6x4,2	110...120
SR44	S15	G13	11,6x5,4	130...190
SR45			9,5x3,6	
SR46			9,5x5,4	
SR47	WS16	GS14	11,6x5,6	165...170
SR48	WS6	SR754	7,9x5,4	70...75
SR54			11,6x3,1	80...100

**12.2.5. Liitiumelemendis** on miinuselektrood liitiumist. elektrolüüdiks on orgaanilised ühendid ja plusslektrood võib olla sõltuvalt tüübist mitmesugusest materjalist. Energiatihedus on veelgi suurem kui hõbeoksiidelementidel, samuti on lai töötemperatuuriala. Hea hermeetilisuse tõttu toimub isetühjenemine aeglaselt (10-aastase säilitamise



J.12.4. Hõbeoksiidelement

järel on alles 80...90 % laengust). Elemente saab valmistada väga õhukesena, nt. 20mm läbimõõdu korral paksusega kõigest 1,6 mm. Peale nõöpelementide valmistatakse ka silindrilisi standardsuuruses ja lapikuid elemente.

Liitiumelemente ja -patareisid kasutatakse kellades (peavad vastu kuni 7 a.), pisiraadiotes, mikrokalkulaatoris, mõõteriistades, välklampides jm. Personaalarvutite mälu säilituslülituste toitmiseks mõeldud elementidel on viigid trükkplaadile jootmiseks.

Galvaanielemente tootvatest maailmafirmadest on tuntumad Duracell, Hellelens, Ucar Energizer, Berec, Panasonic, TDK, Philips, Ever Ready, Varta, Maxell. Nende firmade samamargiliste toodete põhinäitajad (sh. kasutuskestus ja säilivus) ei erine üksteisest tavaliselt üle 10...25 %. Nt. AA-leeliselemendi koormamisel 10 oomiga langeb pinge 0,9 voldini Varta ja Maxelli elemendil 15 tunniga ning Duracelli ja Hellelensi elemendil 19 tunniga.

### 12.3. GALVAANIELEMENTIDE KASUTAMINE

Võtta aparaadist välja elemendid, kui nad on tühjaks saanud, samuti veel kõlblikud elemendid, kui aparaati pikemat aega ei kasutata. Tühjenenud elementidest eraldub söövitava toimega aineid, sh. ka gaase, mis rikuvad aparaati.

Soovitav on asendada kõik elemendid korraga, sest kuigi mõni vanadest elementidest on säilitanud teatava laengu, muutub ta siiski varsti kõlbmatuks, häirides kogu patarei tööd. Mitte kasutada koos Leclanché ja leeliselemente. Kui elemendid ei anna pesas kindlat ühendust, võib kontaktpindasid hõõruda pehme kustutusummiga (mitte liivapaberiga!). Nõöpelemente ei tohi paigaldamisel sõrmedega puudutada, sest kontaktpinnale kanduv higi oksüdeerib seda ning pikapeale tekib katkestus.

Pakendist väljavõetud elemente hoida kokkuseotult plastkotis, sest lahtiselt võivad nad üksteise või metall-esemete vastu puutudes tühjeneda. Säilitada kuivas jahedas kohas. Kõige kauem säilib laeng temperatuuril 5...10 °C.

Galvaanielemendid ei ole ette nähtud taastamiseks järellaadimisega (kuigi leeliselemendid on mitu korda laetavad peaaegu nimilaenguni); ülelaadimine põhjustab elektrolüüdi väljatungimist või elemendi purunemist.

Elemendi või patarei korrasolekust pildi saamiseks tuleb mõõta tema pinget koormuse all. Elemendi klemmidega rööbiti ühendatava takisti takistus võib olla nt. raadio ja maki toiteelementidel u. 10 oomi, mänguasjades ning taskulambis kasutatavail 3...5 oomi. Kui seejuures volt-

meeter näitab alla 0,9 V, tuleb element asendada; pingel 0,9...1,1 V töötab element veel mõnda aega; kõrgemal pingel on elemendi seisund hea. 9-voldise väikepatarei kontrollimisel võtta u. 200-oomine koormustakisti; kui voltmeeter näitab alla 5,5 V, tuleb patarei asendada.

Teatud kogemuse korral saab kasutatud elemendi ja patarei seisundi üle otsustada ka ampermeetriga lühisvoolu mõõtmise teel; voolu väärtus sõltub ampermeetri sisetakistusest. Värske elemendi mõõtmisel peab olema ettevaatlik, et kuni 10-amprine lühisvool mõõteriista ja elemendi ei rikuks. Igal juhul tohib ampermeetri elemendiga ühendada vaid hetkeks.

