

**Agjencia Kombëtare e Arsimit, Formimit Profesional dhe Kualifikimeve  
Sektori i Skeletkurrikulave dhe Standardeve të Trajnimit të Mësuesve të AFP**

## **MATERIAL MËSIMOR**

**Në mbështetje të mësuesve të drejtimit mësimor**

### **TEKNOLOGJI INFORMACIONI DHE KOMUNIKIMI**

**Niveli I i AP**

**NR. 6**

**Ky material mësimor i referohet:**

- **Lëndës profesionale:** “Bazat e elektronikës”, kl.10 – 72 orë (L-12-151-19).

**Përgatitën:**

**Luçiana Toti**

**Arbesa Palushi**

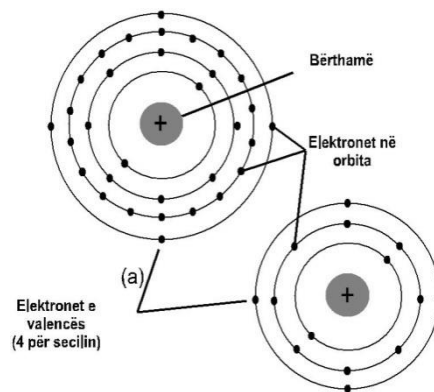
**Tiranë, 2019**

**Tema mësimore nr.1:**

# **Materialet gjysmëpërcjellëse. Dioda gjysmëpërcjellëse, llojet, përdorimi dhe karakteristikat**

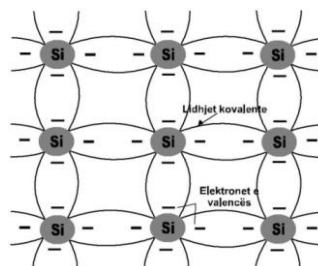
## **1.1. Materialet gjysmëpërcjellëse**

*Material përcjellës* është një material, që lejon një lëvizje të madhe të ngarkesave (pra ka nivel të lartë përcjellshmërie), kur në të zbatohet një tension me amplitudë të caktuar. *Material izolues* është një material, që ka nivel të ulët përcjellshmërie, kur në të zbatohet një tension. Material *gjysmëpërcjellës*, si rrjedhim, është një material, që ka një nivel përcjellshmërie diku midis ekstremeve të një izolatori dhe një përcjellësi. Nëse në një pjesë shumë të vogël materialesh prej silici futet një numër i caktuar atome të tjera, karakteristikat e materialit mund të ndryshojnë. Këto veti i gëzon *Germaniumi* dhe *Silici*, prandaj ato kanë marrë përdorim të gjerë. Karakteristikat e tyre ndryshojnë veçanërisht nën ndikimin e dritës ose nxehtësisë, kështu që elementet gjysmëpërcjellëse përdoren edhe në ndërtimin e elementeve të ndjeshme ndaj dritës ose nxehtësisë. Modeli i Bohrit për dy gjysmëpërcjellësit më të përdorshëm është treguar në fig.1.1



**Fig. 1.1**

Në kristalin e pastër të *Ge* apo *Si*, 4 elektronet e valencës së çdo atomi lidhen me elektronet e valencës së 4 atomeve të tjera, duke formuar një lidhje kovalente si në fig.1.2. Në kushte normale një kristal i tillë nuk përcjell rrymë, sepse elektronet janë të lidhura në çifte dhe nuk mund të lëvizin. Elektronet e valencës me energji kinetike të mjaftueshme, për arsye të ndryshme, mund të thyejnë lidhjen kovalente dhe të dalin në gjendje “të lirë”. Lidhja kovalente mund të ndikohet edhe nga efekti i energjisë diellore në formën e fotoneve ose energjisë termike të mjedisit rrethues.



**Fig. 1.2**

Materialet gjysmëpërcjellëse, si *Ge* e *Si*, në të cilat zvogëlohet rezistenca me rritjen e temperaturës, thuhet se kanë koeficient negativ temperature. Rezistenca e shumicës së përcjellësve rritet me rritjen e temperaturës; ata kanë koeficient pozitiv temperature.

### Gjysmëpërcjellësit e tipit *p* dhe *n*

Karakteristikat e materialeve gjysmëpërcjellëse mund të ndryshojnë duke shtuar atome të jashtme (papastërti) brenda materialit relativisht të pastër. Këto papastërti, megjithëse janë në raportin 1 me 10 milionë, ndryshojnë vetitë e materialit gjysmëpërcjellës. Ekzistojnë dy tipe materialesh me rëndësi të jashtëzakonshme në prodhimin e pajisjeve gjysmëpërcjellëse: materiale gjysmëpërcjellës tip *n* dhe materiale gjysmëpërcjellës tip *p*.

### Gjysmëpërcjellësi tip *n*

Gjysmëpërcjellësi i tipit *n* është krijuar nga futja e atomeve pesëvalente (me pesë elektrone valence), të tilla si *antimoni*, *arseniku* dhe *fosfori*, në një kristal të pastër silici apo germaniumi. Në figurën 1.3, në një element bazë *Si* është përdorur antimoni si papastërti. Siç shihet, ndodhet një elektron i pestë i atomit të papastërt, i cili është i pashoqëruar me lidhje kovalente të posaçme. Ky elektron i mbetur, i liruar nga atomi mëmë, është relativisht i lirë për të lëvizuar brenda materialit të ri tip-*n*.

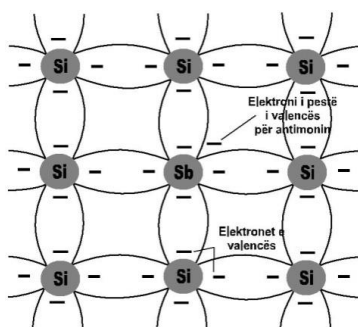


Fig. 1.3

Materiali i tipit *n* është elektrikisht neutral, sepse numri i protoneve me ngarkesë pozitive në bërthamë është i barabartë me numrin e elektroneve në strukturë.

### Gjysmëpërcjellësi tip *p*

Materiali tip *p* është formuar nga vendosja e atomeve 3-valente brenda një kristali të pastër të *Si* ose të *Ge*. Elementet më të përdorura për këtë qëllim janë *bori*, *galiumi*, *indiumi*. Efekti i njërit prej këtyre elementeve, borit, në elementin bazë *Si*, është treguar në figurën 1.4:

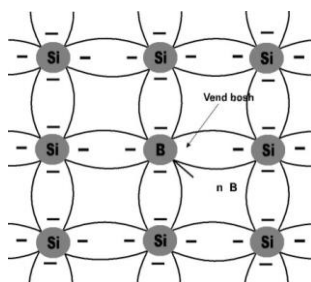
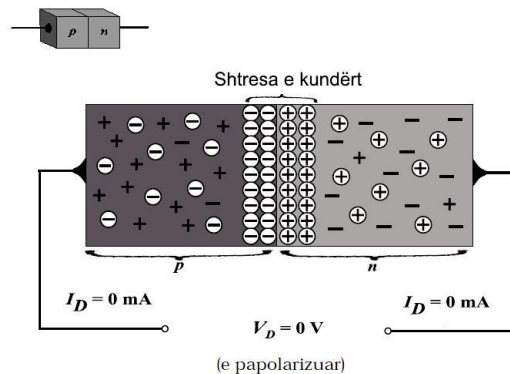


Fig. 1.4

Materiali i tipit *p* është elektrikisht neutral, për të njëjtën arsye siç u tha më lart.

## 1.2. Diodat gjysmëpërcjellëse

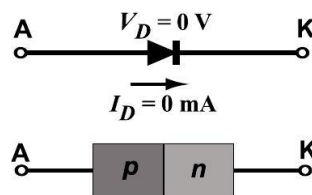
Diodat gjysmëpërcjellëse janë formuar nga bashkimi i dy shtresave gjysmëpërcjellëse të tipave të ndryshëm (por me të njëjtën bazë *Si* ose *Ge*) si në figurën 1.5. Sapo dy shtresat gjysmëpërcjellëse bashkohen, elektronet dhe vrimat në zonën e bashkimit fillojnë të kombinohen. Zona ku shfaqen jonet pozitive e negative quhet *barrierë potenciale* ose *shtresë e kundërt*, në përshtatje me shenjë e kundërt të mbartësve me shumicë me ato të joneve në këtë zonë. Dioda është një element me dy dalje: anoda dhe katoda. Një diodë mund të ndodhet në këto gjendje (në varësi të tensionit të zbatuar): e papolarizuar ( $V_D = 0$ ), e polarizuar në të drejtë ( $V_D > 0$ ) dhe e polarizuar në të kundërt ( $V_D < 0$ ).



**Fig. 1.5**

*Dioda e papolarizuar nga jashtë ( $V_D = 0V$ )*

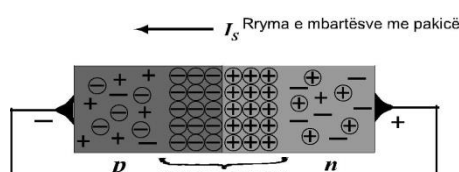
Dioda quhet e papolarizuar kur në të nuk zbatohet tension, pra  $V_D = 0V$  (fig. 1.6). Në një diodë gjysmëpërcjellëse, kur nuk zbatohet tension në të, rryma në çdo kah është zero. Simboli i një diode, vlera e  $V_D$ -së dhe  $I_D$ -së janë treguar në figurën 1.6.



**Fig. 1.6**

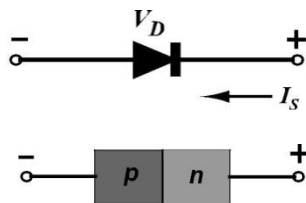
*Dioda në kushtet e polarizimit të kundërt ( $V_D < 0$ )*

Nëse një burim tensioni i jashtëm është lidhur me diodën, në mënyrë të tillë që poli pozitiv i burimit të lidhet me shtresën tip *n* dhe poli negativ i burimit të lidhet me shtresën tip *p*, siç tregohet në figurën 1.7, themi që dioda është polarizuar në të kundërt. Shtresa e kundërt është zgjeruar krahasuar me rastin e mëparshëm dhe ajo do të kthehet në një pengesë më të madhe për mbartësit e shumicës dhe zvogëlon lëvizjen e tyre deri në zero.



**Fig. 1.7**

Rryma që lind në kushtet e polarizimit të kundërt është quajtur rryma e kundërt e ngopjes dhe shënohet me  $I_s$ . Rryma e polarizimit të kundërt është e vogël, nuk i kalon disa mikroamper, përveç rasteve të elementeve me fuqi të lartë. Një diodë gjysmëpërcjellëse në kushtet e polarizimit të kundërt tregohet në fig. 1.8.

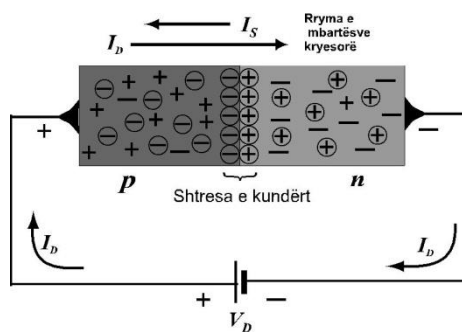


**Fig. 1.8.**

Dioda në kushtet e polarizimit të drejtë ( $V_D > 0$ )

Në kushtet e polarizimit të drejtë poli pozitiv i burimit është lidhur me shtresën tip p dhe poli negativ i burimit është lidhur me shtresën tip n, siç tregohet në figurën 1.9.

$$I_D = I_{\text{mb.kryesor}} - I_s$$



**Fig. 1.9**

Sa më e madhe të jetë vlera e tensionit të drejtë të zbatuar në diodë, aq më e vogël është gjerësia e barrierës potenciale (shtresës së kundërt), pra aq më i madh është numri i elektroneve që mund të kalojnë bashkimin. Për pasojë rritet në mënyrë eksponenciale rryma për regjimin e polarizimit në të drejtë. Në figurën 1.10 është treguar kushti i polarizimit në të drejtë të një diode gjysmëpërcjellëse. Kahu i kalimit të rrymës në diodë është i njëjtë me atë të shigjetës në simbol.

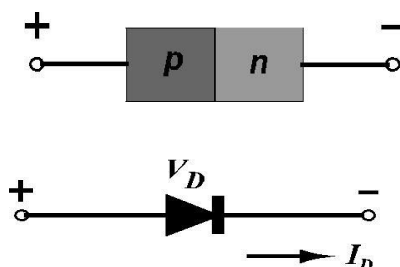


Fig. 1.10

### 1.3 Karakteristika Volt-Ampere e diodës gjysmëpërcjellëse

Karakteristika kryesore e një diode gjysmëpërcjellëse  $I_D = f(V_D)$  përcaktohet nga ekuacioni i mëposhtëm:

$$I_D = I_S e^{kV_D/T_k} - I_S \quad \text{ose} \quad I_D = I_S (e^{kV_D/T_k} - 1)$$

ku  $I_S$  = rryma e kundërt e ngopjes,  $k = 11,600/\eta$  ku  $\eta = 1$  për diodë *Ge* dhe  $\eta = 2$  për diodë *Si*, për rryma në të poshtë gjurit të lakores.  $\eta = 1$  për diodë *Ge* dhe diodë *Si* për vlera më të larta të rrymës në të.

$$T_K = T_C + 273^\circ$$

$T_C$  - është temperatura në  $^\circ\text{C}$ . Karakteristika e plotë e diodës është ndërtuar në fig.1.11.

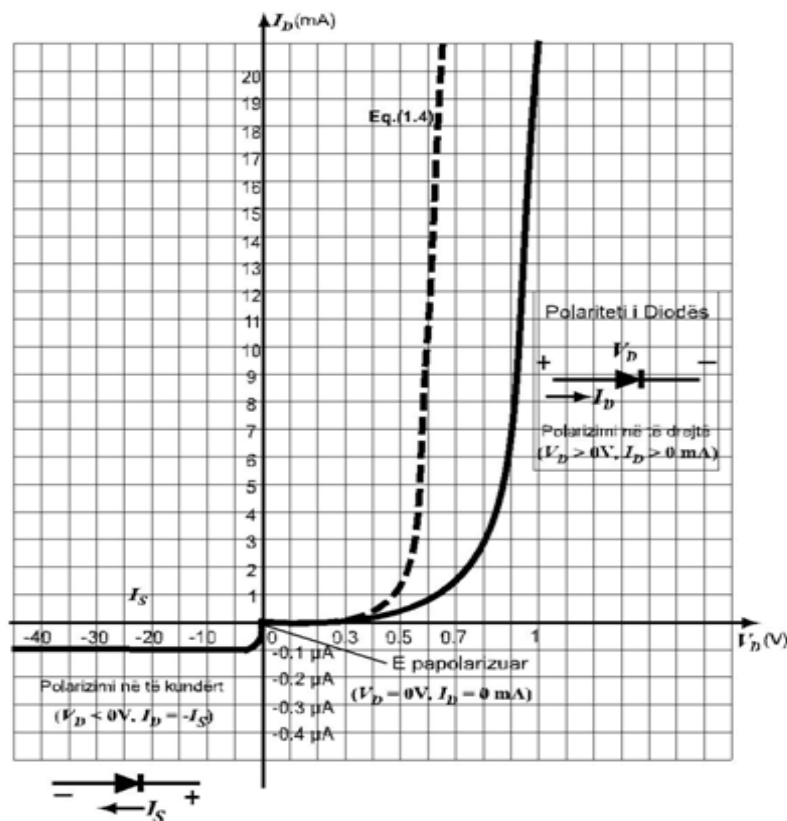
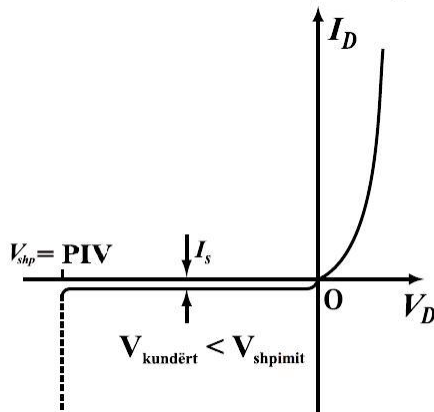


Fig. 1.11

Për vlera pozitive të  $V_D$ ,  $I_D$  do të ndryshojë sipas ligjit  $y = e^x$  dhe karakteristika që shpreh këtë varësi është në kuadrantin e parë. Për diodën e papolarizuar  $V_D = 0 \text{ V}$  dhe rryma  $I_D = 0 \text{ mA}$ . Për vlera negative të  $V_D$ , kemi  $I_D = -I_S$ . Pjesa negative e boshtit vertikal është shkallëzuar në  $\mu\text{A}$ , ndërsa pjesa negative e boshtit horizontal është shkallëzuar në dhjetëra V.

Regjimi zener

Në fig. 1.12 është treguar karakteristika e diodës për vlera shumë të mëdha të tensionit të kundërt. Nëse tensioni i kundërt në diodë rritet sa  $V_{shpimit}$ , do të rritet ndjeshëm rryma e kundërt e ngopjes. Dioda hyn në zonën e *shpimit* dhe ajo del jashtë përdorimit.



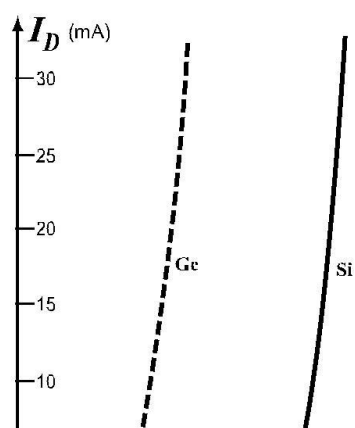
**Fig. 1.12**

*Vlera maksimale e tensionit të kundërt (PIV ose  $V_{shpimit}$ ) që mund të zbatohet në diodë është një madhësi e rëndësishme në zgjedhjen e diodës dhe duhet që  $V_{kundërt}$  i zbatuar në diodë të jetë më i vogël se  $V_{shpimit}$ .*

Nëse vlera maksimale e tensionit të kundërt në pajisje është më e madhe se PIV i një diode, atëherë mund të lidhen disa dioda në seri me karakteristika të njëjta për të mbajtur këtë tension. Diodat mund të lidhen në paralel, për të rritur mundësinë e mbajtjes së rrymave më të mëdha se rryma maksimale e lejuar në një diodë.

*Përparësitë e diodave prej Si ndaj atyre të Ge*

Diodat e Si e kanë, në përgjithësi, tensionin e kundërt maksimal dhe kufijtë e rrymës më të mëdha se ato të diodave prej Ge (fig.1.13). Gjithashtu kufijtë e temperaturës janë më të gjerë. Kufijtë e tensionit të kundërt maksimal për diodat e Si shkojnë deri në 1000 V, ndërsa për diodat e Ge deri në 400 V. Diodat e Si mund të përdoren deri në 200°C, ndërsa ato të Ge deri në 100°C. E mëtej e diodave prej Si është tensioni i hapjes së tyre (0.7 V) më i madh se në diodat e Ge (0.3 V).

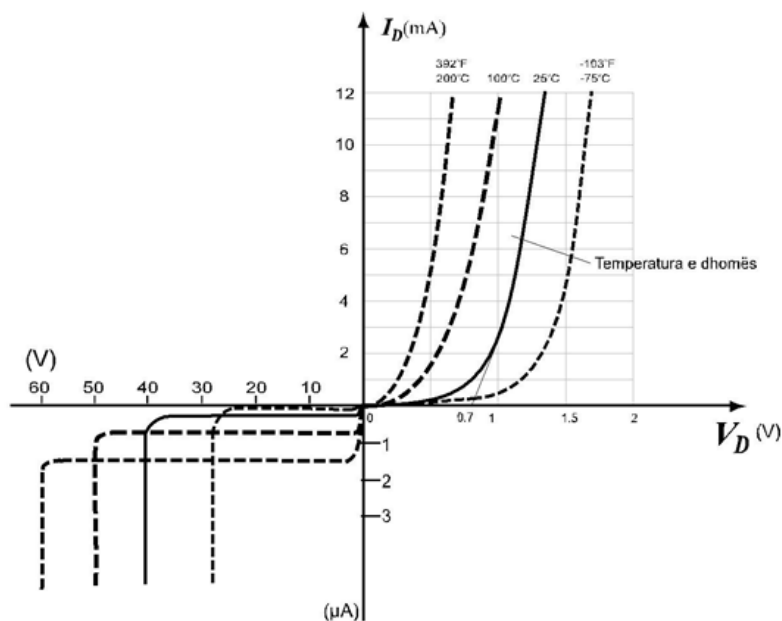


**Fig. 1.13**

V i hapjes së diodës (ose tensioni *threshold*)  $V_T$  është  $V_T = 0.7 \text{ V}$  (Si) dhe  $V_T = 0.3 \text{ V}$  (Ge)

*Efekti i temperaturës*

Rryma e kundërt e ngopjes  $I_S$  do të dyfishohet, nëse temperatura rritet me  $10^\circ\text{C}$ . Nëse  $I_S$  është  $1\mu\text{A}$  në  $25^\circ\text{C}$ , në  $100^\circ\text{C}$   $I_S$  është afërsisht  $100\mu\text{A}$  ose  $0.1 \text{ mA}$ . Ndikimi i temperaturës në diodat gjysmëpërcjellëse tregohet në fig. 1. 14.



**Fig. 1.14**

Kur dioda polarizohet në të kundërt, tensioni i shpimit rritet me rritjen e temperaturës, por njëkohësisht vihet re edhe një rritje e padëshiruar e rrymës së kundërt të ngopjes.

#### 1.4 Rezistenca statike dhe dinamike e diodës

Dioda mund të punojë në pika të ndryshme të karakteristikës së saj, ndaj ajo shfaq rezistenca në vlera të ndryshme, sepse karakteristika është jolineare.