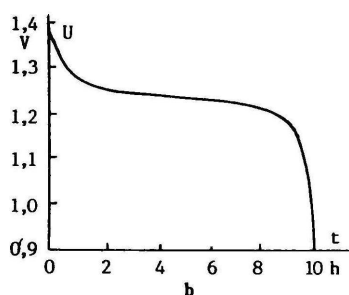
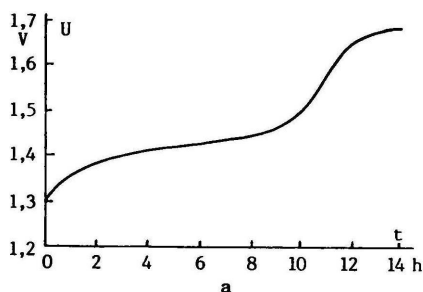
Eri marki patareide võrdlemisel ei saa mahutavuse üle otsustada lühisvoolu väärtuse järgi; nt. välklambile mõeldud element, evides küll kahekordselt suuremat lühisvoolu, peab taskulambis vähem vastu kui tavaline element. On soovitatav võrrelda eri firmade tooteid, et leida aparadi tegelikus töörežiimis kõige kestmam elemendimark.

#### 12.4. NIKKELKAADMIUMAKUD

Aku positiivse elektroodi aktiivaine on nikliühendeist, negatiivne elektrood kaadmiumipulbrist ja elektrolüüdina toimib kaaliumhüdrosiidi lahus. Aktiivpinna suurendamiseks on elektroodid poorsed ja koreda pinnaga.

Levinuimad on silindrilised standardsuuruses elemendid (t.12.2), kasutatakse ka kettakujulisi (nööp-) elemente, samuti silindrilisi ja ristkülikukujulisi patareisid.

Laetud NiCd-aku pingeline on 1,4 V; koormamisel langeb see nimipingeni u. 1,2 V (j.12.5 b). Pingeline alanemisel alla



J.12.5. Nikkelkaadmiumelemendi pingeline ajaline muutumine laadimisel (a) ja tühjendamisel (b)

0,9...1 voldi tuleb tühjendamine lõpetada, et mitte akut rikkuda (sügaval tühjendamisel võib patarei mõne elemendi polaarsus vastupidiseks muutuda).

Aku mahutavust kasutatakse kõige paremini, kui teda tühjendada vooluga u.  $1/10$  nimimahutavusest, nt. 500 mAh korral 50 mA-ga. Suurem koormusvool akut ei kahjusta, mõnevõrra väheneb kasutegur. Sisetakistus on väga väike, seepärast tuleb hoiduda aku lühistamisest (ka testriga lühismeetodil kontrollimisest). Aku annab nimimahutavuse ulatuses energiat temperatuurivahemikus  $12...25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; sellest alla- ja ülespoole hakkab mahutavus vähenema. Seismisel väheneb aku laeng kiiresti: 1. kuu lõpuks on esialgsest laengust alles u. 70 %, 2 kuu pärast 50 % ja 4 kuu pärast kõigest 20 %.

Aku normaalne laadimisvool on  $1/10$  mahutavuse arvvaartusest; nt. kui mahutavus on 700 mAh, on soovitatav laadida vooluga  $700/10 = 70\text{ mA}$  14...16 tundi. Selle laadimisvoolu korral pole mõningane ülelaadimine akule ohtlik. Laadida võib ka kuni poole nõrgema vooluga, suurendades vastavalt laadimiskestust. Osa alaldeist võimaldavad kiir-laadimist tavalisest tugeva vooluga. Nii viisi tohib siiski laadida üksnes selleks ettenähtud akusid, järgides täpselt nõutud režiimi; ülelaadimine tugevama vooluga võib põhjustada aku purunemise. Akus sisalduv kaadmium on mürgine ja seega akujäätmed keskkonnaohtlikud.

Laadimisseadme ehitajaile teadmiseks, et NiCd-aku väikese sisetakistuse tõttu tuleb teda laadida püsiva vooluga. Järelikult peab alaldi sisetakistus olema suur (pingemadaldustrafo sekundaarpinge väh. 3 korda kõrgem akuelemendi või -patarei pingest ning sekundaarahelas takisti, mis piirab laadimisvoolu väärtuseni  $1/10\text{ Ah}$ ). (Leelismangaanakut, mille keemiline süsteem on sama mis leeliselemendil, tuleb laadida püsival pingel 1,75 V).