*Rezistenca statike ose rezistenca për rrymën e vazhduar*

Nëse zbatojmë një tension të vazhduar në qarkun ku lidhet një diodë gjysmëpërcjellëse, dioda punon në një pikë të caktuar të karakteristikës, e cila nuk ndryshon me kalimin e



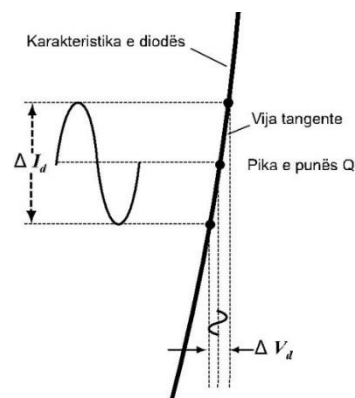
kohës. Rezistenca e diodës në pikën e punës mund të gjendet thjeshtë nga vlerat korresponduese të  $V_D$  dhe  $I_D$ , siç tregohet në fig. 1.15 dhe quhet *rezistencë statike*.

**Fig. 1.15**

**Sa më e vogël të jetë vlera e rrymës në diodë, aq më e madhe është vlera e rezistencës në të.**

*Rezistenca dinamike ose rezistenca për rrymën alternative*

Të mendojmë se qarku me diodë është lidhur me një burim sinjali sinusoidal. Në këtë rast pika e punës lëviz poshtë e lart përgjatë karakteristikës si në fig. 1.16 në varësi të amplitudës së tensionit sinusoidal.



**Fig. 1.16.**

$$r_d = \frac{\Delta V_d}{\Delta I_d}$$

Në përgjithësi rezistenca dinamike përcaktohet:

$$r_d = \frac{26\text{mV}}{I_D}$$

## **Tema mësimore nr.2: Tipe të tjera diodash.**

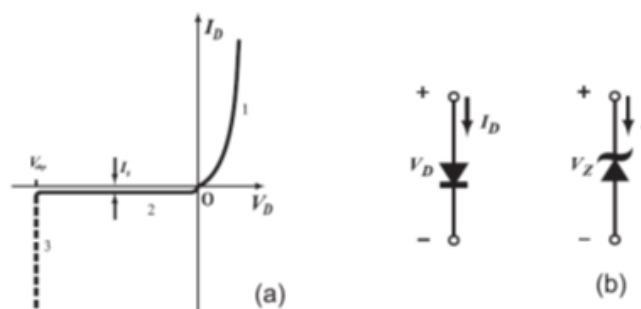
Në këtë temë mësimi do të studiohen tipe të ndryshme diodash, të cilat përdoren më shpesh në praktikë, si: dioda zener, dioda emetuese e dritës, fotodioda, dioda tunnel, dioda me kapacitet variabël (varikap), dioda Shotky.

### **2.1. Diodat Zener**

Dioda zener shërben si element stabilizues i tensionit, pra mban tensionin konstant ndaj dy faktorëve:

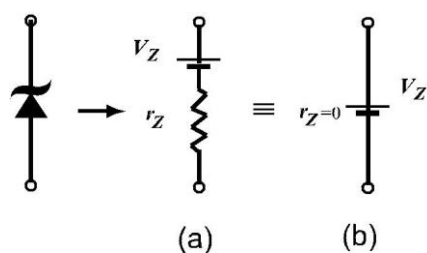
- Ndryshimeve të tensionit në hyrje të skemës brenda një diapazoni të caktuar vlerash
- Ndryshimeve të rezistencës së ngarkesës në dalje të skemës brenda një diapazoni të caktuar vlerash

Karakteristika në fig. 2.1 a) tregon që në regjimin zener ajo zbret në mënyrë vertikale për tensionin e kundërt të shënuar  $V_{shp}$  ose  $V_Z$ . Rryma që kalon në diodë në këtë rast është në drejtim të kundërt me atë të diodës së polarizuar në të drejtë. Diodat që shfrytëzojnë këtë pjesë të karakteristikës janë dioda zener dhe e kanë simbolin si në fig. 2.1 b).



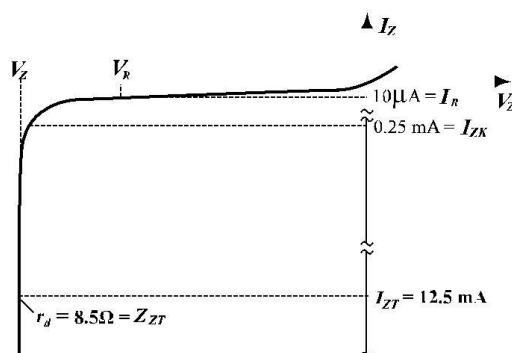
**Fig. 2.1**

Dioda punon në regjimin zener kur ajo duhet polarizohet në të kundërt, pra (+) i burimit të tensionit lidhet me katodën dhe (-) me anodën. Diodat zener mund të kenë tension zener nga 1.8 V deri në 200 V me fuqi maksimale nga 0.25 W deri në 50 W. Për shkak të tensioneve e rrymave më të larta, silici është më i preferuar për prodhimin diodës zener. Qarku ekuivalent i diodës zener përfshin një rezistencë të vogël dinamike dhe një bateri me tension të barabartë me  $V_Z$ , siç është treguar më poshtë në figurën 2.2 a). Në përgjithësi rezistencat e jashtme janë shumë më të mëdha se rezistenca e diodës zener dhe qarku ekuivalent është ai i treguar në fig. 2.2 b).



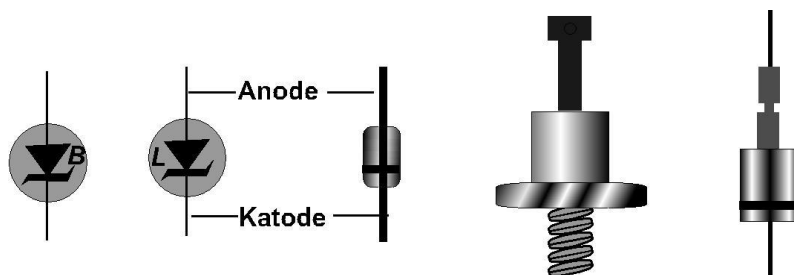
**Fig. 2.2**

Në figurën e mëposhtme (2.3) jepet karakteristika e një diode zener, ku  $V_Z$  nominale është vlera mesatare tipike e tensionit të diodës.  $I_{Z-T}$  është vlera e rrymës së përcaktuar për  $\frac{1}{4}$  e fuqisë dhe  $Z_{ZT}$  është vlera e rezistencës dinamike për këtë nivel.



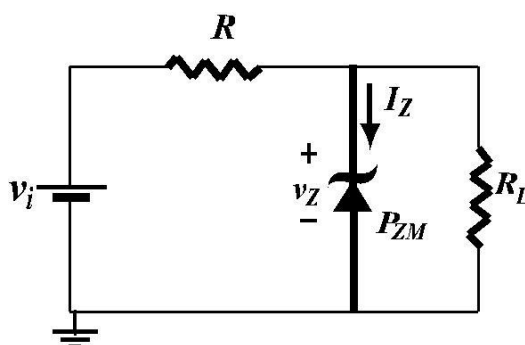
**Fig. 2.3**

Më poshtë tregohen përcaktimi i daljeve të diodës zener dhe pamja e jashtme e disa prej tyre.



**Fig. 2.4**

Qarku më i thjeshtë me diodë zener jepet në fig. 2.5.



**Fig. 2.5**

Nëse  $V \geq V_Z$ , dioda zener është në gjendjen “on” dhe ajo ekuivalentohet me burim tensioni të vazhduar me vlerë sa  $V_Z$ ; nëse  $V < V_Z$ , dioda zener është në gjendjen “off” dhe ekuivalentohet me qark të hapur. Tensioni në elementet e lidhura në paralel është i njëjtë, pra:  $V_L = V_Z$ . Për të përcaktuar rrymën në diodën zener, zbatojmë ligjin e parë të Kirkofit:

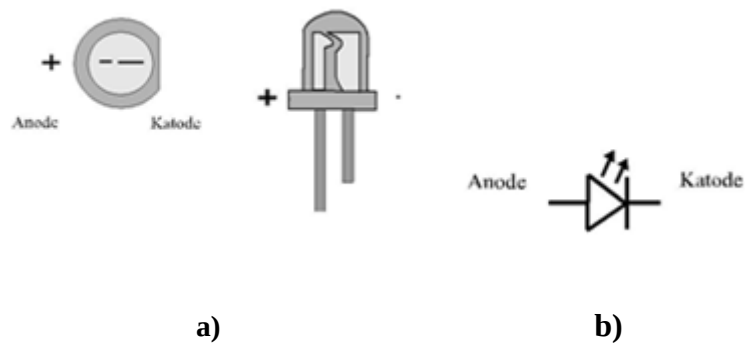
$I_R = I_Z + I_L$ , nga ku:  $I_Z = I_R - I_L$ . Fuqia e harxhuar nga dioda zener përcaktohet :  $P_Z = V_Z I_Z$ . Kjo vlerë e fuqisë duhet të jetë më e vogël se  $P_{ZM}$  e caktuar në katalog për elementin e dhënë. Diodat zener përdoren më shpesh në rregullatorë tensioni ose për të dhënë një tension referimi.

## 2.2. Diodat dritëdhënëse (LED)

LED janë dioda speciale që emetojnë dritë kur lidhen në një qark në kushte të caktuara. Në diodat e zakonshme *Si* ose *Ge*, pjesa më e madhe e kësaj energjie shkon në formën e ngrohtësisë. Në diodat emetuese të dritës, kjo energji rrezatohet si dritë. Pjesa më e rëndësishme e një LED-i është një çip gjysmëpërcjellës që vendoset në qendër të llambës.

Çipi ka dy shtresa: shtresa  $p$  dhe shtresa  $n$ . Dalja e katodës së LED-it duhet lidhur gjithnjë me terminalin negativ të një baterie. Tensioni i punës së një diode emetuese të dritës (LED) është rreth vlerave 1.5 V deri në 3 V, ndërsa rryma që rrjedh nga 10 deri në 50 miliamper. Tensionet dhe rrymat mbi këto vlera mund të shkrijnë çipin e LED. Duke përdorur kombinimin e elementeve kimike galium, arsenik dhe fosfor, mund të ndërtojmë LED-e, që rrezatojnë në ngjyrë të kuqe, jeshile, të verdhë, blu, portokalli ose infra të kuqe (të padukshme). Dalja e katodës (ku lidhet minusi) e një LED-i është treguar (fig. 2.6) në dy mënyra:

1. ana e rrafshët e diodës
2. më e shkurtër nga dy daljet e zgjatura poshtë diodës

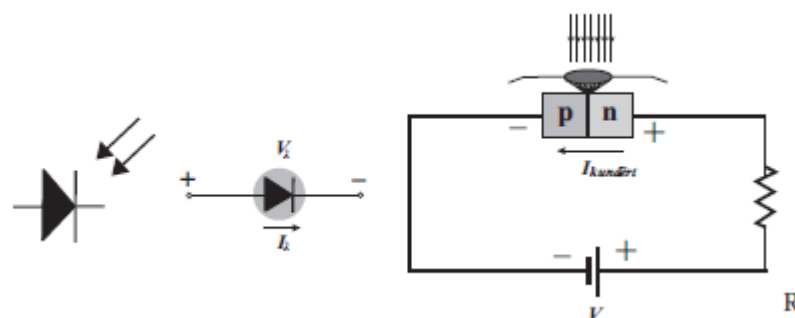


**Fig. 2.6**

Disa nga përdorimet e LED në jetën e përditshme janë: ndriçimet arkitekturore, indikatorët (tregues gjendjeje) në mjaft pajisje, sinjalet e trafikut dhe ato rrugore, ndriçuesit e dorës, telekomandat (komandimi në largësi) në saje të LED me infra të kuqe, fibrat optike për komunikacion, për dritat e pemës së Krishtlindjes, fototerapia me LED kundër akneve (ka rezultuar efektive në zhdukjen e akneve për një periudhë 3-mujore), etj.

### 2.3. Fotodioda

Fotodioda është një element gjysmëpërcjellës me bashkim  $p-n$ . Simboli dhe një skemë e thjeshtë me fotodiodë (fig. 2.7) tregohet më poshtë:

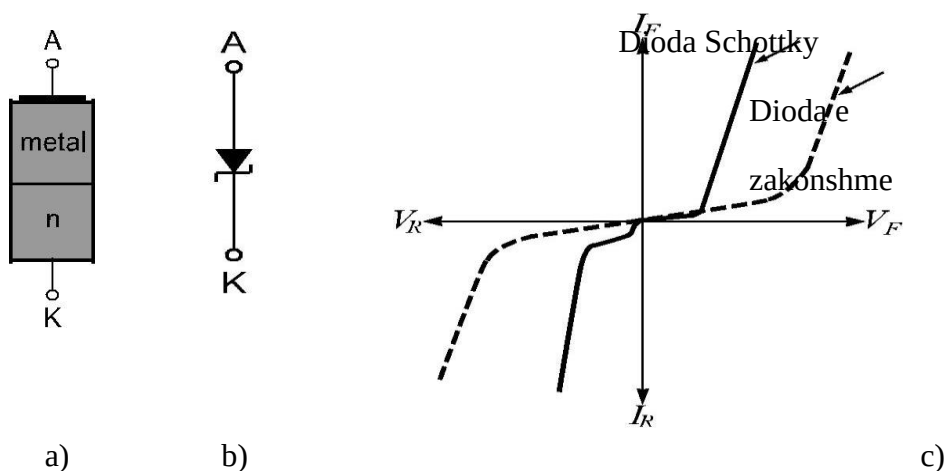


**Fig. 2.7**

Pra, siç duket dhe nga skema, fotodioda lidhet në të kundërt me baterinë. Kur nuk aplikojmë dritë, rryma që do të ekzistojë është rrymë shumë e vogël dhe quhet rryma e errët. Këtë element mund ta përdorim në numërues me shpejtësi të lartë, sistemet e alarmit, etj. Rryma e kundërt do të jetë me vlerë të konsiderueshme aq kohë sa të vazhdojë të bjerë rrezja e dritës. Në qoftë se rrezja ndërpritet, rryma e kundërt bie në nivelin e rrymës së errët dhe vë në punë sinjalizuesin e alarmit. Një tjetër përdorim është ai i numërimit të objekteve mbi një rrip lëvizës. Me lëvizjen përpara të çdo objekti, sa herë pritet rrezja e dritës mbi fotodiodë, rryma bie në nivelin e rrymës së errët dhe numëruesi rrit me një numrin. Zbatime të tjera mund të jenë: në aparatit fotografik me autofokusim, në pajisje sigurie si detektorët e timit, rrezet X në aeroporte dhe në alarmet e automjeteve dhe të banesave, në industri, në skanerat e bar kodeve, në enkodera, në sensorë pozicioni si dhe në fotokopjues etj.

## 2.4. Diodat Shotki (SCHOTTKY)

Një diodë e zakonshme në frekuencat e ulëta mund të ndryshojë lehtë gjendjen nga e polarizuar në të drejtë në të polarizuar në të kundërt. Nëse frekuenca rritet, dioda arrin një gjendje ku nuk mund të kalojë shpejt në gjysmëciklin ku ajo polarizohet në të kundërt. Koha që i duhet diodës së polarizuar në të drejtë për t'u shkyçur (kur polarizohet në të kundërt gjatë gjysmëvalës negative) është quajtur koha e kthimit të kundërt (*reverse recovery time*) trr. Koha e kthimit të kundërt është shumë e shkurtër në diodat e sinjaleve të vogla dhe nuk vihet re në frekuencat poshtë 10 MHz. Në frekuenca më të mëdha ajo duhet marrë në konsideratë, sepse bëhet e krahasueshme në periodën e sinjalit ( $T=1/f$ ). Kur frekuenca bëhet e rendit MHz, sinjali në dalje është i deformuar, sepse koha e kthimit të kundërt bëhet pjesë e periodës. Për të zgjidhur këtë problem, në vend të diodës së zakonshme përdorim diodën Shotki, e cila nga njëra anë e bashkimit është ndërtuar nga një pjesë metali, si: *ar*, *argjend*, *platin* etj., ndërsa nga ana tjetër nga një shtesë tjetër gjysmëpërcjellëse silici (kryesisht tipi *n*), fig.2.8 a).



**Fig. 2.8.** a). Skema strukturore, b) simboli, c) karakteristika e diodës Shotki dhe një diodë e zakonshme

Më poshtë tregohet një skemë drejtuese me diodë Shotki si dhe forma e sinjalit në dalje në frekuencën 100 MHz (fig.2.9)

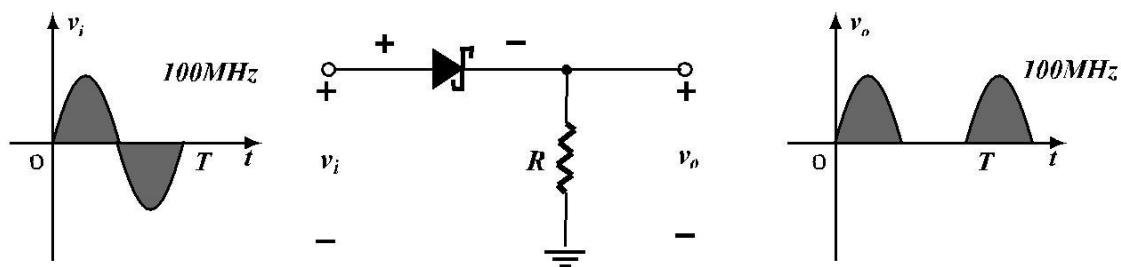


Fig. 2.9

Dioda Shotki kyçet e shkyçet më shpejt se diodat e zakonshme. Ato përdoren në qarqet dixhitale kompjuterike. Shpejtësia e kompjuterave varet nga shpejtësia e diodave dhe transistorëve, me të cilët ata kyçen e shkyçen. Dioda Shotki e ka tensionin e hapjes rreth 0.25V, pra më të vogël se një diodë e zakonshme. Për këtë arsye dioda Shotki mund të përdoret në burimet e fuqisë me tensione të vogla në hyrje.

## 2.5. Dioda Varikap (Dioda me kapacitet variabël)

Dioda varikap përdoret gjerësisht në qarqet televizive, në marrësit FM dhe pajisje të tjera komunikacioni. Simboli i saj jepet në fig.2.10 a). Kur një diodë e sinjaleve të vogla polarizohet në të kundërt, ka një rezistencë të kundërt të rendit  $M\Omega$ , pra në frekuencat e ulëta dioda sillet si një qark i hapur, ndërsa në frekuencat e larta kjo rezistencë duhet marrë në konsideratë. Kur dioda polarizohet në të kundërt, dy shtresat “p” dhe “n” shihen si pllakat e një kondensatori, ndërsa zona e kundërt si një dielektrik midis pllakave të një kondensatori. Ky kapacitet që shfaq dioda quhet kapacitet kalimtar ( $C_T$ ). Sa më i madh është tensioni i kundërt i zbatuar në diodë, aq më e gjerë është shtresa e kundërt dhe aq më i vogël është kapaciteti kalimtar. Pra, kapaciteti është funksion i tensionit të kundërt që zbatohet në të. Në figurën 2.10 b) është treguar skema ekuivalente e një diode varikap të polarizuar në të kundërt. Një rezistencë e kundërt e madhe,  $R_R$ , është në paralel me kapacitetin kalimtar ( $C_T$ ). Në frekuencat e ulëta kapaciteti kalimtar ( $C_T$ ) është shumë i vogël dhe dioda sillet si qark i hapur ( $R_R$  është e madhe).

Në frekuencat e larta kapaciteti i kontrolluar nga tensioni ka efekt mbizotërues. Në fig.2.10 c) shihet si ndryshon kapaciteti kalimtar ( $C_T$ ) në varësi të tensionit të kundërt të zbatuar në të.

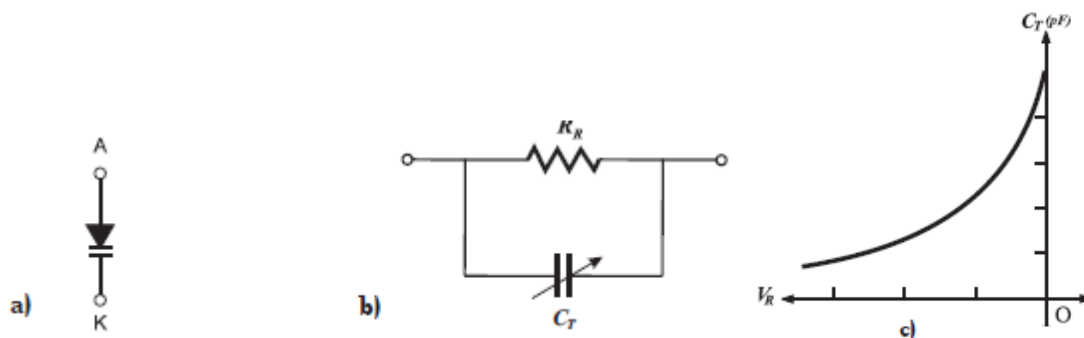


Fig. 2.10

Diodat e silicit shfaqin kapacitet të kontrolluar nga tensioni, prandaj ato kanë zëvendësuar kondensatorët akordues mekanikë në mjaft zbatime, si: në marrësit televiziv, në radiot e automobilave etj. Nëse një diodë varikap lidhet në paralel me një bobinë, ne mund të kemi një kontur rezonues me frekuencën e akordimit:

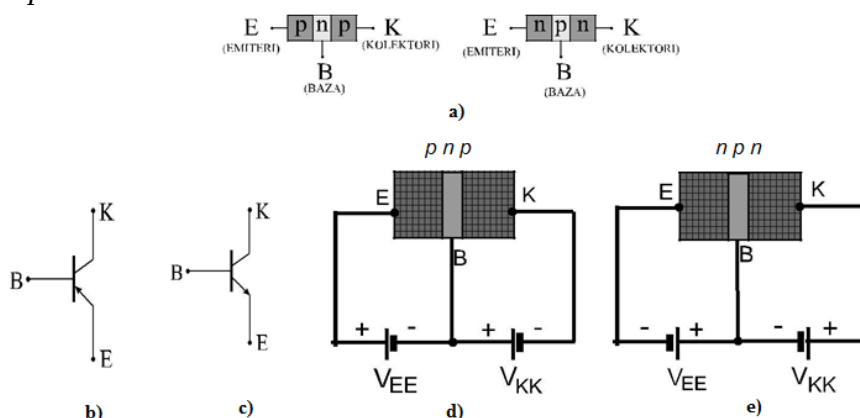
$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

### **Tema mësimore nr.3: Transistorët dypolarë, llojet, përdorimi dhe karakteristikat**

Transistorët i ndajmë në transistorë dypolarë (BJT-Bipolar Junction Transistor) dhe transistorë njëpolarë (FET-Field-Effect Transistor). Në këtë temë mësimore do të studiojmë transistorët dypolarë. Quhen të tillë, sepse rryma që kalon në ta krijohet nga bashkëveprimi i dy lloj bartësish: bartësit e shumicës dhe bartësit e pakicës..