Nikkelkaadmiumakudel ilmneb omapärane mälu efekt: kui akut korduvalt ainult osaliselt tühjendada ja siis täis laadida, jätab aku meelde, kui palju on vaja energiat anda ning tühjendamisel tavalise piirini langeb pingeline järsult - aku mahutavus oleks nagu vähenenud. Et nimetatud nähtus ei avalduks, on vaja akut alati tühjendada lubatava piirini (0,9 V); ootamatu toitekatkestuse ärahoidmiseks olgu käepärast teine aku (või galvaanielemendid). Korralikul käsitsemisel taluvad NiCd-akud 500...1000 laadimis-tühjendustsükli.

Kuigi aku mahutavus on väiksem kui samagabariidilisel leeliselemendil, tasub nende kasutamine (ka laaduri maksumust arvestades) end juba kümnekonna laadimis-tühjendustsükli järel.

Tuntuimad NiCd-akude tootjad on Duracell, Varta, Saft, Panasonic, Sanyo, Hitachi, Vivanco.

Nikkelkaadmiumakudest 30..50 % suurema erimahutavusega (aku mahuühiku kohta) on nikkel-metallhüdriid- (NiMH-) akud. Neil puudub mälu efekt, kuid isetühjenemine toimub kiiremini, kuu ajaga tühjeneb aku peaaegu täielikult. Ei sisalda peaegu üldse keskkonnaohtlikku kaadmiumi.

Erimahutavus on 3...4 korda suurema liitiumioon- ja liitiumpolümeerakudel. Neil puudub praktiliselt isetühjenemine (laeng võib säilida aastaid), samuti mälu efekt. Eelmistega võrreldes on aga tööiga lühem – keskmiselt 300 tsüklit ja hind 2–3 korda kõrgem.

Toodetakse ka päikesepatarei ja aku plokk, mis päeva valgusel toidab aparati ja/või laeb akut. Nt. 20 jada-rööpühenduses fotoelemendiga paneelist (130x85x18 mm) ja 5 NiCa-akust koosnev toiteseadet võib anda pingel 6 V kuni 250mA voolu.


## KASUTATUD KIRJANDUS


- Abo L. Raadiolülitused. 1990. 544 lk.
- Lehtla T., Kulmar L. Mikroprotsessoritehnika. 1995. 142 lk.
- Pihlau J. Digitaalelektronika käsiraamat: Integraalsed loogikaelemendid. 1985. 240 lk.
- Pihlau J. Digitaalelektronika käsiraamat: Mäluseadmed ja mikroprotsessorikomplektid. 1994. 390 lk.
- Müller R. Bauelemente der Halbleiter-Elektronik. 1991. 328 S.
- Smith D. Optoelectronic devices. 1995. 380 p.
- Stanley W. D. Principles of electronic devices. 1995. 1040 p.
- Tietze U., Schenk Ch. Halbleiter-Schaltungstechnik. 1993. 1024 S.
- Völz H. Elektronik. 1989. 1044 S.
- Аксенов А. И., Нефедов А. В. Элементы схем бытовой радиоаппаратуры: Диоды, транзисторы. 1992. 224 с.
- Аксенов А. И., Нефедов А. В. Элементы схемы бытовой радиоаппаратуры: Конденсаторы, резисторы. 1995. 272 с.
- Новаченко И. В. и др. Микросхемы для бытовой радиоаппаратуры. 1995. 384 с.
- Гусев В. Г., Гусев Ю. М. Электроника. 1991. 624 с.

# LISAD

## ELEKTRISKEEMIDE TINGMÄRKE (IEC 617 järgi)

 Diiod

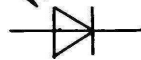
 \*

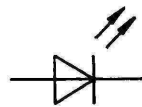
 Stabilitron

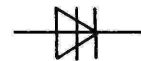
 \*

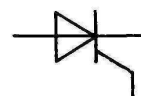
 Mahtuvusdiiod

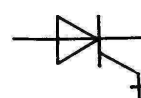
 \*

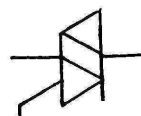
 Fotodiiod


 Valgusdiiod

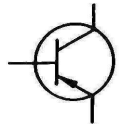
 Diiodtüristor


 Katoodtüüritav triiodtüristor

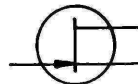
 Suletav türistor


 Sümmeetriline triiodtüristor

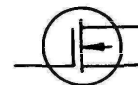
 npn-bipolaartransistor


 pnp-bipolaartransistor


 n-baasiga ühesiirde-transistor

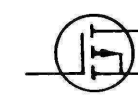
 n-kanaliga pn-välja-transistor


 p-kanaliga pn-välja-transistor

 Formeeritud n-kanaliga MOP-transistor

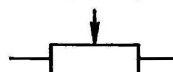
 Formeeritud p-kanaliga MOP-transistor, viik substraadist

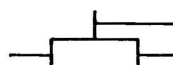
 Indutseertava n-kanaliga MOP-transistor

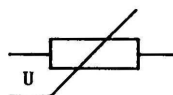
 Indutseeritava p-kanaliga MOP-transistor, substraadi ja lätte siseühendus

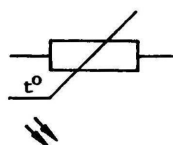
 Takisti

 \*

 Muuttakisti

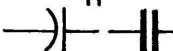
 Seadetakisti


 Varistor


 Termotakisti


 Fototakisti


 Kondensaator


 \*

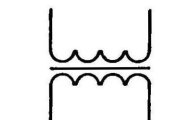
 Elektrolüüt-  
kondensaator

 Muut-  
kondensaator

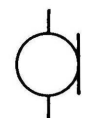
 Seade-  
kondensaator

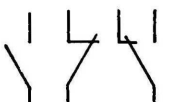
 \* Mähis, õhk-  
südamikuga  
pool

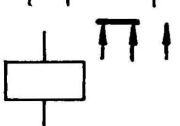
 Magnetodielektrikust  
häälestussüdamikuga  
pool


 Ferromagnetilise  
südamikuga  
pool

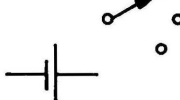
 Valjuhääldi


 Mikrofon

 Sulge-, katke- ja  
ümlerlülituskontakt

 \*  
Relee mähis

 \*  
Ümlerlüliti

 Galvaanielement,  
aku

 Pistik ja pesa

\* Ei kuulu IEC standardisse

## LÜHENDEID

- AC, ac alternating current vahelduvvool  
 AC advanced CMOS täiustatud KMOP  
 ACC accumulator aku  
 ADC analog-to-digital converter analoog-digitaalmuundur, A/D-muundur  
 ALS-TTL advanced low-power Schottky TTL täiustatud väikese võimsustarbega Schottky-TTL  
 ANSI American National Standards Institute Ameerika Riiklik Standardiinstituut  
 ASA American Standard Association Ameerika Standardiorganisatsioon  
 ASIC application specific integrated circuit tellija-IL  
 AS-TTL advanced SchottkyTTL täiustatud Schottky-TTL  
 ASW acoustic surface wave akustiline pindlaineline  
 BBR base bulk resistance baasi mahutakistus  
 BCD binary coded decimal kahend-kümnendarv  
 BJT bipolar junction transistor bipolaartransistor  
 BPT bipolar transistor bipolaartransistor  
 CC, cc continous current alalisvool  
 CCIR Consultative Committee for International Radio Rahvusvaheline Raadioside Konsultatiivkomitee  
 CDIP ceramic dual-in-line package keraamiline DIP  
 CE common-emitter ühisemitteriga, ÜE  
 CMOS, C-MOS, C/MOS complementary metal-oxide-semiconductor komplementaarne MOP-struktuur, KMOP-struktuur  
 CMOS IC complementary metal-oxide-semiconductor integrated circuit KMOP-integraallülitus, KMOP-IL  
 CMRR common-mode rejection ratio sünafaasse signaali nõrgendustegur  
 CRT cathode-ray tube elektronkiiretoru  
 CT<sup>2</sup>L complementary TTL komplementaarne TTL  
 CTR current transfer ratio vooluülekanndetegur  
 DAC digital-analog converter digital-analoogmuundur, D/A-muundur  
 DC, dc direct current alalisvool  
 diac diode alternating-current switch sümmeetriline dioditristor  
 DIL dual in-line [package] kahes reas viikudega [korpus]  
 DIN Deutsche Industrie-Norm[en] Saksa Tööstusstandard[id]; Deutsches Institut für Normung Saksa Standardiseerimis-instituut  
 DIP dual in-line package kahes reas viikudega korpus; dual in-line, plastic kahes reas viikudega plastkorpus  
 DL delay line viitliin  
 DMC digital microcircuit digitaal-IL