#### **3.1 Njohuri të përgjithshme**

Transistori dypolar ndërtohet nga 3 shtresa (zona) gjysmëpërcjellëse me përcjellshmëri të ndryshme (të tipit *p* dhe të tipit *n*) të vendosura në mënyrë të alternuar. Në figurën 3.1 a) dhe b) tregohet ndërtimi strukturor dhe simbolet përkatëse të dy tipave të tranzistorëve. Në fig. 3.1 d) dhe e) tregohet skematikisht ushqimi i kalimeve *p-n* të transistorëve tip *p-n-p* dhe tip *n-p-n*.



**Fig. 3.1**

Secila zonë lidhet me një dalje që emërtohen E (emiter), B (bazë), K (kolektor). Tipi i transistorit në simbol përcaktohet nga kahu i shigjetës së vendosur në emiter. Kahu i shigjetës tregon dhe kahun e rrymës në emiter  $I_E$ .

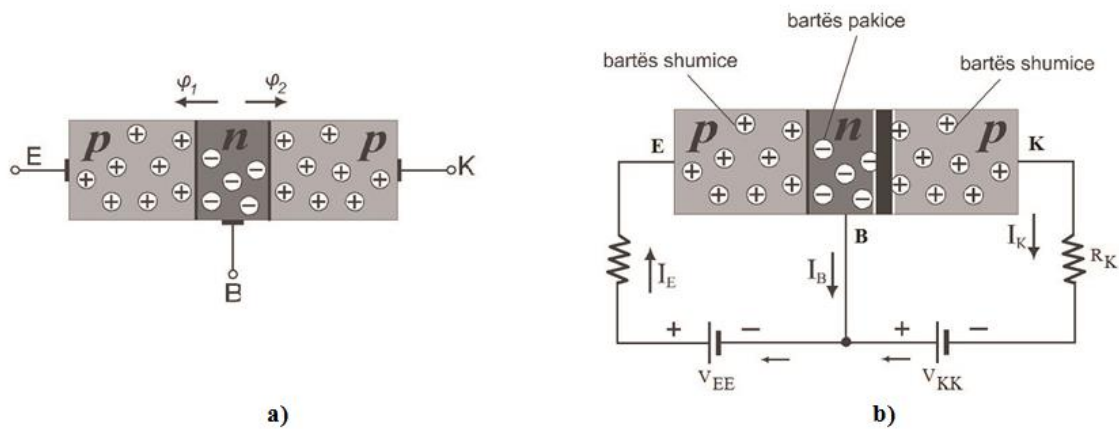
Ushqimi me tension të vazhduar i transistorëve është i nevojshëm për të vendosur regjimin e saktë të punës së një amplifikatori të rrymës alternative. Transistori dypolar ka dy kalime *p-n*:

1. kalimi emiter bazë (E-B),
2. kalimi bazë kolektor (B-K).

#### **3.2. Parimi i punës së transistorit dypolar**

Parimi i punës i transistorit tip *p-n-p* është i njëjtë dhe për atë të tipit *n-p-n*. Në figurën 3.2 a), b) është treguar një transistor tip *p-n-p* në tri gjendje të ndryshme. Në figurën 3.2 a)

tregohet transistori i papolarizuar (i palidhur me burimin e ushqimit). Vektorët  $\phi_1$  dhe  $\phi_2$  janë vektorët e barrierave potenciale të të dy kalimeve p-n kur ato janë të paushqyer (të papolarizuar).



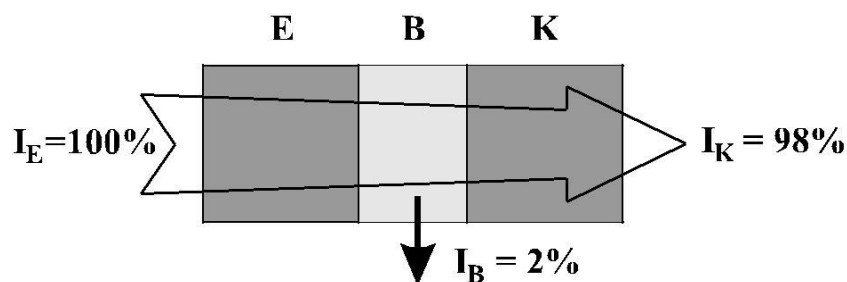
**Fig. 3.2**

Në fig.3.2 b) tregohet rasti kur janë polarizuar të dy kalimet p-n. Kalimi E-B është i polarizuar (ushqyer) në të drejtë dhe kalimi B-K është polarizuar në të kundërt. Në transistor kalojnë tre rryma:  $I_E$ ,  $I_B$ ,  $I_K$ , me të cilat shkruajmë ligjin e parë të Kirkofit:

$$I_E = I_B + I_K$$

$$I_B \ll I_E \text{ dhe } I_B \ll I_K .$$

Pra,  $I_E$  është afërsisht sa  $I_K$ , por asnjëherë  $I_E = I_K$ , sepse pa rrymë bazë nuk ka rrymë kolektori.  $I_E$  dhe  $I_K$  janë rryma të rendit mA, kurse  $I_B$  është e rendit  $\mu A$ , siç është paraqitur në fig.3.3.



**Fig. 3.3**

Kur transistori punon në regjim përforcimi (si amplifikator), kalimi E-B polarizohet në të drejtë dhe kalimi B-K në të kundërt. Tensioni në diodën e kolektorit duhet të jetë më i vogël se tensioni i shpimit të transistorit.

### 3.3 Mënyrat e lidhjes së transistorit në skemë në regjim aktiv

Tri mënyrat e lidhjes së transistorit në skemë janë:

1. Skema me emiter të përbashkët



2. Skema me bazë të përbashkët
3. Skema me kolektor të përbashkët

➤ **Skema me bazë të përbashkët**

Në fig. 3.4 tregohet mënyra e lidhjes së një skeme me bazë të përbashkët me transistor tip 'p'. Në këtë skemë: Hyrja është midis emiterit dhe bazës.

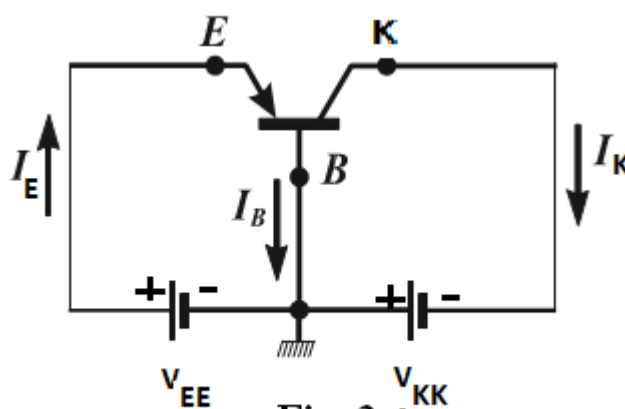
Rryma e hyrjes =  $I_E$

Tensioni i hyrjes =  $V_{BE}$ .

Dalja e skemës merret midis bazës dhe kolektorit, pra:

Rryma e daljes =  $I_K$ .

Tensioni i daljes =  $V_{BK}$



**Fig. 3.4**

Për të përshkruar sjelljen e këtij elementi me tre dalje dhe me dy kalime *p-n* në skemat e amplifikatorëve me bazë të përbashkët, nevojiten dy karakteristika: njëra për madhësitë e hyrjes, ndërsa tjetra për madhësitë e daljes. Karakteristikat e hyrjes tregojnë varësinë e rrymës së hyrjes  $I_E$  nga tensioni i hyrjes  $V_{BE}$  për vlera të ndryshme të tensionit në dalje  $V_{KB}$  (brenda një karakteristike vlera e  $V_{KB}$  mbahet konstante).

Karakteristikat e daljes do të jenë varësia e rrymës së daljes  $I_K$  nga tensioni në dalje  $V_{KB}$  për vlera të ndryshme të rrymës në hyrje  $I_E$  (brenda një karakteristike vlera e  $I_E$  mbahet konstante).

*Koeficienti  $\alpha$*

Raporti i rrymave të vazhduara  $I_K$  me  $I_E$  jepet me një madhësi që quhet  $\alpha$ , ku  $I_K$  dhe  $I_E$  janë vlerat e rrymave në pikën e punës.

$$\alpha_{dc} = \frac{I_K}{I_E}$$

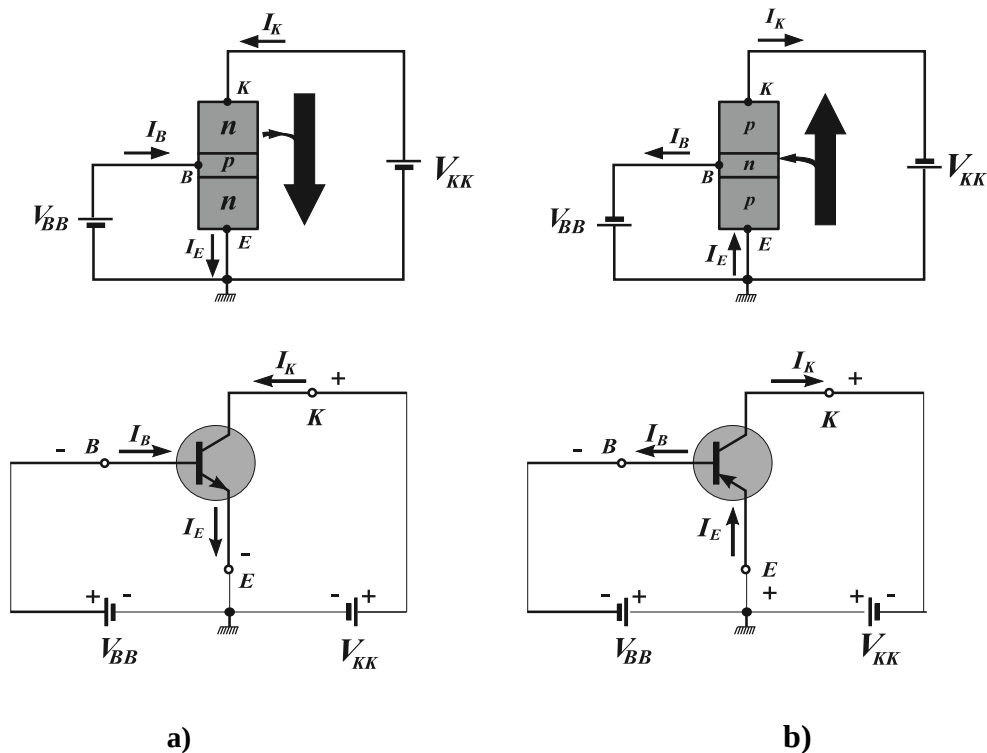
Vlerat e madhësisë  $\alpha$  ndodhen midis 0.9 - 0.998. Shpesh  $\alpha$  e konsiderojmë  $\alpha = 1$ . Pra,  $I_E = I_K$ . Kur skema punon me sinjal alternativ, pika e punës lëviz në karakteristikë dhe do të kemi  $\alpha_{ac}$  që përcaktohet:

$$\alpha_{ac} = \left. \frac{\Delta I_K}{\Delta I_E} \right|_{V_{KB} = \text{konstante}}$$

Në shumicën e rasteve, vlerat e  $\alpha_{ac}$  me  $\alpha_{dc}$  janë të përafërta dhe shpesh përdorim vlerën e njërës edhe për tjetrën.

### ➤ Skema me emiter të përbashkët

Skemat me tranzistor tip  $p-n-p$  dhe  $n-p-n$  janë treguar në fig. 3.5. Këto lidhje janë quajtur skema me emiter të përbashkët, sepse emiteri bën pjesë edhe në qarkun e hyrjes, edhe në qarkun e daljes. Në këto skema: hyrja është midis bazës dhe emiterit; rryma e hyrjes është  $I_B$  dhe tensioni i hyrjes është  $V_{BE}$ . Dalja e skemës është midis emiterit dhe kolektorit. Rryma e daljes është  $I_K$ . Tensioni i daljes është  $V_{KE}$ .



**Fig. 3.5**

Në figurën e mëposhtme 3.6 janë treguar karakteristikat e qarkut të hyrjes dhe karakteristikat e qarkut të daljes. Marrëdhëniet midis rrymave janë:

$$I_E = I_K + I_B \quad \text{dhe} \quad I_K = \alpha I_E$$

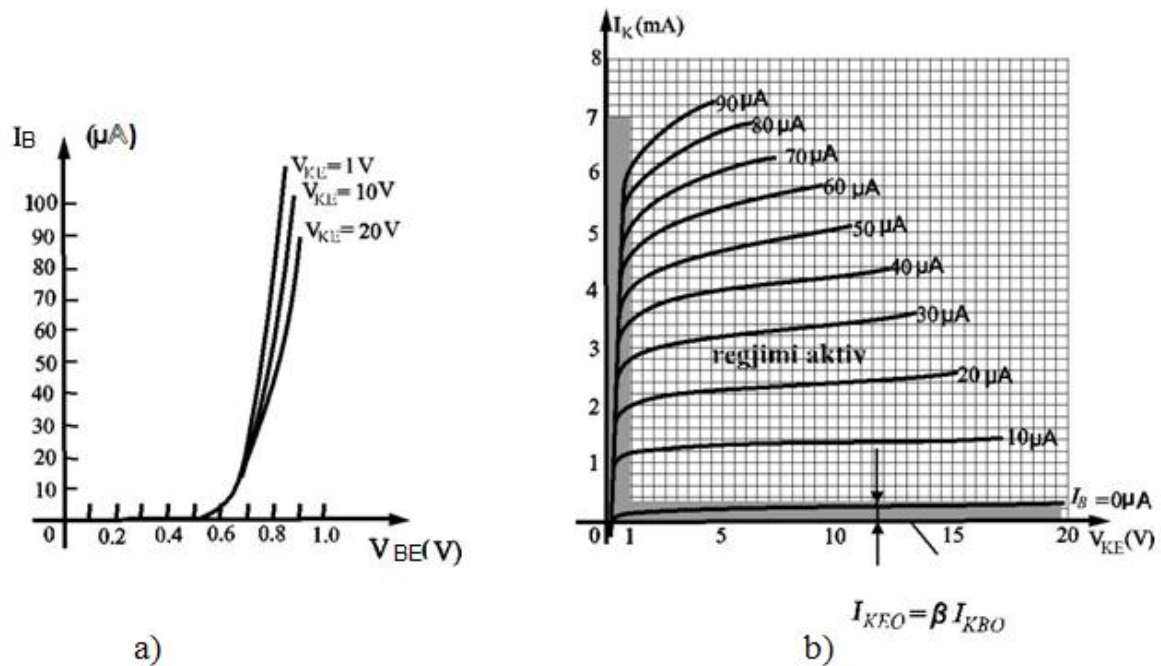


Fig. 3.6

Për skemën me emiter të përbashkët karakteristikat e hyrjes shprehin varësinë e  $(I_B) = f(V_{BE})$  për vlera të ndryshme të tensionit në dalje ( $V_{KE}$ ). Karakteristikat e daljes shprehin varësinë e rrymës së daljes  $(I_K) = f(V_{KE})$  për një diapazon vlerash të rrymës të hyrjes ( $I_B$ ).

### Beta ( $\beta$ )

Koeficienti  $\beta$  për rrymat e vazhduara jepet nga ekuacioni i mëposhtëm:

$$\beta_{dc} = \frac{I_K}{I_B}$$

ku  $I_B$  dhe  $I_K$  janë vlerat e rrymave në një pikë të caktuar të karakteristikave.

Zakonisht  $\beta$  ndryshon nga 50 deri në 400. Në të dhënat specifike të transistorit,  $\beta_{dc}$  është shënuar zakonisht me  $h_{FE}$  (që nënkupton koeficientin e amplifikimit të rrymave të vazhduara në skemat me emiter të përbashkët). Për rrymat alternative  $\beta_{ac}$  është përcaktuar si më poshtë:

$$\beta_{ac} = \left. \frac{\Delta I_K}{\Delta I_B} \right|_{V_{KE} = \text{konstante}}$$

Në skemën me emiter të përbashkët  $I_K$  është rryma e daljes, ndërsa  $I_B$  është rryma e hyrjes. Në të dhënat specifike të transistorit  $\beta_{ac}$  është zakonisht shënuar me  $h_{fe}$ . Pra, për këtë pamje të karakteristikës,  $\beta_{ac}$  dhe  $\beta_{dc}$  do të rezultojnë të njëjta në çdo pikë të karakteristikave. Në këtë rast është konsideruar  $I_{KEO} = 0 \mu A$ . Duke përdorur ekuacionin e rrymave në transistor dhe njohuritë e marra përkoeficientet  $\beta$  dhe  $\alpha$  kemi:

$$\alpha = \frac{\beta}{\beta + 1}$$

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

është një parametër shumë i rëndësishëm, pasi lidh rrymën në qarkun hyrjes me atë në qarkun e daljes. Kështu që:  $I_C = \beta I_B$

#### ➤ Skema me kolektor të përbashkët

Në fig. 3.7 është treguar mënyra e polarizimit dhe kahu i kalimit të rrymave në skemën me kolektor të përbashkët për transistorin tip *p-n-p* dhe *n-p-n*. Këto skema përdoren kryesisht për përshtatje rezistencash, për shkak të rezistencës në hyrje të lartë dhe rezistencës në dalje të ulët, një veti që u mungon skemave me bazë të përbashkët e atyre me emiter të përbashkët. Në skemat me kolektor të përbashkët, rryma e hyrjes është  $I_B$  dhe ajo e daljes është  $I_E$ . Tensioni i hyrjes është  $V_{BK}$  dhe ai i daljes është  $V_{KE}$ .

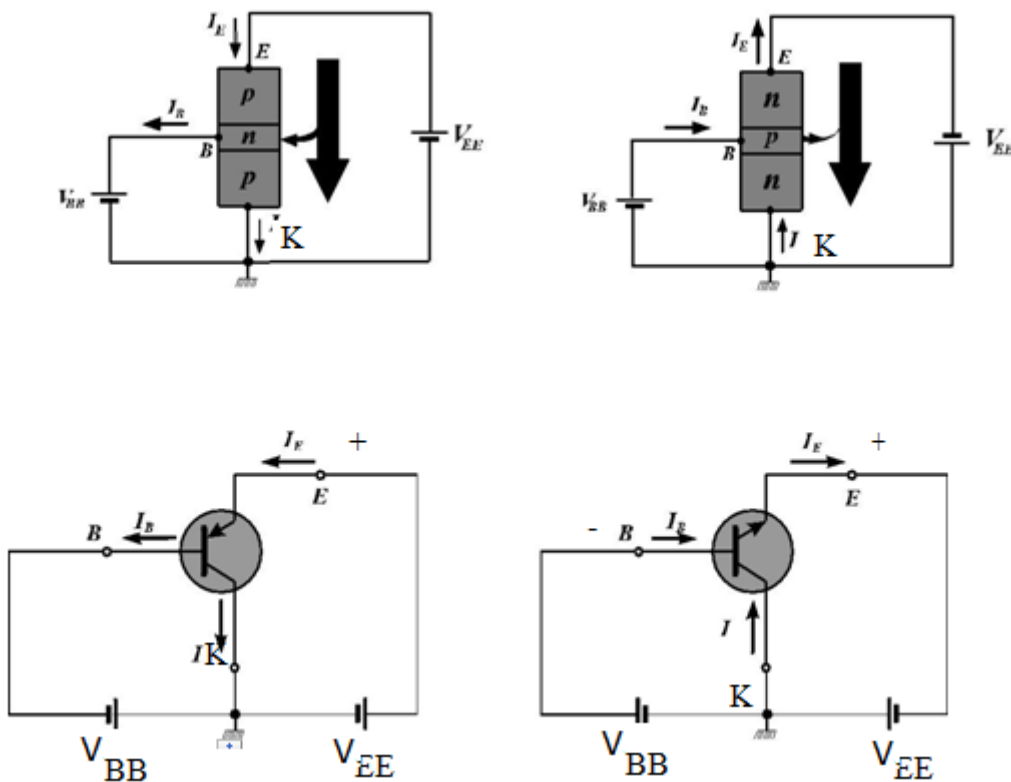


Fig. 3.7

### 3.4. Puna amplifikuese e transistorit

Për të studiuar punën amplifikuese të transistorit, le t'i referohemi skemës së figurës 3.8.

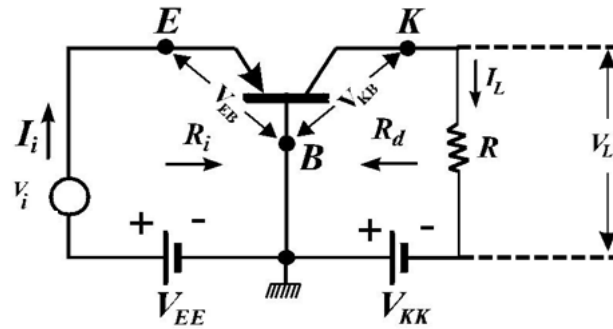


Fig. 3.8

Për skemën me bazë të përbashkët, rezistenca në hyrje për rrymën alternative (ac) mund të përcaktohet nga karakteristika Volt-Ampere e qarkut të hyrjes. Kjo rezistencë del mjaft e vogël dhe varion nga 10  $\Omega$  deri 100  $\Omega$ . Rezistenca e daljes është mjaft e madhe (50 K $\Omega$  deri në 1 M $\Omega$ ) dhe mund të përcaktohet nga karakteristika Volt-Ampere e qarkut të daljes. Ky ndryshim në vlerat e rezistencave ka lidhje me faktin si janë polarizuar kalimet  $p-n$  të transistorit.