- DPLL digital phase locked loop digitaalne faasisünkro-  
süsteem
- ECL emitter-coupled logic emittersidestusloogika, ESL
- EF emitter follower emitterjärgur
- EHT extra-high tension 2. anoodi pinge (elektronkiiretorul)
- EIA Electronic Industries Association Elektroonikatööstuse  
Assotsiatsioon
- EL electroluminescence elektroluminestsents
- FAST Fairchild-advanced-Schottky-TTL Fairchildi täiustatud  
Schottky-TTL
- FET, fet field-effect transistor väljatransistor
- FF flip-flop triger
- FPD flat panel display lamekuvar
- FST, FSQ Flat Square Tube lame täisnurkne kineskoop
- GTO gate turnoff IthyristorI kaheoperatsiooniline e.  
suletav türistor
- IC integrated circuit integraallülitus, IL
- IEC International Electrotechnical Commission Rahvus-  
vaheline Elektrotehnikakomisjon
- IGFET insulated gate FET isoleeritud paisuga välja-  
transistor
- I<sup>2</sup>L integrated injection logic integraalne injektsioon-  
loogika
- IRED infrared emitting diode infrapunakiirgusdiod
- ISO International Standard Organization Rahvusvaheline  
Standardiorganisatsioon
- JEDEC Joint Electron Device Engineering Committee Elektron-  
seadiste Ühendatud Tehnikakomitee
- JFET junction gate FET pn-väljatransistor
- JIS Japanese Industrial Standard Jaapani Tööstusstandard
- LCD liquid cristal display vedelkristallkuvar
- LED light-emitting diode valgusdiod
- LEDA, LED array valgusdiodmaatriks
- LNA low-noise amplifier müravaene võimendi
- LS loudspeaker valjuhääldi
- LSI large-scale integration IcircuitI suur integraal-  
lülitus, lausintegraallülitus
- LS-TTL low-power Schottky TTL väikese võimsustarbiga  
Schottky-TTL
- MC microcircuit integraallülitus
- MESFET metal-silicium-FET Schottky barjääriga välja-  
transistor
- MIC, mic microphone mikrofon
- MIC monolithic IC monoliitne IL
- MISFET metal-insulator-silicium FET MOP-transistor
- MOSFET metal-oxide semiconductor FET MOP-transistor
- MPX, MUX, mux multiplexer multipleksor

- NTC negative temperature coefficient negatiivne temperatuuritegur
- OIRT Organisation Internationale de Radiodiffusion et Télévision Rahvusvaheline Ringhäälingu- ja Televisiooniorganisatsioon
- PLD programmable logic device programmeeritav loogika-IL
- PLL phase-locked loop faasisünkrosüsteem, faashaardeahel
- ppm parts per million miljondik osa
- pps pictures per second pilti sekundis
- PTC positive temperature coefficient positiivne temperatuuritegur
- QF quality factor hüvetegur
- QUIP quad in-line package neljas reas viikudega lamekorpus
- RCA Radio Corporation of America Ameerika Raadiokorporatsioon
- RCT reverse conducting thyristor vastujuhtiv türistor
- RMS, rms root-mean-square [valeur] ruutkeskmine [väärtus]
- SAW surface acoustic waves akustilised pinnalained
- SB Schottky barrier Schottky barjäär
- SCART Syndicat des Constructeurs d'Appareils Radio Récepteurs et Téléviseurs Raadio- ja Telerikonstruktorite Sündikaat
- SIP single in-line package ühes reas viikudega korpus
- SM surface mounting pealismontaaž
- S/N signal-to-noise ratio signaali ja müra suhe
- SOT small-outline transistor pisikorpuses transistor
- SWCF surface-wave comb filter pindlaine-kammfilter
- TC temperature coefficient temperatuuritegur
- TCR temperature coefficient of resistance takistuse temperatuuritegur
- TN-LCD twisted nematic LCD pöördenemaatikal põhinev vedelkristallkuvar
- TO transistor outline transistorikorpus
- TRIAC, triac (TRIode + AC) sümistor
- UJT unijunction transistor ühesiirdetransistor
- VCD variable capacitance diode varikap, mahtuvusdiod
- VCO voltage controlled oscillator pingega tüüritav generaator
- VDR voltage dependent resistor varistor
- VDU visual display unit kuvar
- VFD vacuum fluorescent display vaakumluminestsentsindikaator
- VLSI very-large scale integration [circuit] väga suur integraallülitus, lausintegraallülitus
- VR variable resistor muuttakisti, reostaat;  
voltage regulator pingestabilisaator
- µP microprocessor mikroprotsessor

## TERMINIREGISTER (koos ingliskeelsete vastetega)

- aktseptor** acceptor 9  
**aku** storage cell, accumulator 219  
**akustiline pinnalaine** surface acoustic wave 189  
**akvadaag** aquadag 148  
**alaldusdiod** rectifier diode 12,21  
**aluskristall** substrate 51  
**analoogetegraallülitus** analog integrated circuit 79, 94  
**analoo-digitaalmuundur** analog-digital converter, ADC 79  
**anood** anode 148  
**anoodtüüritav türistor** n-gate thyristor 29  
**auk** hole 7  
**aukjuhtivus** hole conduction 9  
**aukmask** round-hole shadow mask 149  
**avarribahääldi** wide-band loud-speaker 200  
**baas** base 10, 38  
**binaarloomika baaselement** binary-logic gate 119  
**binaarsignaali** binary signal 79  
**bipolaartransistor** bipolar transistor, BPT 37  
**dekooder** decoder 123  
**difusioon** diffusion 9  
**difusioonvool** diffusion current 10  
**digitaalintegraallülitus** digital integrated circuit 79  
**diod** diode 12  
**doodtüristor** diode thyristor 28  
**donor** donor 8  
**dünaamiline valjuhääldi** dynamic loudspeaker 196  
**ekraan** screen 147  
**elavhõbeelement** mercury primary cell 219  
**elektromagnet** electromagnet 211  
**elektretmikrofon** electret microphone 204  
**elektrodünaamiline mikrofon** electrodynamic microphone 203  
**elektrolüütikondensaator** electrolytic capacitor 168  
**elektromagnetiline hälvitav** electromagnetic deflection 147  
**elektromehaaniline rele** electro-mechanical relay 211  
**elektronikahur** electron cun 147  
**elektronjuhtivus** electron conduction 9  
**elektronkiiretoru** cathode-ray tube, CRT 147  
**elektronlüliti** electronic switch 79  
**elektrostaatile mikrofon** capacitor microphone 204  
**elektrostaatile potentsiaal** electrostatic potential 53  
**elektrostaatile valjuhääldi** electrostatic loudspeaker 198  
**emitter** emitter 10, 37  
**emittersiire** emitter-junction 37  
**enamuslimengukandja** majority carrier 9  
**faasisünkrolülitus** phase locked loop 79  
**ferritsüdamik** ferrite core 179  
**formeerkanaltransistor** depletion mode FET 49  
**fotodiod** photodiode 129, 136  
**fotoelement** photocell 136  
**fototakisti** photoresistor 129,135  
**fototransistor** phototransistor 129, 138  
**fototüristor** photothyristor 138  
**fotovool** photocurrent 136  
**helirõhu tase** pressure level 199  
**heterosiire** heterojunction 12  
**hõbeoksidelement** silver oxide cell 219, 223  
**häälestuskondensaator** tuning capacitor 169  
**gaaslahendusindikaator** plasma display 129