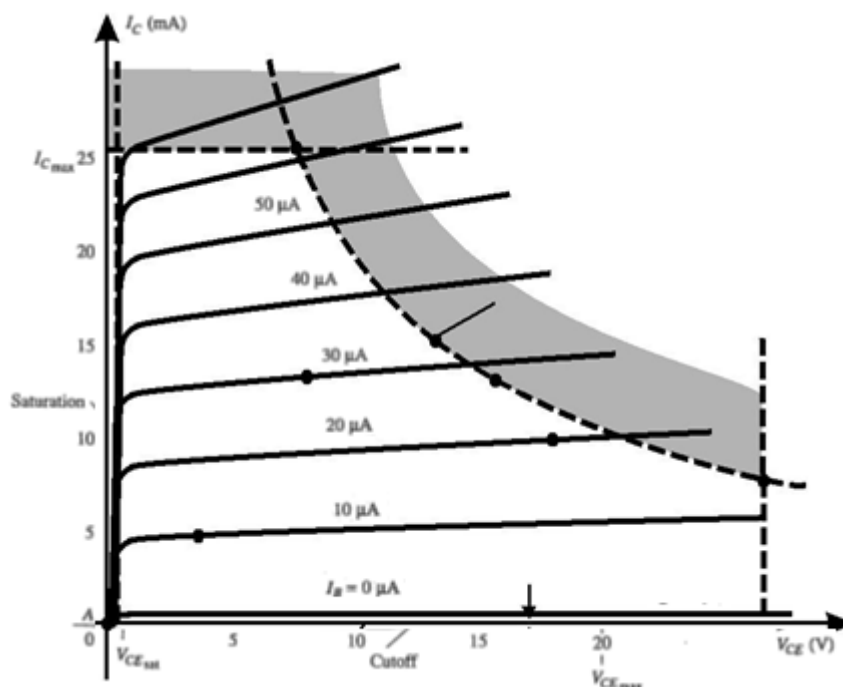
Koeficienti i përforcimit të tensionit tregon sa herë më e madhe është vlera e tensionit në dalje kundrejt asaj në hyrje.

$$A_V = \frac{V_L}{V_i}$$

#### Tema mësimore nr.4: Skemat bazë të ushqimit të tranzistorëve dypolar.

##### 4.1 Zona e lejuar e punës së transistorit

Për çdo transistor ka një zonë pune në karakteristikat e tij që siguron se kufijtë maksimalë të punës së transistorit nuk kalohen (shkelen) dhe deformimet janë minimale. Të gjithë kufijtë e punës jepen në të dhënat specifike të transistorit në katalog. Për transistorin me karakteristika në figurën e mëposhtme (4.1),  $I_{Kmaks} = 50 \text{ mA}$  dhe  $V_{KEmaks} = 20 \text{ V}$ .



**Fig. 4.1**

Vlera maksimale e fuqisë së harxhuar përcaktohet:

$$P_{Kmaks} = V_{KE} I_K$$

Puna e transistorit brenda zonës së treguar në figurën e mësipërme siguron deformime minimale të sinjalit në dalje dhe vlerat e tensionit e rrymës nuk do të shkatërrojnë elementin.

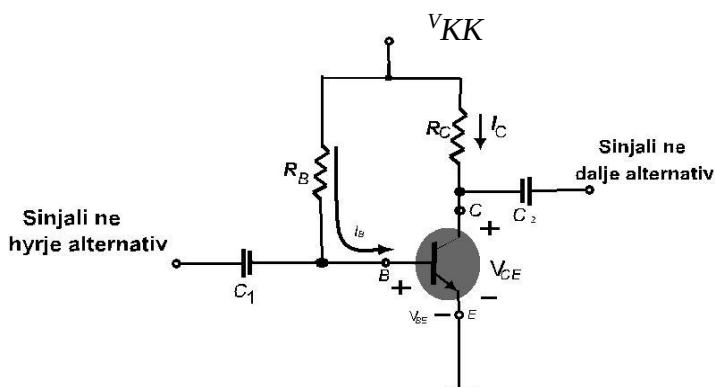
Për transistorin me bazë të përbashkët:

$$P_{Kmaks} = V_{KB} I_K$$

Për transistorët që përdoren në regjim amplifikimi, vlera e tensionit dhe e rrymës së vazhduar përcaktohen nga pika e punës në karakteristikë, e cila ndodhet në atë zonë pune ku bëhet amplifikimi i sinjalit në hyrje të skemës. Ajo është një pikë e pandryshuar në karakteristikë dhe quhet *pika e qetësisë*  $Q$ . Pika e qetësisë duhet të ndodhet brenda zonës së vijëzuar. Kur BJT punon jashtë kufijve maksimalë, shkurtohet jetëgjatësia e tij ose ai del jashtë përdorimi.

#### 4.2. Skema me polarizim fiks

Në skemën e fig. 4.2 përdoret një transistor  $n-p-n$ , por ekuacionet dhe llogaritjet janë njëëlloj edhe për transistorët  $p-n-p$  vetëm duke i ndryshuar drejtimet e rrymave dhe polaritetet e tensionit.



**Fig. 4.2**

Duke pasur parasysh qarkun e hyrjes (bazë-emiter) në figurën 4.2, shkruajmë ekuacionin nga ligji i dytë i Kirkoftit në drejtim orar për skemën.

$$+V_{KK} - I_B R_B - V_{BE} = 0$$

Për të përcaktuar pikën e punës përdorim ekuacionin:

$$V_{KE} = V_{KK} - I_K R_K$$

që quhet ekuacioni i linjës së ngarkesës. Duke ditur  $I_B$ , përcaktohet Q-point si në figurën 4.3.

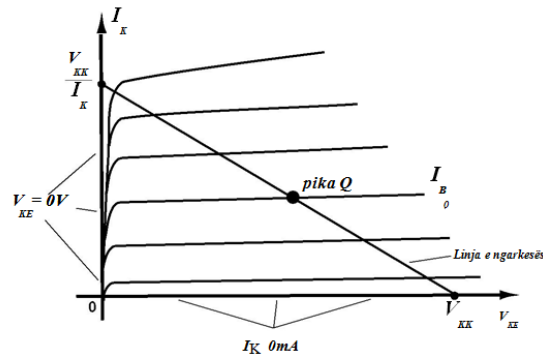


Fig. 4.3

#### 4.3. Skema e polarizimit me rezistencë në emiter

Polarizimi i transistorit në skemën e mëposhtme përmban një rezistencë në emiter për të përmirësuar nivelin e stabilitetit kundrejt skemës me polarizim fiks (fig. 4.4).

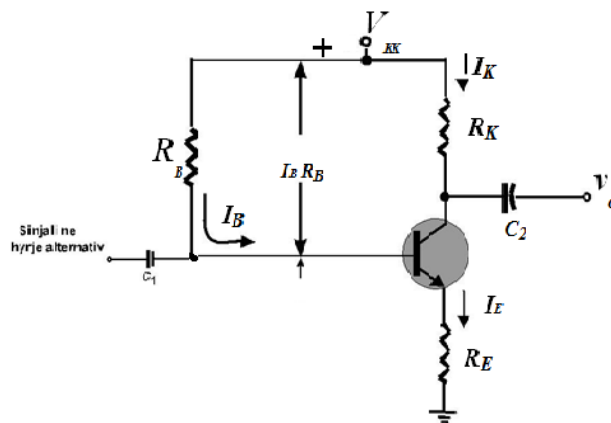


Fig. 4.4

Shkruajmë ligjin e dytë të Kirkofit për qarkun e hyrjes (bazë-emiter) në drejtimin e rrotullimit të akrepave të orës, në ekuacionin e mëposhtëm dhe rezulton:

$$+V_{KK} - I_B R_B - V_{BE} - I_E R_E = 0.$$

Shkruajmë ligjin e dytë të Kirkofit për qarkun kolektor-emiter, në drejtim e rrotullimit të akrepave të orës dhe rezulton:

$$+ I_E R_E + V_{KE} + I_K R_K - V_{KK} = 0.$$

Nga ku nxirret edhe ekuacioni i linjës së ngarkesës, figura 4.5.

$$V_{KK} = I_K R_K + V_{KE} + I_E R_E$$

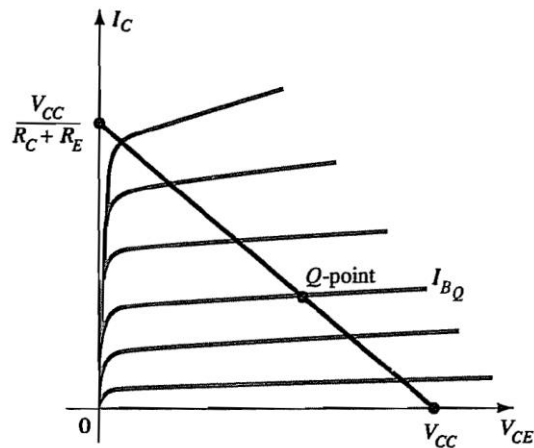


Fig. 4.5

#### 4.4 Skemat me pjesëtues tensioni

Mënyra më e përdorshme e polarizimit të transistorit në qarqet lineare është ajo me pjesëtues tensioni. Emri “*pjesëtues tensioni*” vjen nga pjesëtuesi i tensionit  $R_1$  dhe  $R_2$  që lidhet nga ana e bazës së transistorit. Tensioni në  $R_2$  polarizon në të drejtë kalimin bazë-emiter. Në figurën 4.6 tregohet një skemë e tillë.

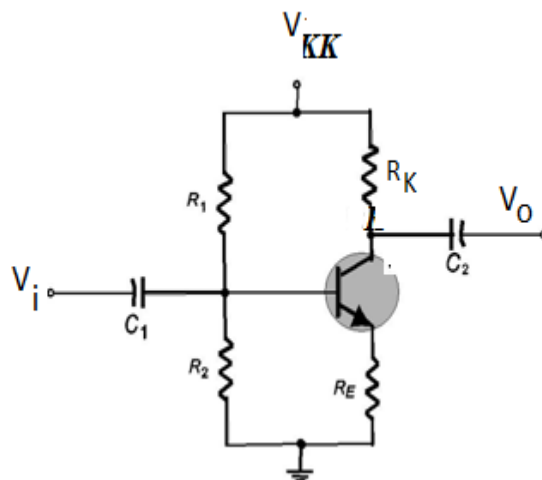


Fig. 4.6

Njeshmëria ndaj ndryshimeve të  $(\beta)$  është shumë e vogël. Pika e punës Q është treguar qartë në figurën 4.7.

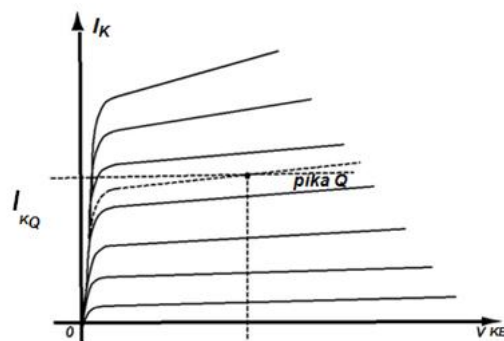


Fig.4.7



Gjatë analizës së përafërt duhet të plotësohet kushti që:

$$\beta R_E \geq 10 R_2$$

Nëse mendojmë që rryma e bazës,  $I_B$ , është afërsisht zero krahasuar me vlerën e  $I_1$  dhe  $I_2$ , atëherë  $R_1$  dhe  $R_2$  mund të konsiderohen si elemente në seri. Tensioni në  $R_2$  është tensioni i bazës kundrejt tokës dhe përcaktohet:

$$V_B = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{KK}$$

Vlera e  $V_E$  mund të llogaritet:

$$V_E = V_B - V_{BE}$$

Tensioni kolektor–emiter është përcaktuar:

$$V_{KE} = V_{KK} - I_K R_K - I_E R_E$$

$$V_{KEQ} = V_{KK} - I_K(R_K + R_E).$$

Pra, duket qartë që  $I_{KQ}$  dhe  $V_{KEQ}$  janë të pavarura nga vlera e  $\beta$ .

#### 4.5. Skema e polarizimit me lidhje të kundërt në kolektor

Një skemë me cilësi të mira është edhe skema ku përfshihet një lidhje e kundërt nga kolektori në bazë, siç tregohet në figurën 4.8. Megjithatë pika e punës Q nuk është plotësisht e pavarur nga  $\beta$  ose ndryshimi i temperaturës, por është me e pavarur se në skemën me polarizim fiks apo atë të polarizimit me rezistencë në emiter.

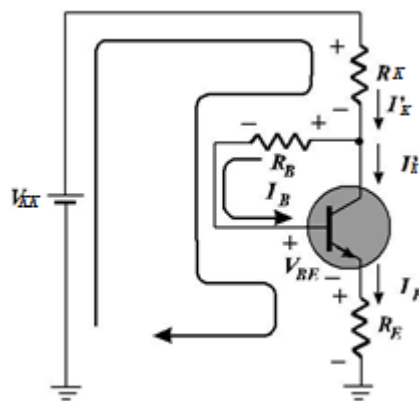


Fig. 4.8

Duke zbatuar ligjin e tensioneve të Kirkofit në drejtimin e rrotullimit të akrepave të orës, për qarkun bazë-qarkun bazë-emiter (figura 4.10) kemi:

$$V_{KK} - I'_K R_K - I_B R_B - V_{BE} - I_E R_E = 0$$

Duke zbatuar ligjin e dytë të Kirkofit në drejtimin e rrotullimit të akrepave të orës për qarkun kolektor-emiter, rezulton që:

$$I_E R_E + V_{KE} + I'_K R_K - V_{KK} = 0.$$

#### 4.6 Transistori në rolin e çelësit

Transistori përdoret jo vetëm për të amplifikuar sinjalet, por edhe në rolin e çelësit në skemat e kompjuterave apo të kontrollit; në qarqet logjike luan rolin e një invertuesi. Në figurën 4.9 është treguar transistori në rolin e çelësit. Tensioni në dalje  $V_K$  është i kundërt me tensionin e zbatuar në bazë apo në terminalet e hyrjes.

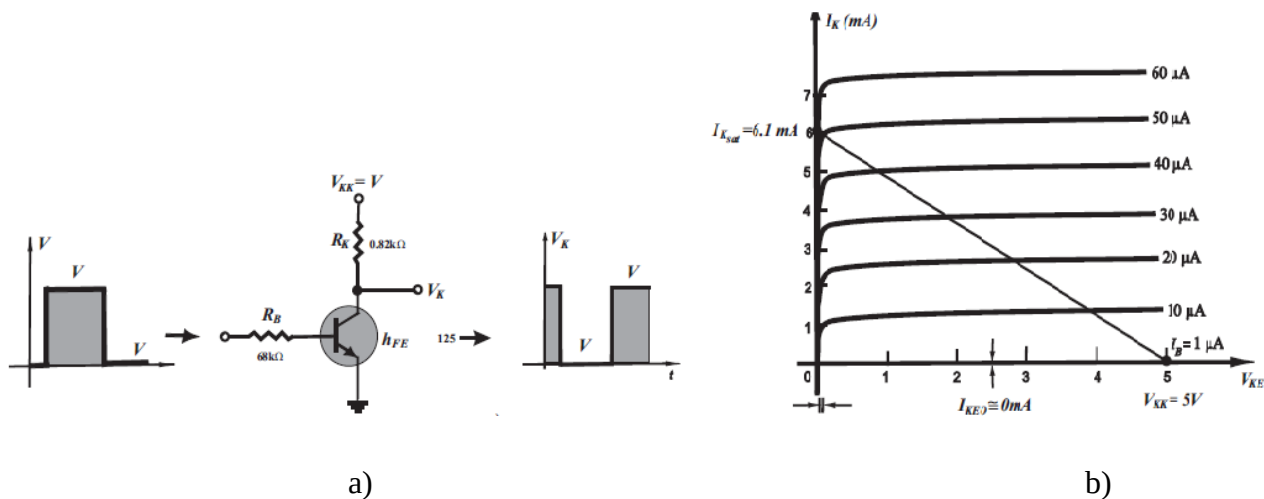


Fig. 4.9

#### 4.7 . Transistori p-n-p

Në skemat me transistor p-n-p (figura 4.12), *drejtimet e rrymave janë të kundërta si dhe polariteti i tensioneve në pika të ndryshme të skemave është i kundërt*, pra  $V_{BE}$  dhe  $V_{KE}$  janë madhësi negative. Skema e figurës 4.10 është skemë e polarizuar me rezistencë shtesë, pra tensioni  $V_{KE}$  është:

$$V_{KF} = -V_{KK} + I_K (R_K + R_E)$$

$V_{KE}$  pritët të ketë vlera negative.

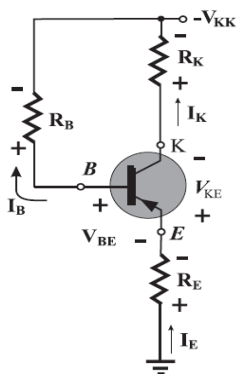


Fig. 4.10

## Tema mësimore nr.5: Transistorët njëpolar

Transistori me efekt fushe (FET) është një element me tre terminale (dalje): burimin, portën, derdhjen. Disa nga veçoritë kryesore të FET dhe transistorëve dypolarë (BJT) të studiuar deri tani janë treguar më poshtë:

- ☐ FET kanë rezistencë shumë më të madhe në hyrje (e rendit  $M\Omega$ ) se BJT.
- ☐ Rryma në kalimin derdhje-burim (*drain-source*) kontrollohet nga  $V_{GS}$  (portë-burim). Për këtë arsye FET quhen elemente të kontrolluara nga tensioni.

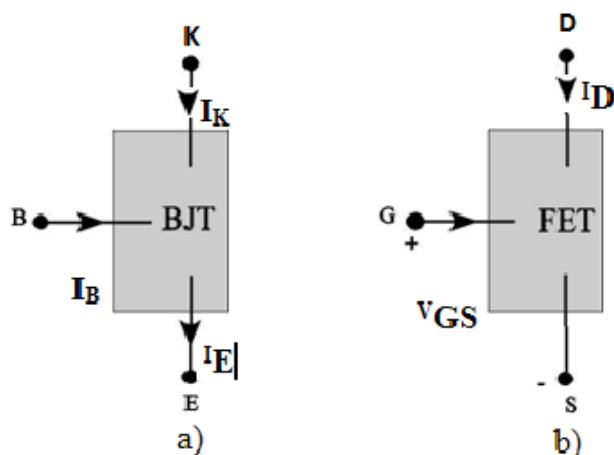


Fig. 5.1

- ☐ Në parimin e punës së FET merr pjesë vetëm një tip ngarkese (ose vrimat, ose elektronet).
- ☐ Te FET fusha elektrike do të kontrollojë gjerësinë e kanalit ku do të kalojnë ngarkesat.
- ☐ FET janë më pak të ndjeshëm ndaj ndryshimeve të temperaturës krahasuar me BJT.
- ☐ FET janë më të vegjël, gjë që i bën të marrin pjesë më mirë në qarqet e integruara (IC). Ato kanë një disavantazh: koeficienti i amplifikimit të tensionit është shumë më i vogël në skemat amplifikuese me FET se me BJT. FET mund të ndërtohen me kanal “n” ose me kanal “p”.

**Në to kalon vetëm një rrymë, rryma derdhje-burim,  $I_D$ . Në portë nuk kalon rrymë, pra  $I_G = 0$ .**

Ata ndahen në dy tipa: **JFET**(*junction field-effect transistor*) dhe **MOSFET**(*metal-oxide-semiconductor field-effect transistor*). Fillimisht do të studiojmë JFET.

Në fig. e mëposhtme (5.2) janë treguar simbolet e JFET me kanal “n” dhe “p”. Daljet e JFET janë D-derdhje (drain), S-burim (source), G-porta (gate).

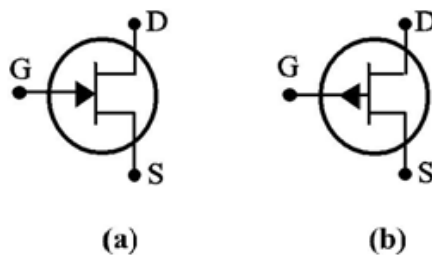


Fig. 5.2

### 5.1. Ndërtimi dhe karakteristikat e JFET

Siç shihet në fig. 5.3, kanali ndodhet midis dy shtresave gjysmëpërcjellëse të tipit “p”. Në krye të kanalit tip “n” është lidhur një kontakt ohmik me terminalin derdhje (D), ndërsa në fundin e poshtëm të së njëjtës shtresë është lidhur një kontakt ohmik me terminalin burim (*source*), S. Të dyja shtresat tip “p” janë lidhur së bashku me terminalin e portës (*gate*), G. Nëse kalimi p-n është i papolarizuar, ai sillet si një diodë e papolarizuar.

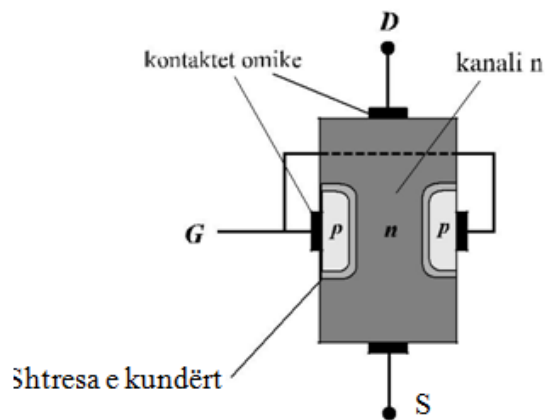


Fig.5.3

Nëse  $V_{GS} = 0$  (d.m.th. porta dhe burim i kanë të njëjtin potencial) dhe  $V_{DS}$  ka vlera pozitive, karakteristika do të ketë pamje si në figurën 5.4 dhe quhet karakteristika e daljes (derdhjes):  $I_D = f(V_{DS})$  për  $V_{GS} = 0$ .