- hajuõõmsus** dissipation power  
41, 158
- hälvitusüsteem** deflecting system  
147
- hübriidintegraallülitus** hybrid  
integrated circuit 79
- hüvetegur** Q-factor, quality fac-  
tor 16
- impulsspinge** pulsed voltage 12
- impulsstrafo** pulse transfor-  
mer 191
- induktiivpool** inductance coil 177
- indutseerkanaltransistor** enhance-  
ment mode FET 50
- injeksioon** injection 10
- injeksioonlaser** injection laser  
134
- integraallülitus** integrated cir-  
cuit, IC 79
- jootmine** soldering 19, 45
- juhtivuselektron** conduction  
electron 8
- kahendsignaal** binary signal 79
- kahe reas viikudega korpus** dual-  
in-line package, DIP 82
- kaksisktakisti** dual potenti-  
ometer
- katoodtüüritav türistor** p-gate  
thyristor 29
- keraamikakondensaator** ceramic ca-  
pacitor 169
- kihttakisti** film resistor 155
- kiirenduselektrood** accelerating  
electrode 148
- kiirgusallikas** radiation source  
129, 130
- kiirgusvastuvõtja** radiation recei-  
ver 129, 135
- kilekondensaator** film capacitor  
169
- kineskoop** picture tube, kines-  
cope 147
- kollektor** collector 38
- kollektorsiirede mahtuvus** collec-  
tor-junction capacitance 38
- kondensaator** capacitor 167
- kontaktid** contacts 211
- koonusembraan** cone diaphragm 197
- koormustakistus** load resistance  
100
- korpus** package 82
- korv** (valjuhääldil) basket 197
- kuppelembraaniga valjuhääldi**  
dome loudspeaker 197
- kuvapaneel** display 129
- kuvaritoru** display tube 152
- kvartsfilter** crystal filter 188
- kõrgribahääldi** tweeter 200
- kärnmagnet** slug magnet
- küllastuspinge** saturation voltage  
45
- küllustüüpi MOP-transistor** enhan-  
cement mode FET 50
- lame membraan** flat diaphragm 197
- lamekorpus** flat-pack 82
- laserdiiod** laserdiode 134
- laviinlabilööök** avalanche break-  
down 11
- Leclanché element** Leclanché cell  
219, 222
- leeliselement** alkaline cell 223
- leegerimine** doping 8
- liitiumelement** lithium cell 224
- lineaartakisti** linear resistor  
154
- loogikaelement** logic element 122
- loogikalülitus** logic circuit 118
- läte** source 46
- lävipinge** gate-source treshold  
voltage 50
- lükandtakisti** slide potentiometer  
155
- lülitidiod** switching diode 24
- madalribahääldi** woofer 200
- magnetostriktsioonfilter** magneto-  
strictive filter 187
- magnetsüdamik** magnetic core 179
- mahtuvus** capacitance 169
- mahtuvusdiiod** variable capacitance  
diode, VCD 15, 27
- mahtuvuse temperatuuritegur** tem-  
perature coefficient of capa-  
citance 16, 171

- mahutavus** capacity 220  
**mantelsiidamik** shell-type core 192  
**membraan** diaphragm 197  
**metallkihttakisti** metal film resistor 154  
**mikrofon** microphone 203  
**mikroprotsessor** microprocessor 79  
**mikroskeem** integrated circuit 79  
**mittelineaarmoonutus** non-linear distortion 199  
**mittelineaartakisti** non-linear resistor 154, 164  
**modulaator** modulator 148  
**monoliitintegraallülilitus** monolithic integrated circuit 79  
**MOP-transistor** metal-oxide-semiconductor FET, MOSFET 47, 49  
**multipleksor** multiplexer 124  
**mustvalgekineskoop** monochrome picture tube 148  
**muusikavõimsus** music power 199  
**muutkondensaator** variable capacitor 169  
**muuttakisti** variable resistor 155  
**mähis** winding 177  
**mähisetraat** wire 194  
**müratase** noise level 158, 206  
**mürategur** noise factor 45, 51  
**neel** drain 46  
**nihkepinge** bias voltage 94  
**nikkelkaadmiumaku** NiCd battery 225  
**nikkel-metallhüdriidaku** NiMH battery 232  
**nimivõimsus** nominal power 199  
**omajuhtivus** intrinsic conduction 8  
**omamahtuvus** self-capacitance 179  
**operatsioonvõimendi** operational amplifier 79, 94  
**optoelektronrelee** optoelectronic relay 214  
**optoelektrõnseadis** optoelectronic device 129  
**optron** optocoupler, optron 139  
**pais** gate 46  
**paispool** choke 177  
**patareid** battery 219  
**pealiskinnitamine** surface mounting 82  
**pesa** socket 215  
**piezoelektriline filter** piezo-electric filter 187  
**pinetakistus** dark resistance 136  
**pinivoolum** dark current 136  
**pinge temperatuuritegur** temperature coefficient of voltage 15  
**pingekomparaator** voltage comparator 79  
**pingestabilisaator** voltage stabilizer 113  
**pistik** plug 215  
**planaartehnoloogia** planar technology 80  
**pn-siire** pn junction 7, 10  
**pn-väljatransistor** junction gate FET, JFET 47  
**pool** inductor, coil 177  
**pooljuht** semiconductor 7  
**potentsiaalbarjäär** potential barrier 10  
**päripinge** forward voltage 12  
**pöördtakisti** rotary potentiometer 155  
**püsikondensaator** fixed capacitor 169  
**püsitakisti** fixed resistor 155  
**rauaskadu** iron loss 191  
**register** register 123  
**reguleertakisti** control potentiometer 155  
**rekombination** recombination 8  
**relee** relay 211  
**resonaator** resonator 177, 185  
**resonantsliin** resonance line 185  
**rõngasmagnet** ring magnet 198  
**sagedusala** frequency range, frequency band 100, 200, 205  
**sagedusarakteristik** amplitude frequency characteristic 200  
**Schottky barjääriga transistor** metallized semiconductor FET, MESFET 48

- Schottky barjäär** Schottky barrier 12  
**seadekondensaator** trimmer capacitor 169  
**seadetakisti** preset potentiometer 155  
**segmentindikaator** segment display 141  
**sekundaarmähis** secondary winding 191  
**soojuslik ajakonstant** thermal time constant 166  
**soojuslabilöö** thermal breakdown 11  
**soojustakistus** thermal resistance 41  
**säilimiskestus** shelf life 220  
**stabilitron** stabilizer diode, Zener diode 13, 25  
**stabistor** stabistor 14  
**substraat** substrate 51  
**suletav türistor** turn-off thyristor 30  
**sulgepinge** gate-source cut-off voltage 47  
**südamik** core 177  
**sümistor** triac 30, 35  
**sümmeetriline türistor** triac 35  
**taastumiskestus** recovery time 13  
**takisti** resistor 154  
**takistus** resistance 154  
**takistuse temperatuuritegur** temperature coefficient of resistance, TCR 158, 166  
**taktimpulss** clock pulse  
**teravduselektrood** focusing electrode 148  
**termistor** thermistor 165  
**toitetrafo** network transformer 191  
**traattakisti** wirewound resistor 154  
**trafo** transformer 191  
**transiitsagedus** transition frequency 45, 94  
**transistorikorpus** transistor outline, TO 82  
**triger flip-flop**, trigger 122  
**triivvool** drift current 10  
**trioodtüristor** triode thyristor 29, 33  
**tundlikkuse tase** response level 200  
**tunnelläbilöö** tunnel breakdown 12  
**tõkkekiht** barrier layer 10  
**tõus** slope, transconductance 51  
**ummisüdamik** pot core 180  
**vaakumluminestsentsindikaator** vacuum fluorescent display, VFD 129, 145  
**vaegustüüpi MOP-transistor** depletion mode FET 50  
**valgusdiood** light-emitting diode, LED 130, 132  
**valgusdioodindikaator** LED display 129, 141  
**valjuhääldi** loudspeaker, speaker 196  
**varistor** varistor, voltage-dependent resistor, VDR 164  
**varje** shield 184  
**vastujuhtiv türistor** reverse conducting thyristor 31  
**vastupinge** reverse voltage 12, 18  
**vastuvool** reverse current 13  
**vedelkristallindikaator** liquid crystal display, LCD 129, 142  
**viitliin** delay line 190  
**vooluülekandetegur** current transfer ratio 44  
**võimendustegur** amplification factor, gain 94  
**võnkepool** voice coil, moving coil 196  
**värvikineskoop** color picture tube 149  
**ühesiirdetransistor** unijunction transistor 37  
**ühisemitterühendus** common-emitter circuit 40  
**ühissignaali nõrgendustegur** common-mode rejection ratio 94

# TEVALO

**Elektronikakomponentide jae- ja hulgimüük**

MIKROSKEEMID  
TRANSISTORID  
DIOODID  
KONDENSAATORID, TAKISTID  
PISTIKUD, PESAD  
KAABLID  
JOOTETARBED  
ANTENNID  
MÕÕTERIISTAD

Tallinnas: Paldiski mnt. 15, tel. 6311624 faks 6311277  
Tartus: Akadeemia 5, tel. 420355  
[Http://www.eol.ee/tevalo](http://www.eol.ee/tevalo)



**S**IIIT RAADIO KOKKU SAAKS  
**P**OVOV KUI KA **M**MARCONII.

**Raadio- ja elektronikakomponentide pood**

# RAADIOMAJAS

Gonsiori 21, Tallinn EE0001  
☎ 6410850, 6114250  
ONLINE INTERNETIS:  
[rei.ee/opood](http://rei.ee/opood)  
eost: [ohm@uninet.ee](mailto:ohm@uninet.ee)



ISBN 9985-60-358-3