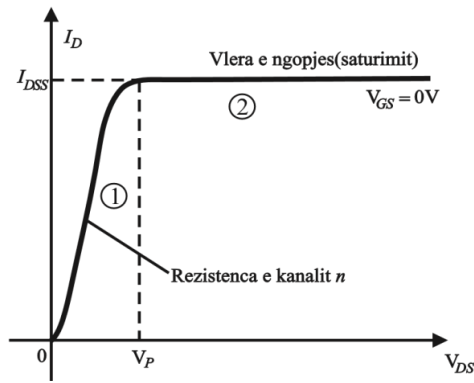


Fig. 5.4

Rryma në këtë rast ka vlerën e rrymës së ngopjes  $I_{DSS}$  (fig. 5.4). Pra, për  $V_{DS} = V_P$ , kemi  $I_D = I_{DSS}$ .

### Karakteristika e transferimit

Karakteristika e transferimit jep lidhjen që ekziston mes një madhësie në qarkun e hyrjes, tensionit në kalimin portë-burim (tensioni *gate-source*,  $V_{GS}$ ) dhe një madhësie në qarkun e daljes, rrymës së derdhjes (rrymës në *drain*,  $I_D$ ). Marrëdhënia midis tyre jepet nëpërmjet ekuacionit Shokley (Shockley):

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2$$

$V_P$  dhe  $I_{DSS}$  janë dy madhësi që jepen në katalog dhe për një JFET të caktuar janë konstante, ndërsa  $V_{GS}$  është madhësia elektrike që kontrollon vlerën e rrymës  $I_D$  në transistor.

Duke përdorur karakteristikat e daljes së transistorit, ne mund të transferojmë vlerat e rrymës së saturimit për  $V_{GS}$  korresponduese dhe të ndërtojmë karakteristikën e transferimit, siç tregohet në figurën 5.5 a) e b).

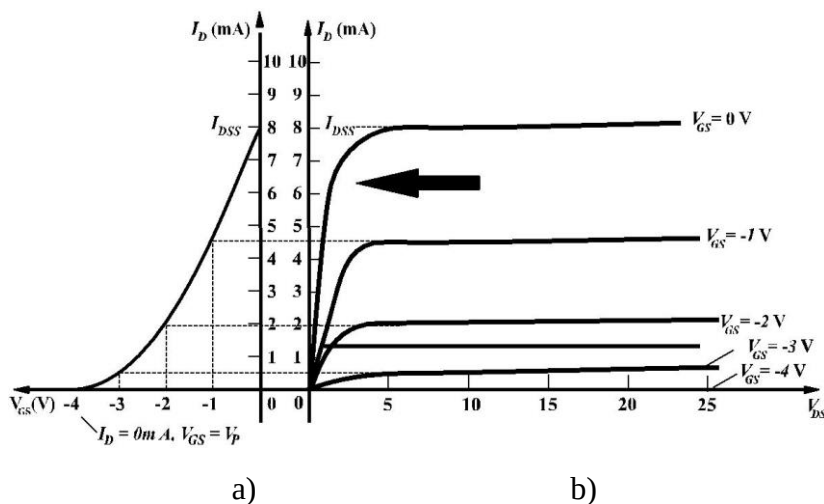
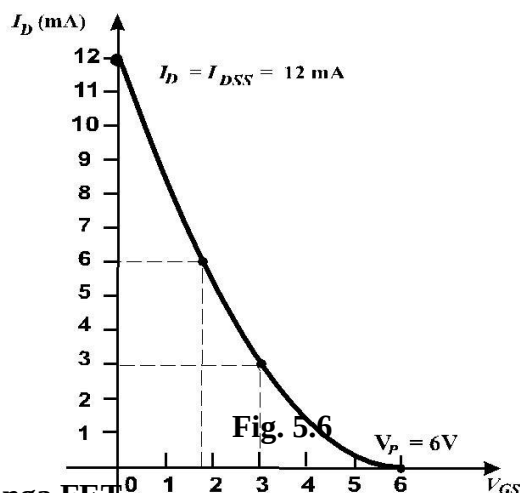


Fig. 5.5

JFET me kanal p

Karakteristika e transferimit për JFET me kanal  $p$  do të jetë e njëjtë me karakteristikën e JFET me kanal  $n$ . I vetmi ndryshim do të jetë që vlera e  $V_P$  dhe  $V_{GS}$  do të jenë pozitive, si në fig.5.6 për një JFET me kanal  $p$ .



## 5.2. Fuqia e konsumuar nga FET

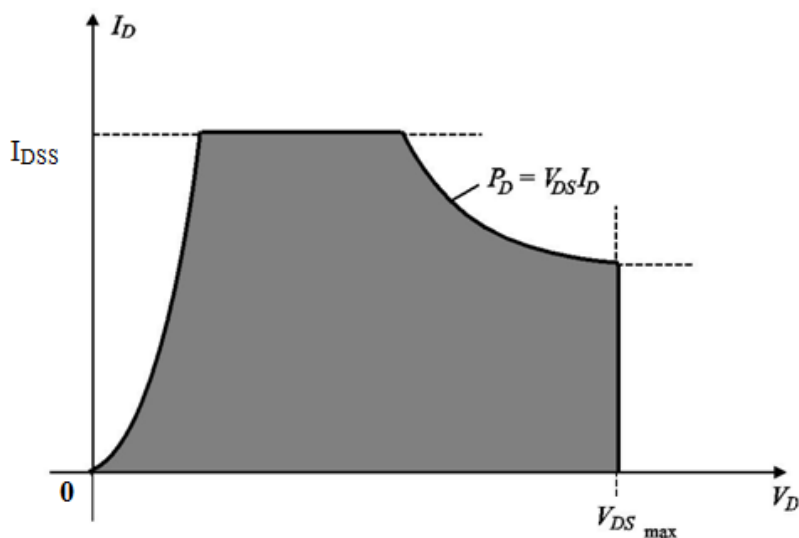
Në një katalog shënohen të gjitha karakteristikat e një elementi (në rastin tonë një transistor) që ne dëshirojmë. Këto të dhëna jepen nga prodhues të ndryshëm. Në katalog mund të gjejmë:

- fushën e përdorimit të tyre, si: amplifikator, oshilator etj.;
- vlerat e madhësive elektrike, si: tensionin maksimal të drejtë, tensionin maksimal të kundërt, rrymën maksimale, fuqinë si edhe temperaturat minimale dhe maksimale të përdorimit të transistorëve (nëse këto vlera nuk kihen parasysh elementi del jashtë përdorimi) etj.;
- përbërjen e një transistori si, p.sh., silici ose germaniumi;
- të dhënat mekanike që kanë të bëjnë me përmasat e një transistori.

Fuqia e një transistori në temperaturën 25°C (në temperaturën e dhomës) mund të llogaritet me formulën:

$$P_D = V_{DS} I_D$$

Siç u tha më lart,  $V_P = V_{GS(off)}$ , vlerat e së cilës luhaten nga -0.5 V në -6.0 V për një JFET me kanal  $n$ . Zona normale e punës së JFET ka formën e treguar në figurën 5.7.



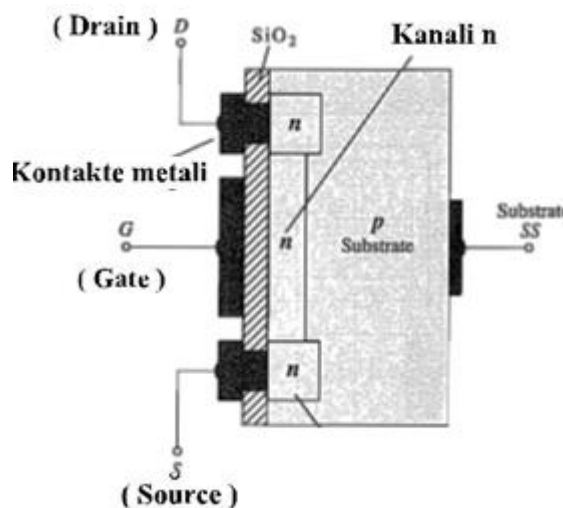
**Fig. 5.7**

### 5.3. MOSFET të tipit me varfërim (D-MOSFET) dhe me pasurim (E-MOSFET)

Si u tha në fillim të kapitullit, **FET** janë transistorë të kontrolluar nga tensioni. FET-et i kemi 2 llojesh: **JFET** dhe **MOSFET**. MOSFET (*metal-oxide-semiconductor-field-effect*), sipas karakteristikave të tyre, ndahen në 2 lloje: MOSFET me pasurim (*enhancement-type MOSFET*) dhe MOSFET me varfërim (*Depletion-type MOSFET*). Të parët shënohen shpesh E-MOSFET, ndërsa të dytët D-MOSFET. Secilin nga këto 2 tranzistorë MOSFET i kemi me kanal  $p$  dhe  $n$ . MOSFET të tipit me varfërim kanë karakteristika të ngjashme me të JFET, por ato mund të punojnë edhe për  $V_{GS}$  me polaritet të kundërt me të parët.

## Ndërtimi

Transistorët MOSFET kanë rezistencë të madhe në hyrje. Rryma që kalon në portë është 0. Ndonjëherë ky element gjendet në literaturë me emrin FET me portë të izoluar ose IGFET. Skema strukturore e MOSFET me varfërim(D-MOSFET) me kanal  $n$  tregohet në figurën 5.8.



**Fig. 5.8**

### *Karakteristikat dhe parimi i punës*

Lidhja mes  $I_D$  dhe vlerave të  $V_{GS}$ , që në këtë rast mund të jetë pozitive, negative ose zero, bëhet me anë të ekuacionit Shockley.

$$I_D = I_{DSS} \left( 1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right)^2$$

Në figurën e mëposhtme 5.9 jepet karakteristika e transferimit që tregon  $I_D$  në funksion të  $V_{GS}$  si dhe varësinë e  $I_D$  në funksion të  $V_{DS}$ .

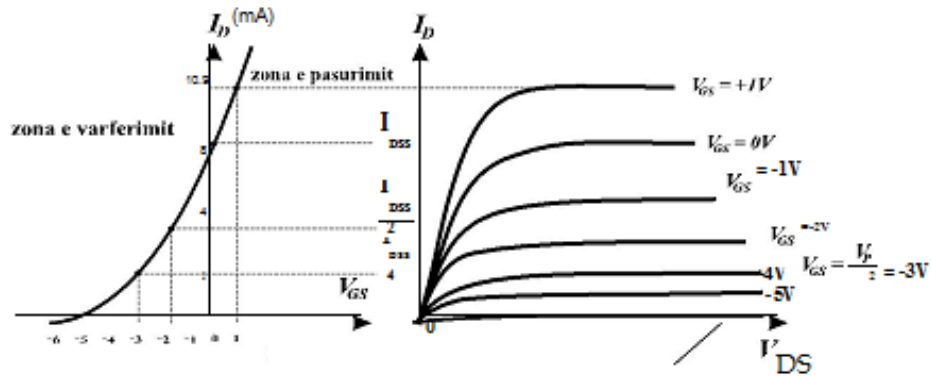


Fig. 5.9

### D-MOSFET me kanal p

Ndërtimi i transistorit D-MOSFET me kanal  $p$  është i kundërt me pamjen e atij me kanal  $n$ . Emërtimet e këmbëve janë po njësoj, por ndryshojnë polaritetet dhe drejtimi i rrymës.  $V_{GS}$  do të marrë vlera pozitive dhe negative, ndërsa  $V_{DS}$  negative si në figurën e mëposhtme (5.10).

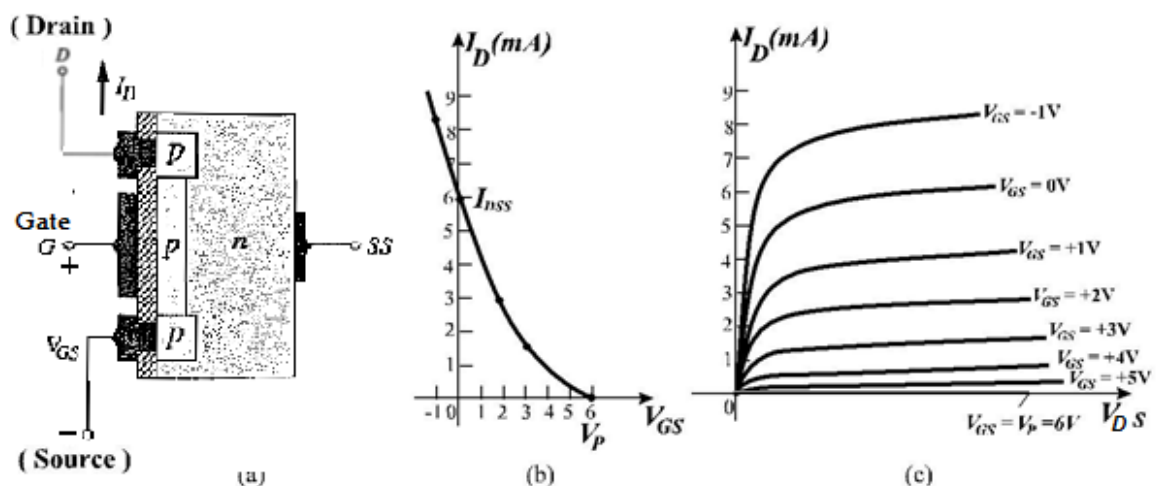


Fig. 5.10. a) Ndërtimi D-MOSFET me kanal-p, b) Karakteristikat e D-MOSFET me kanal-p

Në figurat e mëposhtme (5.11) janë paraqitur simbolet e D-MOSFET.

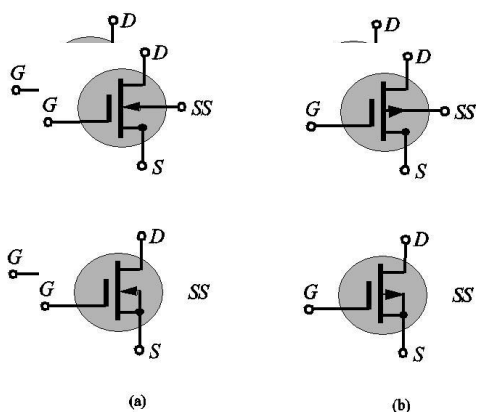
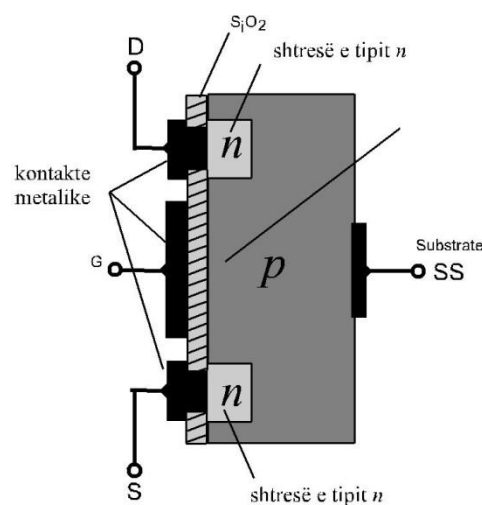


Fig. 5.11. a) D-MOSFET me kanal  $n$ ,  
b) D-MOSFET me kanal  $p$



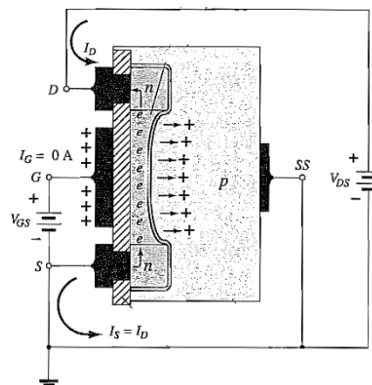
## MOSFET me pasurim (E-MOSFET)

Ndërtimi i një MOSFET me pasurim kanal-n shihet në fig. 5.12. Ndërtimi i një MOSFET me pasurim është i ngjashëm me atë me varfërim, përveç mungesës së një kanali midis derdhjes (D) dhe burimit(S) kur nuk ka tension nga jashtë.



**Fig. 5.12**

Kur  $V_{GS} = 0$ , mungesa e kanalit  $n$ , në të cilin kalojnë elektronet, bën që të mos kalojë asnjë elektron nga S në D, pra rryma  $I_D = 0$ , ndryshe nga JFET dhe D-MOSFET ku  $I_D = I_{DSS}$ . Sa më shumë rritet  $V_{GS}$ , aq më shumë rritet përqendrimi i elektroneve pranë shtresës  $SiO_2$ . Kur vlera e  $V_{GS}$  bëhet sa një tension “gjuri”(tensioni *threshold*,  $V_{GS(Th)}$ ), fillon rrjedhja e elektroneve nga (S) drejt (D), pra në transistor kalon rrymë (fig. 5.13). Vlera e  $V_{GS(Th)}$  jepet në katalog. Vlera e rrymës në këtë transistor kontrollohet nga tensioni portë-burim.



**Fig. 5.13**

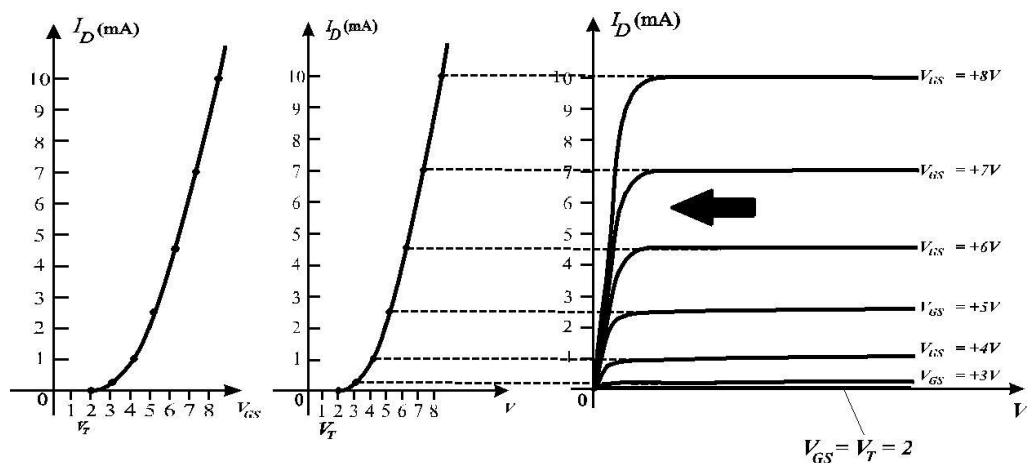
Për  $V_{GS}$  më të mëdha se  $V_{GS(Th)}$ , rryma e derdhjes rritet jolinearisht kundrejt tensionit portë-burim, nëpërmjet ekuacionit

$$I_D = k (V_{GS} - V_T)^2,$$

ku  $k$  është një konstante që është funksion i ndërtimit të elementit. Në katalog jepen vlerat e  $I_{D(on)}$  dhe  $V_{GS(on)}$  që tregojnë vlerat e rrymës dhe tensionit në një pikë të karakteristikës së elementit. Që këtu mund të përcaktojmë vlerën e  $k$ -së.

$$k = \frac{I_{D(on)}}{(V_{GS(on)} - V_T)^2}$$

Pasi gjejmë vlerën e  $k$ -së, për vlera të ndryshme të  $V_{GS}$ , përcaktojmë vlerat e  $I_D$  dhe këto pika i hedhim në grafikun e karakteristikës së transferimit, si në fig. 5.14 a). Në fig. 5.15 b) tregohet edhe mënyra e ndërtimit të karakteristikës së transferimit nëpërmjet karakteristikës së derdhjes.



**Fig. 5.14**

### *E-MOSFET me kanal p*

Ndërtimi i E-MOSFET me kanal  $p$ , karakteristika e transferimit për E-MOSFET me kanal  $p$  dhe karakteristika e derdhjes (daljes) tregohen në figurën 5.15.

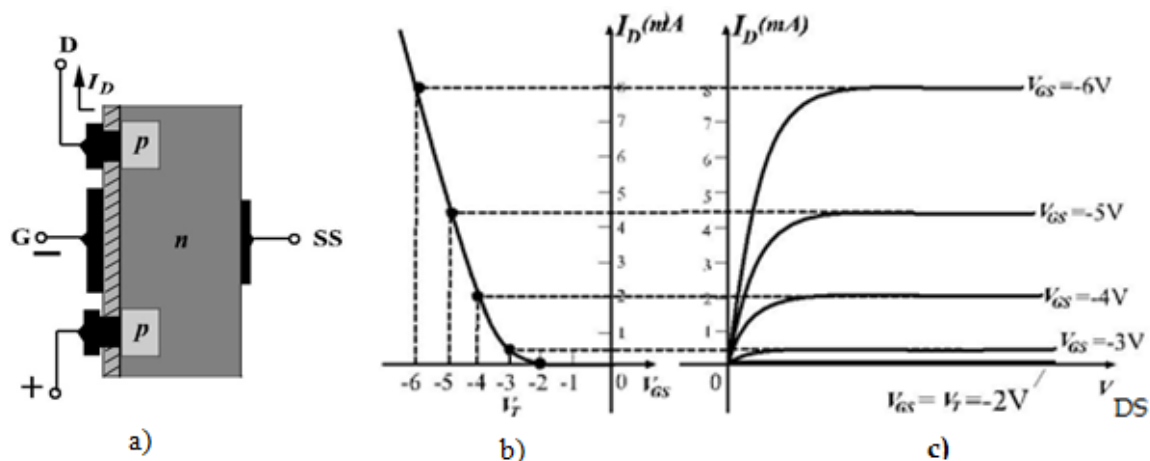


Fig.5.15

Në figurën 5.16 janë treguar simbolet e E-MOSFET me kanal  $n$  dhe me kanal  $p$

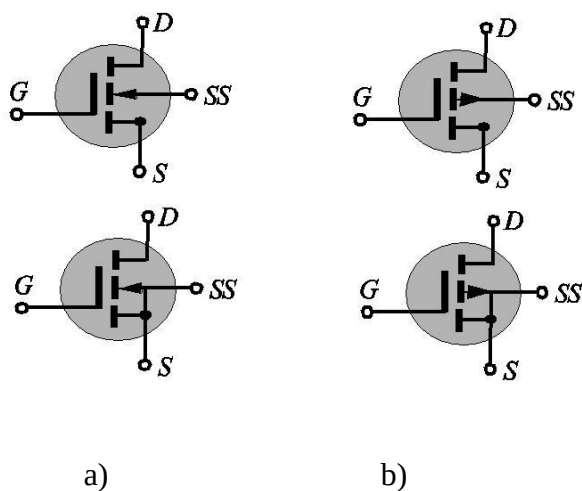


Fig. 5.16

- a) Simbolet e E-MOSFET me kanal  $n$   
b) Simbolet e E-MOSFET me kanal  $p$

## Tema mësimore nr. 6: Skemat bazë të ushqimit të tranzistorëve njëpolar.

### 6.1. Skema me polarizim fiks

Skema me polarizim fiks është skema më e thjeshtë e polarizimit të JFET me kanal  $n$  (fig. 6.1). dhe tensioni i polarizimit të transistorit është fiks sa vlera e tensionit të burimit të vendosur në qarkun e hyrjes  $V_{GG}$ .

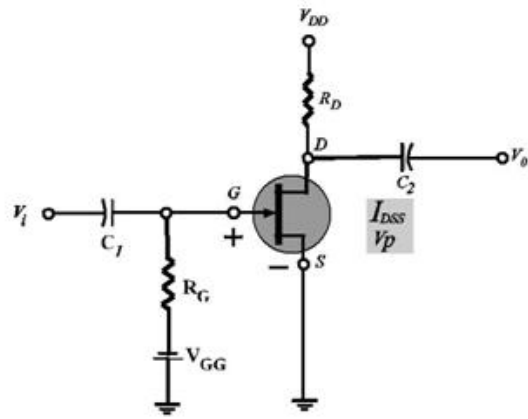


Fig. 6.1

Duke zbatuar ligjin e Kirkofit për tensionet në drejtimin e rrotullimit të akrepave të orës, në qarkun e dhënë kemi:

$$-V_{GG} - V_{GS} = 0, \text{ nga ku } V_{GS} = -V_{GG}$$

Nga pikëprerja e këtyre dy vijave, mund të përcaktojmë vendndodhjen e pikës së punës ose të qetësisë, pra,  $I_{DQ}$  dhe  $V_{GSQ}$ , sinë figurën 6.2.

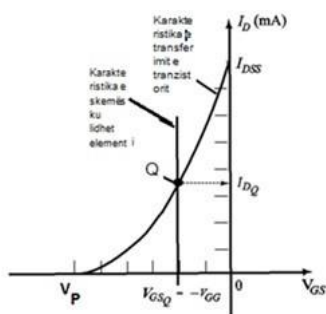


Fig. 6.2

Këto vlera,  $I_{DQ}$  dhe  $V_{GSQ}$ , do jenë ato që matin aparatet matëse.

## 6.2. Skema me vetëpolarizim

Skema me vetëpolarizim nuk ka nevojë për dy burime ushqimi të vazhduar. Tensioni i kontrollit portë-burim tani përcaktohet nga tensioni në rezistencën  $R_s$  që lidhet me burimin (*source*) si në fig. 6.3.

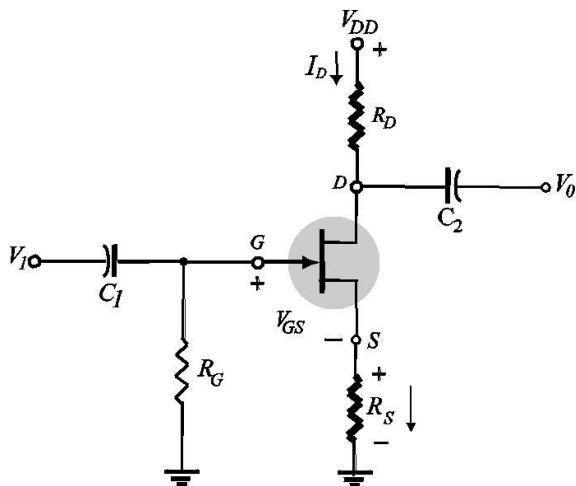


Fig. 6.3

Ekuacioni i linjës së ngarkesës:

$$V_{GS} = -I_D R_S$$

Ndërtojmë linjën e ngarkesës. Pikëprerja e karakteristikës së transferimit me linjën e ngarkesës na përcakton pikën e punës  $Q$  si në figurën 6.4. Pasi përcaktojmë  $I_{DQ}$  dhe  $V_{GSQ}$ , mund të gjejmë madhësitë e tjera.

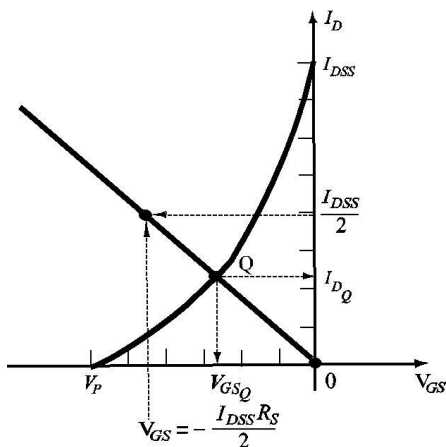


Fig. 6.4

### 6.3. Skema me pjesëtues tensioni

Skema e polarizimit me pjesëtues tensioni është treguar në fig. 6.5.

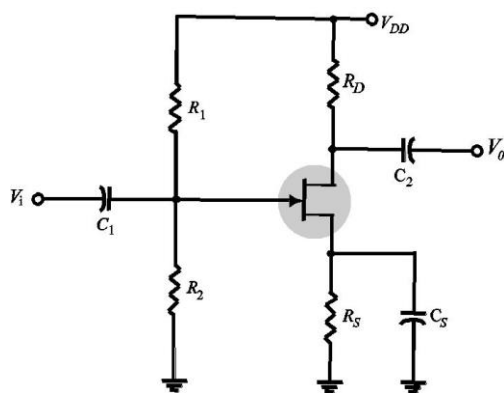
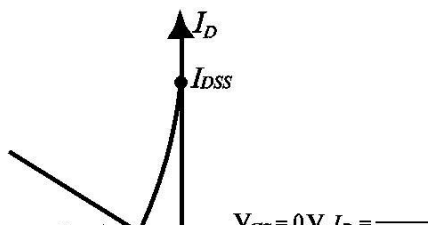


Fig. 6.5

Pikëprerja e linjës së ngarkesës me karakteristikën e transferimit përcakton pikën e punës dhe vlerat e  $I_{DQ}$  dhe  $V_{GSQ}$  përkatëse (figura 6.6).



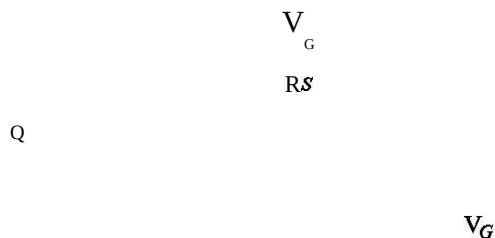


Fig. 6.6

#### MOSFET i tipit me varfërim (D-MOSFET)

Karakteristika e transferimit e JFET dhe e D-MOSFET është e ngjashme. Ndryshimi kryesor midis skemave me JFET dhe atyre me MOSFET të tipit me varfërim (*depletion type*) qëndron në faktin që në karakteristikën e transferimit të D-MOSFET, pika e punës mund të gjendet edhe për vlera pozitive të  $V_{GS}$ . Në këtë rast vlera e  $I_D$  kuptohet që do të jetë më e madhe se vlera e  $I_{DSS}$ .

#### 6.4. MOSFET i tipit me pasurim (E-MOSFET)

Një nga mënyrat më të përdorshme për polarizimin e këtyre transistorëve është ajo me lidhje të kundërt. Skema e polarizimit me lidhje të kundërt dhe skema ekuivalente DC e saj tregohen në fig. 6.7. Ekuacioni i linjës së ngarkesës është:

$$V_{GS} = V_{DD} - I_D R_D.$$

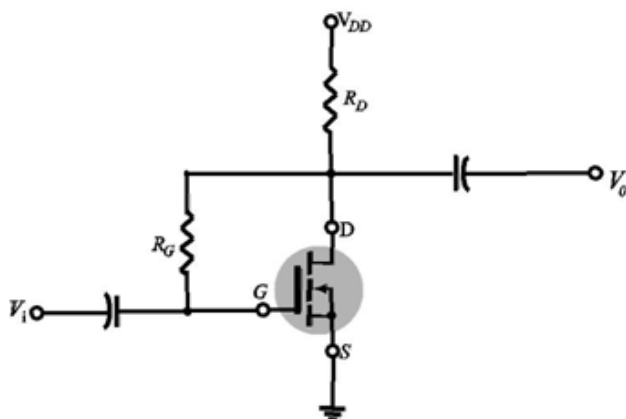


Fig. 6.7

Pikëprerja e karakteristikës së transferimit me linjën e ngarkesës përcakton pikën e punës Q (fig. 6.8).

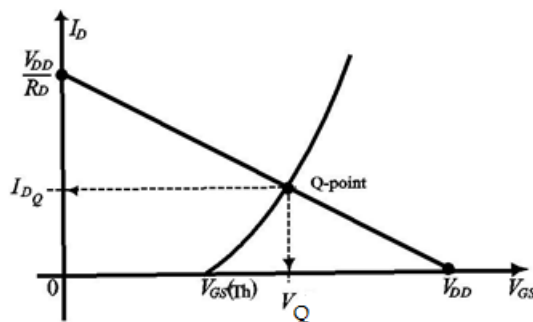


Fig. 6.8

Mënyra e polarizimit me pjesëtues tensioni është treguar në fig. 6.9.

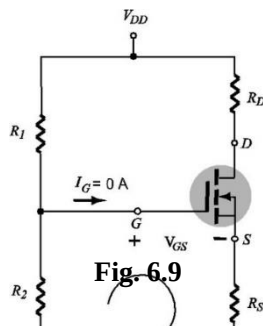


Fig. 6.9

## **Tema mësimore nr.7: Përforcuesit e fuqisë.**

### **7.1. Hyrje**

Amplifikatorët e sinjaleve të mëdha ose amplifikatorët e fuqisë janë pajisje që japin fuqi të madhe në dalje. Ata përdoren për të ushqyer pajisjet e daljes, si: altoparlant, ekran televiziv, antenë transmetuese të radio dhënsave. Veçori të këtyre skemave janë: rendimenti i fuqisë, vlera maksimale e fuqisë që qarku jep në dalje, përshtatja e rezistencës me elementin apo pajisjen e daljes.

Skema-blok më e përgjithshme e një amplifikatori jepet në fig.7.1:

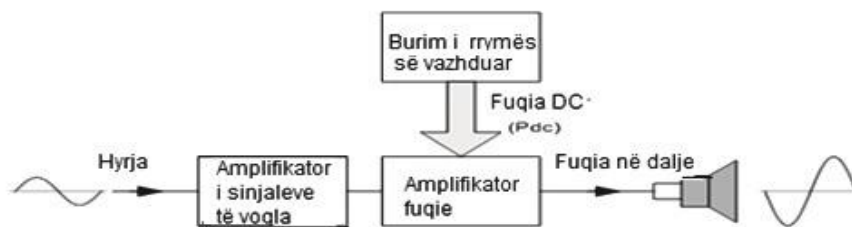


Fig. 7.1. Skema-blok e një amplifikatori fuqie

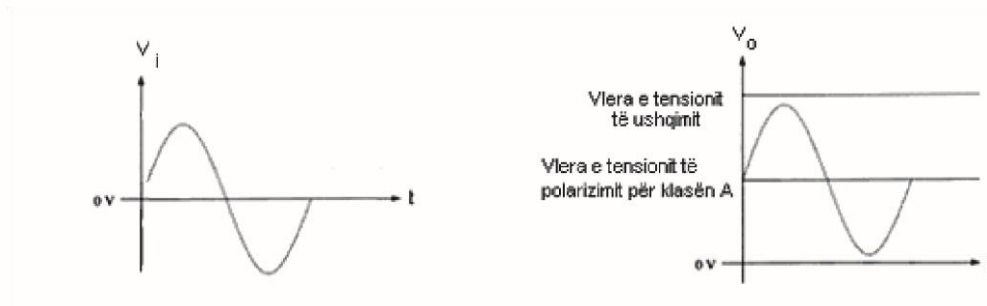
### **7.2. Tipet e amplifikatorëve të fuqisë**

Një mënyrë e klasifikimit të amplifikatorëve është sipas klasës, e cila tregon si ndryshon sinjali në dalje për një periudë të plotë të sinjalit në hyrje.

#### **Klasa A:**

Sinjali në dalje shtrihet në 360° për një cikël të plotë të sinjalit në hyrje, si tregohet në fig.7.2.



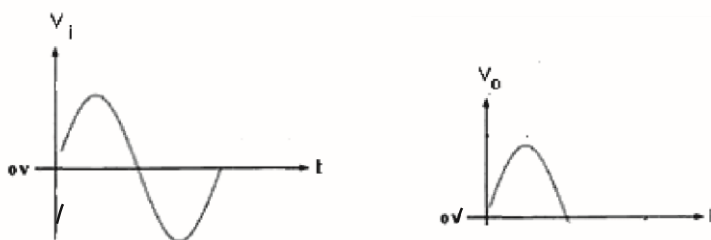


**Fig. 7.2.** Sinjali në dalje të amplifikatorit të kl. A

### **Klasa B:**

Në një skemë të klasës B sinjali në dalje shtrihet në një gjysmë periode, pra në  $180^\circ$ , kundrejt një periode të plotë të sinjalit në hyrje, si në fig.7.3.

Në këtë rast nevojitet përdorimi i dy amplifikatorëve që punojnë në regjimin e klasës B, në mënyrë që njëri prej tyre të japë sinjal në dalje për gjysmë valën pozitive dhe tjetri për gjysmë valën negative. Kjo bën që sinjali në dalje të shtrihet në  $360^\circ$ . Ky regjim pune njihet me emrin push-pull. Sinjali në dalje pritët të jetë i deformuar.



**Fig. 7.3.** Sinjali në dalje të amplifikatorit të kl.B

### **KLASA AB:**

Ky regjim pune nuk është as regjim i klasës A, as regjim i klasës B. Lëkundjet e sinjalit në dalje shtrihen në më shumë se  $180^\circ$  dhe për më pak se  $360^\circ$ .

### **Klasa C:**

Dalja e amplifikatorëve të klasës C është bazuar në punën e transistorit për më pak se  $180^\circ$ . Ata ndërtohen me qarqe rezonues, të cilët kryejnë cikël të plotë pune në frekuencën e rezonancës dhe përdoren në pajisjet transmetuese të radiove ose të telekomunikacionit.

### **Klasa D:**

Kjo klasë është një mënyrë e punës së amplifikatorëve, në të cilën përdoren impulse. Avantazhi më i madh i punës në regjimin e klasës D është puna e amplifikatorit në intervale të vogla kohe dhe pushimi i tij në intervale më të gjata kohe, pra rendimenti i tij është shumë i lartë.

### **7.3.Rendimenti i amplifikatorëve**

Rendimenti i fuqisë së amplifikatorëve përcaktohet si raport i fuqisë në dalje me fuqinë që sigurohet nga ushqimi i skemës me tension të vazhduar. Rendimenti përmirësohet duke kaluar nga klasa A në D.

Në tabelën e mëposhtme (tab.1) është bërë krahasimi sipas rendimentit të klasave të punës së amplifikatorëve.

Tab.1

| Klasa              |           |                     |       |                    |                       |
|--------------------|-----------|---------------------|-------|--------------------|-----------------------|
|                    | A         | AB                  | B     | C                  | D                     |
| Cikli i punës      | 360°      | 180° - 360°         | 180°  | Për më pak se 180° | Me sinjal e dixhitale |
| Rendimenti i punës | 25% - 50% | Midis 25% dhe 78.5% | 78.5% |                    | Mbi 90%               |

#### 7.4. Deformimet në amplifikatorë

Në një amplifikator ideal sinjali sinusoidal i zbatuar në hyrje amplifikohet dhe në dalje është sinjal i pastër sinusoidal me frekuencë të caktuar. Në amplifikatorët ku shfaqen deformime, sinjali në dalje nuk do të jetë më sinjal i pastër sinusoidal. Deformimet mund të shfaqen për shkak të karakteristikave jolineare të elementit (deformimet në amplitudë ose jolineare), si dhe për shkak se elementet e skemës sillen në mënyra të ndryshme për frekuenca të ndryshme.

Sinjali i deformuar përmban sinjalin me frekuencë bazë si dhe sinjale me frekuenca shumëfish të frekuencës bazë.

Nëse sinjali me frekuencë bazë ka amplitudë  $A_1$  dhe komponentja me frekuencë  $n$  ka amplitudë  $A_n$ , deformimi i harmonikës së  $n$ -të në %,  $D_n$ , llogaritet

$$D_n = \frac{A_n}{A_1} \times 100\%$$

$$DTH = \sqrt{D_1 + D_2 + D_3 + D_4 + \dots} \times 100\%$$

Ku **DTH** është deformimi total harmonik.

##### 7.5.1. Mënyrat e ftohjes së transformatorit të fuqisë

Qarqet e integruara përdoren për sinjale të vogla dhe skema me fuqi të vogël. Shumica e skemave që punojnë me fuqi të mëdha kanë nevojë për transistor fuqie.

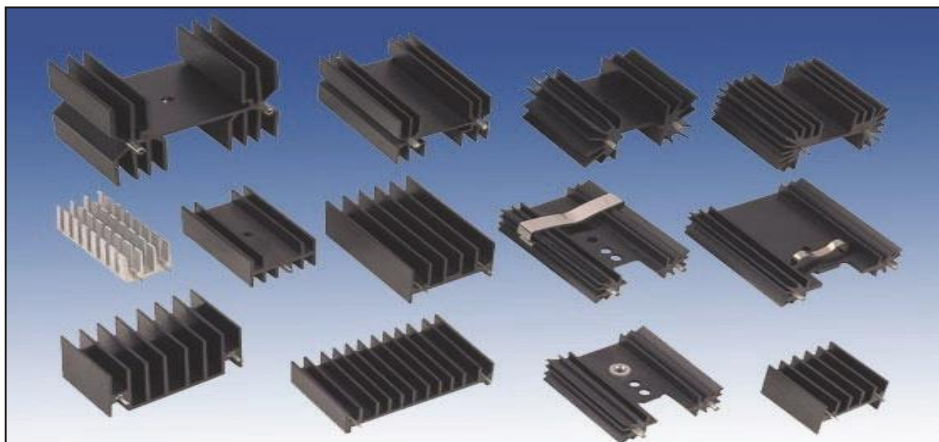
Temperatura maksimale e punës së transistorëve të germaniumit dhe silicit është: për transistorët e silicit 150-200°C; për transistorët e germaniumit 100-110°C. Fuqia mesatare e konsumuar mund të jetë:

$$PD = VCE \cdot IC$$

Fuqia e konsumuar nga transistori ka vlerë të përcaktuar deri në një temperaturë të caktuar. Sipër kësaj temperature fuqia maksimale e harxhuar e pajisjes duhet të zvogëlohet. Sa më e lartë të jetë temperatura e kasës, aq më tepër duhet të zvogëlohet fuqia maksimale e harxhuar duke shkuar deri në 0 W në temperaturën maksimale të kasës së pajisjes.

Sa më shumë fuqi mban transistori, aq më e lartë është temperatura e kasës. Faktori limit i fuqisë që duron një transistor është temperatura e kalimit p-n të kolektorit të transistorit. Transistorët e fuqisë janë të montuar në kasa metalike të mëdha në mënyrë që të kenë një sipërfaqe kontakti sa më të madhe me ajrin dhe nxehtësia e prodhuar

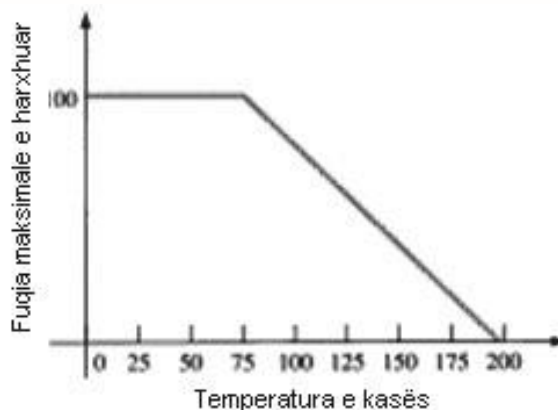
nga pajisja të transferohet. Në qoftë se transistori montohet në ndonjë lloj ftohësi, kapaciteti i fuqisë që mund të durojë, arrin më afër vlerës maksimale. Disa ftohës janë të treguar edhe në fig.7.5.



**Fig.7.5** Tipa kasash të ndryshme

#### **7.5.2.Fuqia maksimale e harxuar në funksion të temperaturës**

Por edhe një ftohës i mirë nuk mund ta mbajë temperaturën e kasës së transistorit në temperaturën e ambientit, prandaj është e domosdoshme që të ulët sasia e fuqisë maksimale që lejohet për një transistor në funksion të rritjes së temperaturës së kasës, si në fig. 7.6.



**Fig.7.6.** Fuqia maksimale e harxhuar në funksion të temperaturës

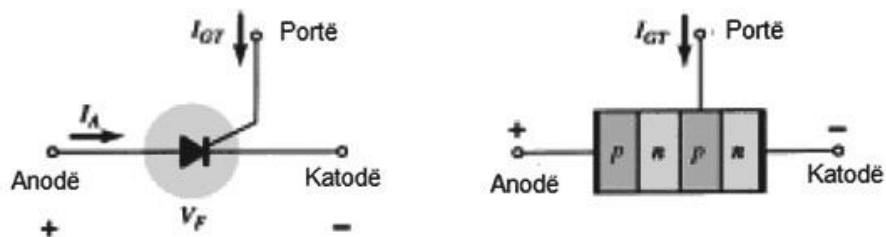
Grafiku tregon që përthyerja ndodh në një temperaturë më të lartë se 25°C, pas së cilës vjen një zbritje lineare. Për secilin, fuqia maksimale përballohet nga transistori deri në temperaturën 200°C.

## **Tema mësimore nr.8: Elementët shumështrësorë.**

### **8.1. Drejtues i kontrolluar silici (SCR)**

Zbatimi kryesor i tyre është kontrolli i vlerave të mëdha të rrymës në motorë, në ngrohës, në

sistemet e ndriçimit, në burimet e fuqisë të rregullueshme; si çelësa statikë, në invertues, në qarqet mbrojtës, në ngarkuesit e baterive, etj. Simboli i një SCR dhe struktura gjysmëpërcjellëse katërshtresore është treguar në fig. 8.1.



**Fig. 8.1**

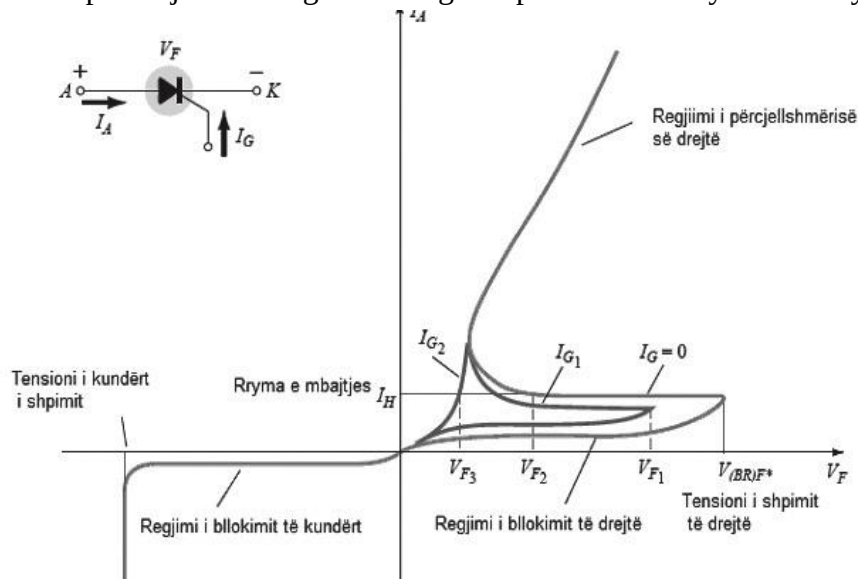
Për të kyçur këtë “çelës” duhet të përdoren këto mënyra:

- Polarizohet në të drejtë dhe jepet një impuls trigerimit në portën, i cili polarizon në të drejtë kalimin B-E të transistorit  $Q_2$ .
- duke zbatuar një tension të madh burimi mes anodës dhe katodës që quhet tension “breakover”.

Për të shkyçur tiristorin mund të përdoren:

- zvogëlimi i rrymës së ngarkesës deri në zero, e cila mund të realizohet duke çuar vlerën e tensionit të burimit drejt zeros.
- teknikat e detyruara të komutimit, që detyrojnë rrymën të kalojë në drejtim të kundërt me atë të përcjellshmërisë së drejtë.

Karakteristika volt-amper e një SCR tregohet në fig. 8.2 për vlera të ndryshme të rrymës së portës.



**Fig. 8.2**

Tipa të ndryshëm të këtyre drejtuesve janë treguar në fig. 8.3.

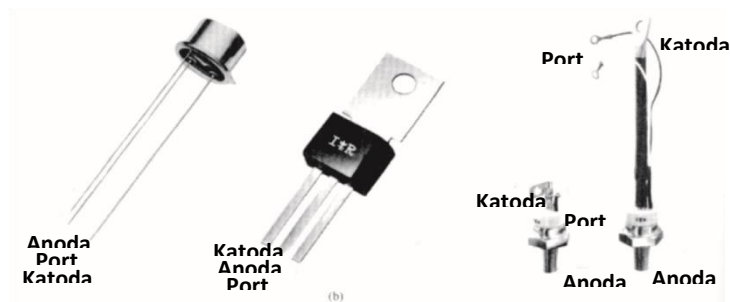


Fig. 8.3

## 8.2 Çelës i kontrolluar silici (SCS)

Ndërtimi, simboli dhe skema ekuivalente tregohen në fig. 8.4:

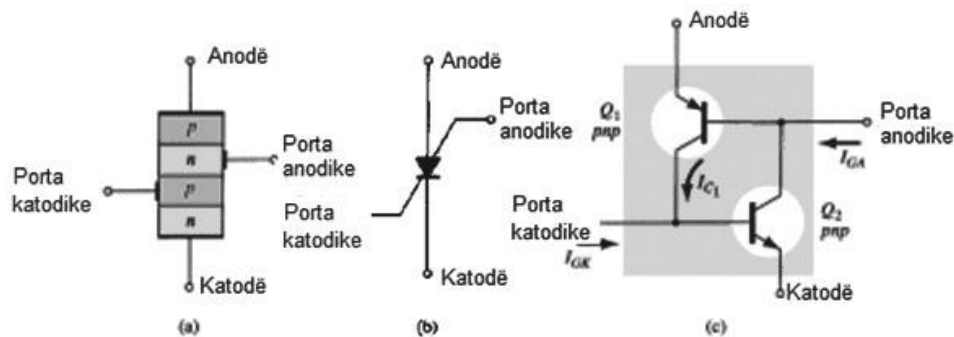
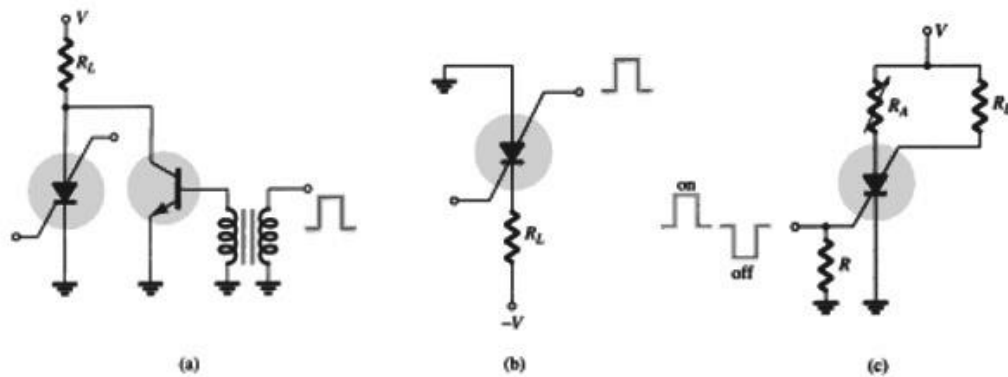


Fig. 8.4

Siç shihet SCS ka katër këmbë, pra edhe një portë anodike në ndryshim nga SCR. Sa më e madhe të jetë rryma e portës anodike, aq më i vogël është tensioni i nevojshëm anodë-katodë për të kyçur elementin. Për të kyçur elementin në portën anodike duhet zbatuar një impuls negativ, i cili polarizon në të drejtë kalimin bazë emitter të transistorit  $Q_1$ , rritjen e rrymës së kolektorit të  $Q_1$ , rritjen e rrymës së bazës së  $Q_2$ , e kështu vazhdon procesi i rigjenerimit deri në kyçjen e SCS. Një impuls pozitiv në portën anodike do të polarizonte në të kundërt kalimin bazë emitter të transistorit  $Q_1$ , e kështu sipas vetisë rigjeneruese të përmendur më lart, procesi do të vazhdonte deri në shklycjen e  $Q_1$  e  $Q_2$ . Rryma e portës anodike është më e madhe në vlerë se rryma e portës katodike. Tre nga mënyrat kryesore të shklycjes së SCS janë treguar në fig. 8.5:



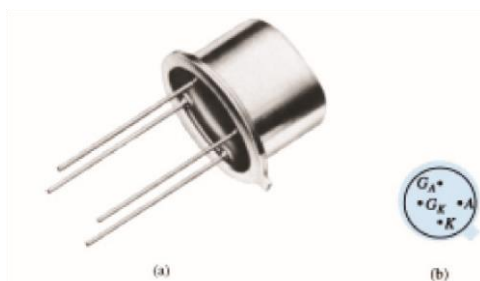
**Fig.8.5.**

Mënyrat e shkyçjes të SCS

Tek SCS koha e shkyçjes është (1-10)  $\mu\text{s}$ , ndërsa te SCR koha e shkyçjes është (5-30)  $\mu\text{s}$ .

SCS punon me fuqi të vogla, rryma dhe tensione të vogla. Vlera maksimale e rrymës në anodë shkon nga (100-300) mA dhe fuqia maksimale e harxhuar (100-500) mW.

Pamja e jashtme e një SCS dhe përcaktimi i këmbëve të saj tregohen në fig.8.6.



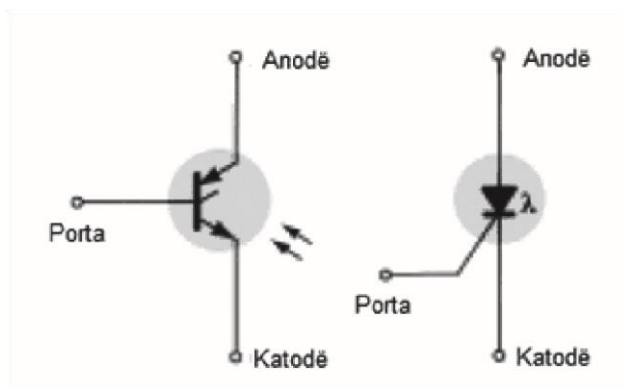
**Fig. 8.6**

### 8.3. FOTO-SCR ose LASCR (LIGHT- ACTIVATED SCR)

Ky është një element i ndjeshëm (aktiv) ndaj dritës. Shigjetat në simbol tregojnë që drita e ardhur kalon përmes një dritare dhe godet mbi një shtresë gjysmëpërcjellëse silici.

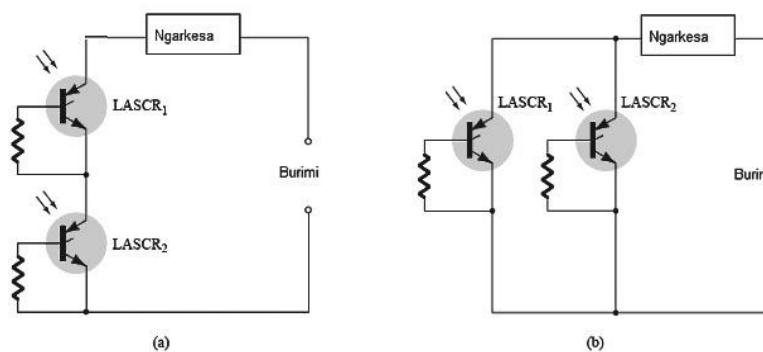
Kur drita është e mjaftueshme, elektronet e valencës kthehen në elektrone të lira, procesi i rigjenerimit fillon dhe foto-SCR mbyllet. Pasi një impuls drite ka kyçur foto-SCR, ky element qëndron i kyçur edhe pse drita zhduket.

Simbolet e një LASCR tregohen në fig.8.7.



**Fig. 8.7**

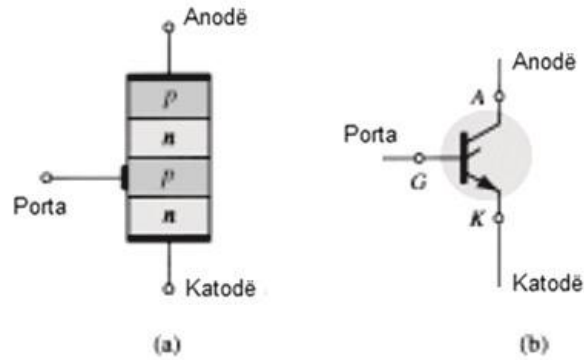
LASCR mund të pëdoret në praktikë për të ndërtuar portat logjike “AND” dhe “OR”, si në figurën 8.8.



**Fig. 8.8**

#### 8.4. Tiristori i bllokueshëm nga porta (GTO)

Tiristori i bllokueshëm nga porta ose GTO (GATE TURN-OFF SWITCH) ka tre këmbë si SCR. Po ashtu skema ekuivalente dhe karakteristika janë të ngjashme me ato të SCR ose SCS. Në fig. 8.9 tregohet ndërtimi dhe simboli i GTO.



**Fig. 8.9**

GTO është element që kyçet dhe shkyçet duke zbatuar një impuls në portën katodike. Rrymat që kalojnë në SCR dhe në GTO janë të përafërta, ndërsa rryma e triggerimit në portë (rryma që duhet të kalojë në kalimin portë-katodë për të ndryshuar gjendjen e GTO) është më e madhe në GTO se në SCR. Rryma e triggerimit në SCR është  $30\mu\text{A}$ , ndërsa rryma e triggerimit të GTO është  $20\text{mA}$ . Rryma maksimale (vlerë rms) dhe fuqia maksimale në GTO janë  $3\text{A}$  dhe  $20\text{W}$ . Avantazh tjetër i GTO është koha më e vogël e shkyçjes ( $1\mu\text{s}$ ) kundrejt asaj të SCR ( $30\mu\text{s}$ ), ndërsa koha e kyçjes së SCR dhe GTO është pothuajse e njëjtë ( $1\mu\text{s}$ ). Fakti që koha e kyçjes dhe e shkyçjes janë pothuajse të njëjta, lejon që GTO të përdoret në zbatimet e skemave që punojnë me shpejtësi të madhe. Pamja e jashtme e një GTO tregohet në fig. 8.10



**Fig. 8.10**

### 8.5.Dioda SHOCKLEY

Dioda Shockley është diodë katërshtesore me dy këmbë. Ndërtimi, simboli dhe karakteristika e tij jepen në fig. 8.11. Siç shihet, karakteristika e kësaj diode është e njëjtë me atë të SCR me  $I_G = 0$ . Për tensione më të mëdha se  $V_{BR}$ , dioda Shockley sillet si çelës i kyçur.



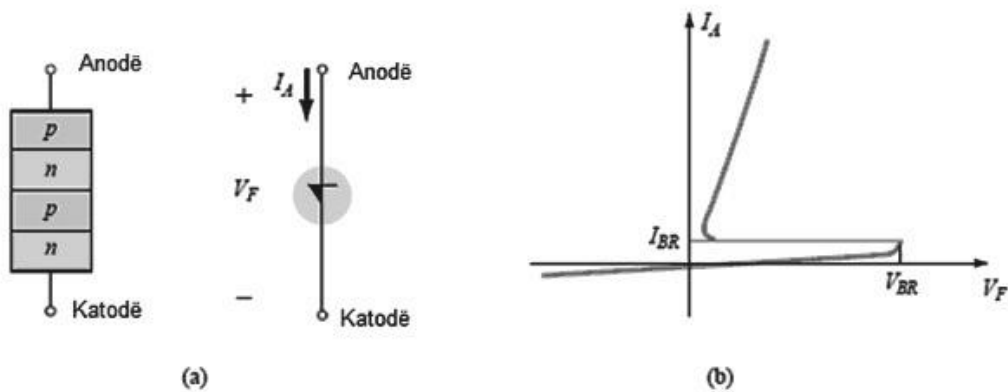


Fig. 8.11

### 8.6. Diaku dhe Triaku

Diaku është element dydrejtimësh, pra rryma mund të kalojë në të dy drejtimet. Këmbët e diakut emërtohen si "Anoda 1" dhe "Anoda 2", pasi secila prej këmbëve mund të jetë anodë. Karakteristika, simbolet, ndërtimi dhe skema ekuivalente tregohen në fig.8.12. Qarku ekuivalent i një diaku është një çift diodash katërshtesore në antiparalel. Diaku nuk përcjell rrymë deri sa tensioni arrin vlerën e *tensionit breakover* në secilin prej drejtimeve.

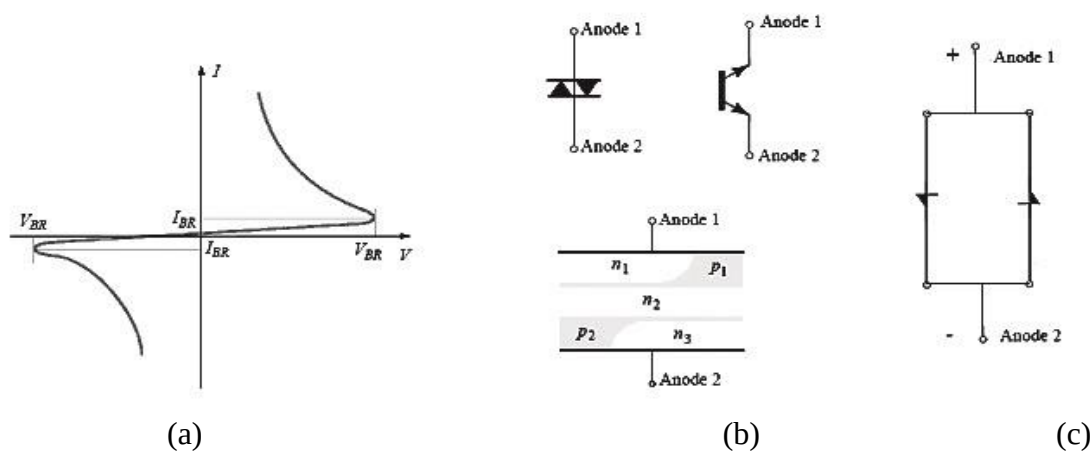


Fig. 8.12

Nëse tensioni ka polaritetin e treguar në figurë 8.13 (c) dioda e majtë përcjell kur tensioni arrin vlerën e *tensionit breakover*. Kur polariteti i tensionit ndryshon, dioda në të djathtë përcjell, kur tensioni arrin vlerën e *tensionit breakover*. Kur diaku përcjell, e vetmja mënyrë e shkycjes së tij, është zvogëlimi i vlerës së rrymës deri në zero.

## Triaku

Triaku është një diak me portë, i cila shërben për të kontrolluar kushtet e kyçjes së triakut në çdo drejtim. Simboli, ndërtimi, karakteristika dhe pamja e jashtme e triakut tregohen në fig. 8.13:

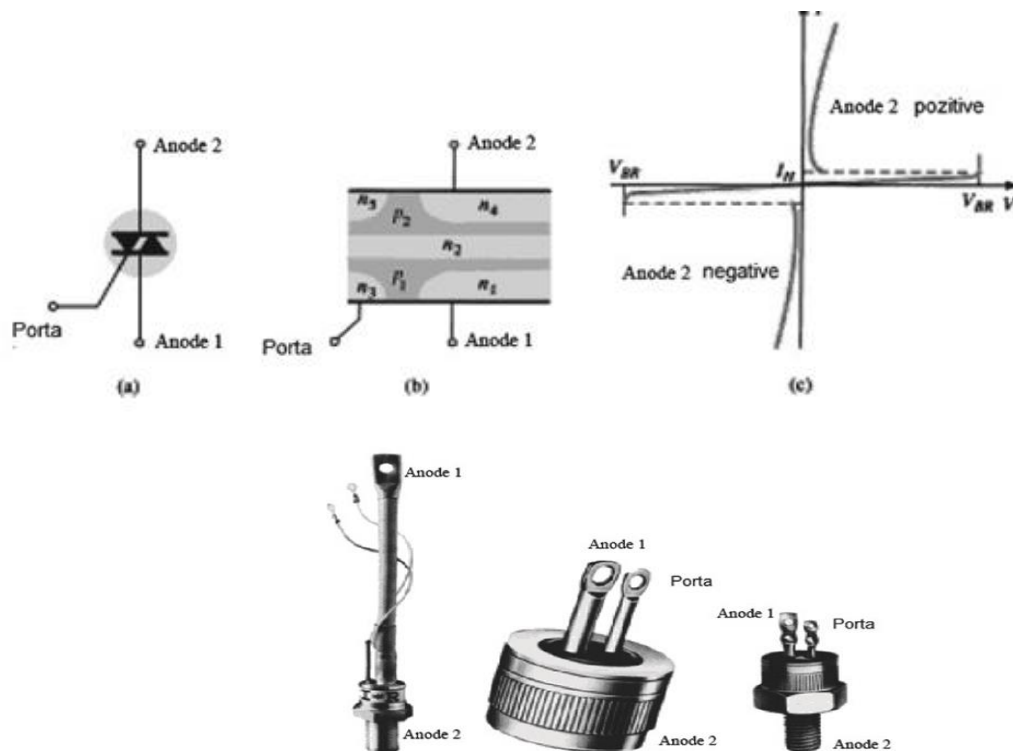


Fig. 8.13(d)

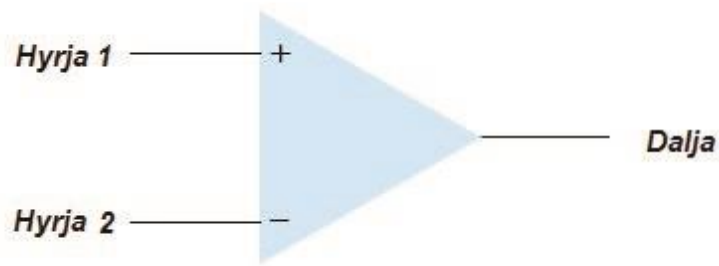
## Tema mësimore nr.9: Amplifikatorët operacionale, llojet, përdorimi dhe karakteristikat. Skemat bazë të amplifikatorëve operacionale.

### 9.1. Hyrje

Amplifikatorët operacionale janë amplifikatorë me koeficient amplifikimi të tensionit shumë të madh, rezistencë të madhe në hyrje dhe rezistencë të vogël në dalje.

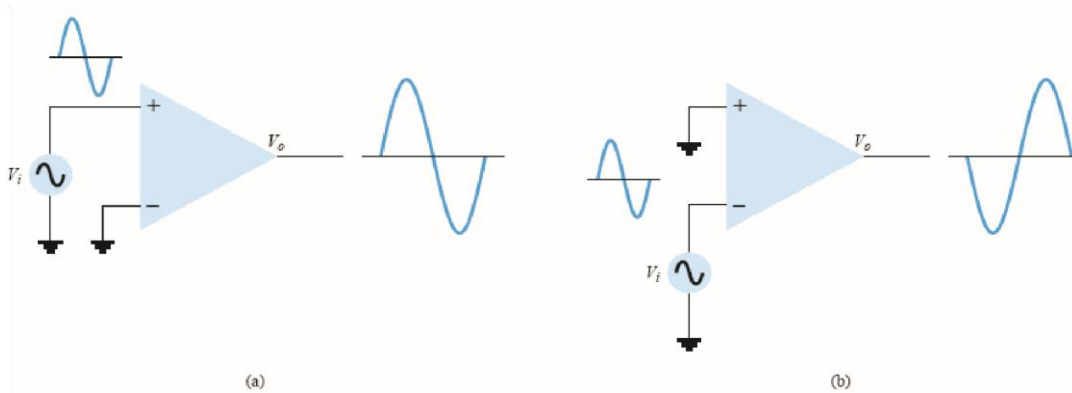
Kryesisht ata përdoren në skemat e gjeneratorëve, rregullatorëve të tensionit, në qarqet e aparaturave të ndryshme elektronike, qarqet kompjuterike etj.

Amplifikatori operacional ka dy hyrje dhe një dalje. Simboli i tij tregohet në fig. 9.1:



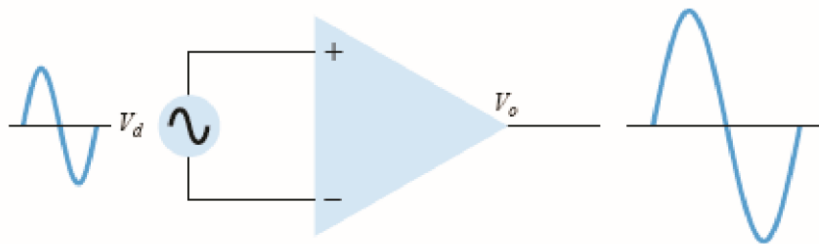
**Fig. 9.1.** Simboli i AO

Hyrjet e amplifikatorit operacional emërtohen: hyrje joinvertuese dhe hyrje invertuese, kuptimi i të cilave del nga dy skemat e mëposhtme në fig.9.2.



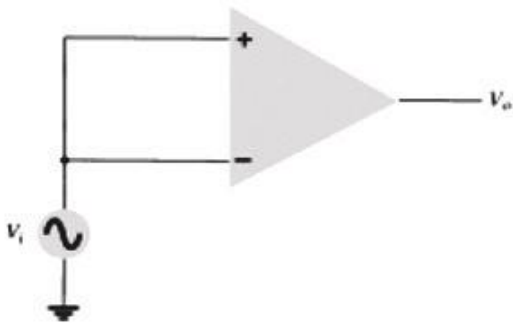
**Fig.9.2.** AO me një sinjal në hyrje

Në rast se sinjalin e hyrjes e zbatojmë midis dy hyrjeve, (fig.9.3), në dalje do të marrim një sinjal të amplifikuar dhe në fazë me sinjalin e zbatuar midis dy hyrjeve.



**Fig.9.3.** AO me tension diferencial në hyrje

Në rast se në të dy hyrjet zbatohet i njëjti sinjal, (fig.9.4), atëherë sinjali në dalje duhet të jetë



zero.

**Fig.9.4.** AO me tensione të njëjta në hyrje

Nëse në të dy hyrjet zbatohet sinjale të ndryshme, atëherë sinjali i hyrjes është sa diferenca e sinjaleve në dy hyrjet:

$$V_d = V_{i_1} - V_{i_2} \quad (1)$$

Nëse në të dy hyrjet zbatohen sinjale të njëjta, atëherë sinjali i hyrjes është sa vlera mesatare e sinjaleve në dy hyrjet:

$$V_c = \frac{1}{2}(V_{i_1} + V_{i_2}) \quad (2)$$

Këto sinjale amplifikohen dhe si përfundim sinjali në dalje përmban dy komponente që varen nga tensioni i dëshiruar (diferencial) në hyrje,  $V_d$ , dhe tensioni i padëshiruar në hyrje,  $V_c$ . Pra:

$$V_o = A_d V_d + A_c V_c \quad (3)$$

ku  $V_d$  - tensioni diferencial (i dëshiruar) i hyrjes

$V_c$  - tensioni i padëshiruar në hyrje

$A_d$  -koeficienti i amplifikimit të sinjalit të dëshiruar.

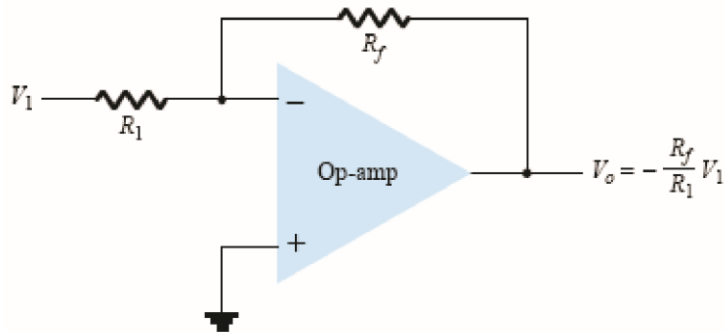
$A_c$  - koeficienti i amplifikimit të sinjalit të padëshiruar.

## 9.2. Skemat praktike me AO

### 9.2.1 Skema invertuese, joinvertuese

#### Skema invertuese

Kjo është një nga skemat më të përdorshme me AO, ku vlera e tensionit në dalje varet nga vlera e tensionit në hyrje dhe nga koeficienti i amplifikimit konstant, që përcaktohet nga vlerat e rezistencave të jashtme në skemë.(fig.9.5)



**Fig.9.5.** AO invertues me koeficient amplifikimi konstant

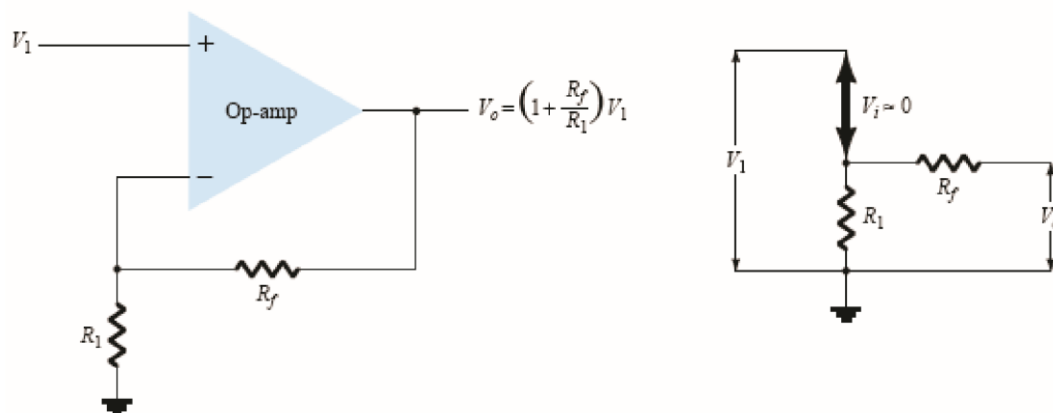
Ky amplifikator përdoret më tepër se ka stabilitet më të lartë frekuence.

### Skema joinvertuese

Skema në (fig.9.6) është ndërtuar me AO dhe punon si skemë joinvertuese me koeficient amplifikimi konstant, të cilën e përcaktojmë duke u nisur nga skema ekuivalente. Meqë  $V_i$  është afërsisht zero,  $V_1$  përcaktohet:

$$V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_f} V_o$$

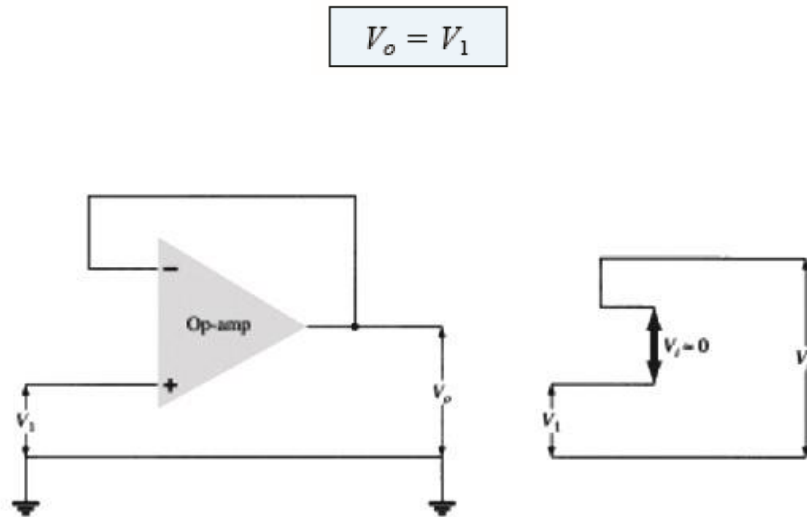
$$\frac{V_o}{V_1} = \frac{R_1 + R_f}{R_1} = 1 + \frac{R_f}{R_1}$$



**Fig.9.6.** Skema joinvertuese dhe skema ekuivalente e saj

### 9.2.2. Skema me koeficient amplifikimi 1

Në këtë skemë koeficienti i amplifikimit është 1, pra sinjali në dalje është në fazë, me të njëjtën amplitudë me sinjalin në hyrje, si në (fig.9.7):



**Fig.9.7.** Ndjekësi njësi dhe qarku ekuivalent.

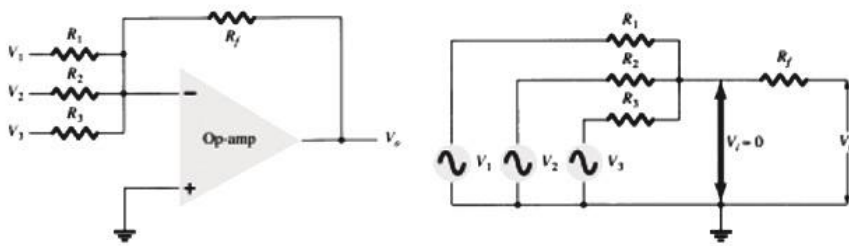
### 9.2.3. Skema mbledhëse, skema e integruesit dhe e diferenciatorit

#### Skema mbledhëse

Në praktikë është mjaft i përdorshëm amplifikatori mbledhës. Në (fig. 9.8.) tregohet një skemë mbledhëse me tre hyrje. Duke përdorur skemën ekuivalente gjejmë tensionin në dalje:

$$V_o = -\left(\frac{R_f}{R_1} V_1 + \frac{R_f}{R_2} V_2 + \frac{R_f}{R_3} V_3\right)$$

Nëse numri i hyrjeve shtohet, do të shtohet edhe numri i komponentëve në barazimin e mësipërm.

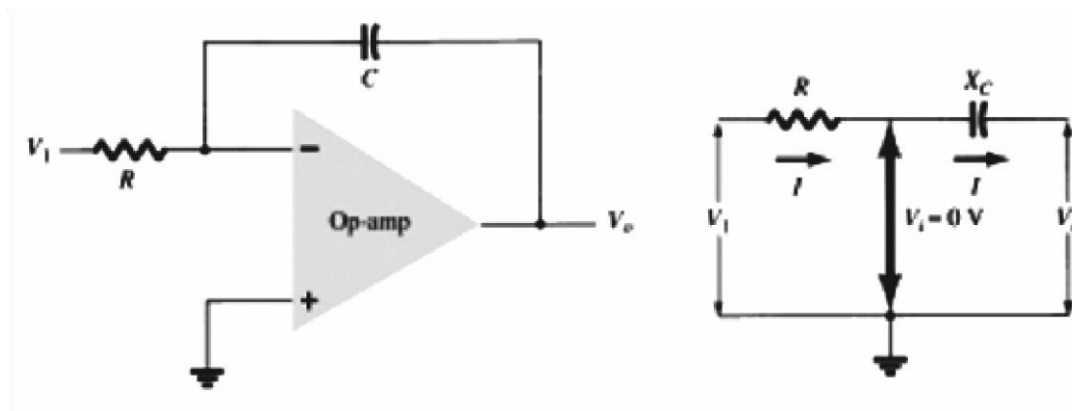


**Fig.9.8.** AO mblledhës dhe skema ekuivalente e tij.

### Skema e integruesit

Në studimet e bëra deri tani elementet e lidhura në hyrje dhe në qarkun e lidhjes së kundërt kanë qenë rezistenca. Nëse elementi i lidhjes së kundërt është kondensator, skema quhet integrator. Duke kujtuar konceptin e tokës imagjinare ne konsiderojmë që tensioni nga pika e bashkimit të R me C deri në tokë është zero. Rezistenca capacitive shprehet si më poshtë:

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{sC}$$

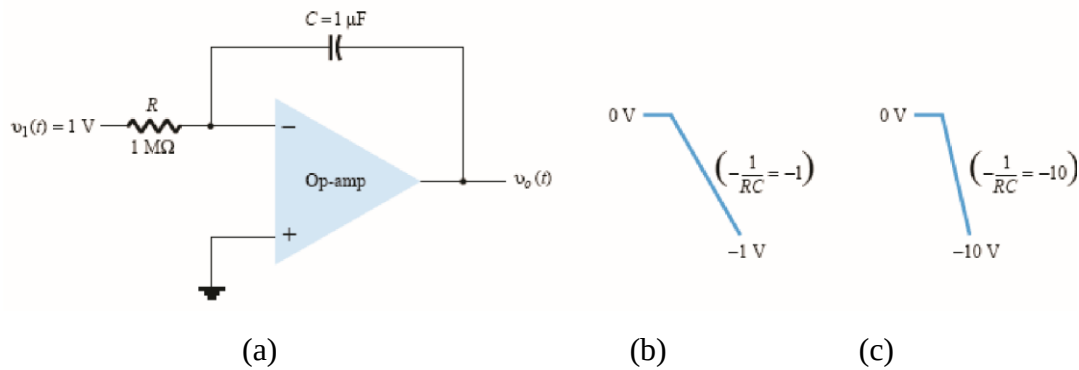


**Fig.9.9.** Intergratori dhe skema ekuivalente

Pas transformimesh algjebrike vlera e çastit e  $v_o$  do të përcaktohet nga konstantja RC dhe nga integrali i vlerës së çastit të sinjalit në hyrje:

$$v_o(t) = -\frac{1}{RC} \int v_1(t) dt$$

Sinjali tipik në hyrje është kënddrejtë. Në këtë rast sinjali në dalje është sinjal rënës linear. Intergratori mund të punojë me tipe të ndryshëm sinjalesh në hyrje. Gjatë studimit do mendojmë që sinjali në hyrje është kënddrejtë me një periudë të caktuar. Le të marrim tensionin në hyrje  $V_1 = 1\text{ V}$  dhe vlerat e  $R$  dhe  $C$  si në fig.9.10 (a). Sinjali në dalje do të jetë linear zbritës si në fig. 9.10 (b).



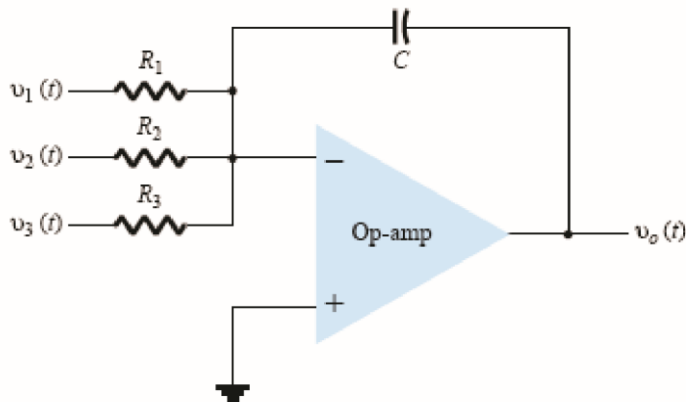
**Fig.9.10.** Intergratori dhe forma e sinjalit në dalje të intergratorit për sinjal kënddrejtë në hyrje që ndryshon nga 0 në 1V

Nëse e zvogëlojmë 10 herë vlerën e rezistencës, shpejtësia e rënies së sinjalit në dalje rritet, si në fig.9.10 (c).

Intergratorët që kanë më shumë se një hyrje, si në fig. 9.11, tensioni në dalje shprehet:

$$v_o(t) = -\left[ \frac{1}{R_1 C} \int v_1(t) dt + \frac{1}{R_2 C} \int v_2(t) dt + \frac{1}{R_3 C} \int v_3(t) dt \right]$$

Këto intergratorë përdoren në kompjuterat analogë.



**Fig.9.11.** Intergrator mbledhës

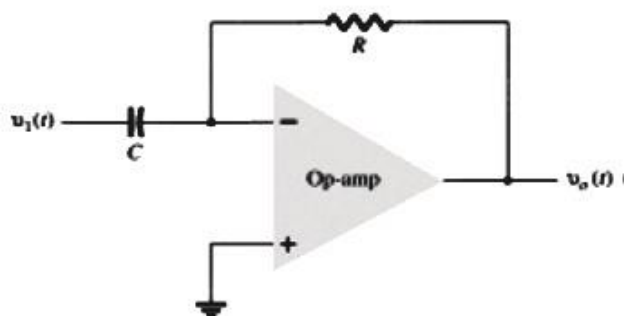


### Skema e diferenciatorit

Në këto skema rezistenca dhe kondensatori “ndryshojnë” vendet. Pas veprimesh matematike, ne mund të përcaktojmë sinjalin në dalje në këtë formë:

$$v_o(t) = -RC \frac{dv_1(t)}{dt}$$

Skema e një diferenciatori tregohet në fig. 9.12:



**Fig.9.12.** Një skemë diferenciatori

### 9.3.1. Parametrat e AO

Amplifikatorët operacionalë janë amplifikatorë të rrymave të vazhduara, por gjatë projektimit dhe punës me to duhet të marrim parasysh karakteristikat për rrymën e vazhduar dhe alternative.

#### Tensioni offset i hyrjes, $V_{IO}$

Kur hyrjet e amplifikatorit operacional janë të tokëzuara, gjithnjë ekziston një tension shmangie (offset) në dalje, sepse tranzistorët kanë në hyrje  $V_{BE}$  të ndryshme. Tensioni offset i hyrjes është i barabartë me ndryshimin e vlerave të  $V_{BE}$ .

#### Rryma offset e hyrjes, $I_{IO}$

Rrymat e bazave të tranzistorëve të hyrjes nuk janë asnjëherë të barabarta, sepse verat e  $\beta$  janë zakonisht të ndryshme. Rryma offset në hyrje është e barabartë me diferencën e rrymave të bazave. Meqë ndonjëherë përdorim rezistenca në hyrjet e amplifikatorit, këto rryma sjellin një tension të padëshëruar në dalje.

$$I_{IO} = I_{IB}^+ - I_{IB}^-$$

### Rezistenca të ndryshme bazash

Në një amplifikator operacional rezistencat e bazave mund të jenë të barabarta ose jo. Ndryshimi midis tyre do të sillte një tension offset në dalje.

### Rryma e polarizimit në hyrje, $I_{IB}$ .

Një tjetër parametër që lidhet me rrymat është edhe rryma e polarizimit në hyrje, që përcaktohet si vlera mesatare e rrymave të polarizimit në secilën prej hyrjeve.

$$I_{IB} = \frac{I_{IB}^+ + I_{IB}^-}{2}$$

### Tensioni offset i daljes, $V_{OO}$

Të gjithë faktorët e përmendur më lart ndikojnë në krijimin e një tensioni të padëshiruar në dalje.

$$V_{OO} = V_{IO} [(R_1 + R_f) / R_1] + I_{IO} R_f$$

Ku  $R_1$  është rezistenca që lidhet në hyrjen invertuese,  $R_f$ -rezistenca e lidhjes së kundërt.

### CMRR (common - mode rejection ratio)

CMRR kupton raportin e zvogëlimit të sinjaleve të padëshiruara. Qarku 741C ka  $CMRR' = 90$  dB në frekuencat e ulëta, që me numra të zakonshëm nënkupton se sinjali i dëshiruar do të jetë 30.000 herë më i lartë në dalje se sinjali i padëshiruar. Në frekuencat e larta CMRR' zvogëlohet.

### Tensioni në dalje maksimal pik-pik i paprerë, $V_{OM}$

Ky parametër tregon vlerën më të madhe me të cilën mund të ndryshojë sinjali në dalje. Nëse AO ushqehet me  $V_{CC} = +15V$  dhe  $V_{EE} = -15V$ , vlera max e tensionit në dalje pik-pik është  $+_{12}V$  deri në  $+_{14}V$  (kjo varet edhe nga vlera e koeficientit të amplifikimit të tensionit,  $A_{CL}$ ). Sinjali në hyrje duhet të jetë i kufizuar për të ruajtur këtë ndryshim.

### Kufiri i vlerave të tensionit në hyrje, $V_{ICR}$

Sipas këtij parametri ne lexojmë kufirin ku mund të variojë tensioni i hyrjes. Nëse AO ushqehet me  $V_{CC} = +15V$  dhe  $V_{EE} = -15V$ , kufiri ku mund të variojë tensioni i hyrjes është  $+_{12}V$  deri në  $+_{13}V$ . Për tensione në hyrje më të mëdha se kjo vlerë do të sillnin deformime të sinjalit në dalje.

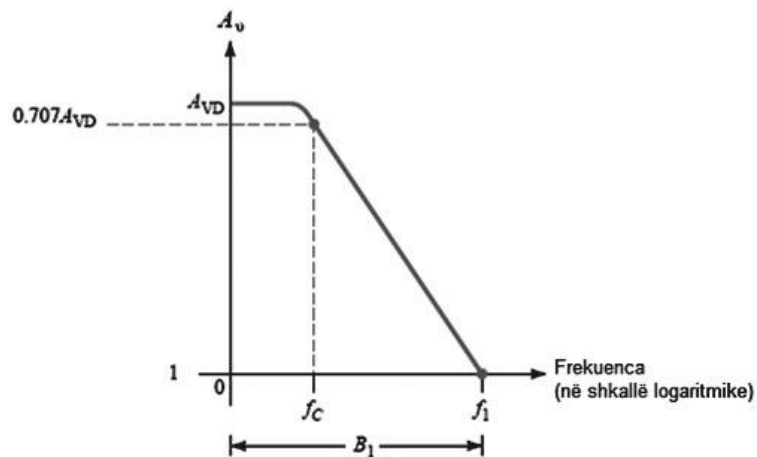
### Rryma për qark të shkurtër në dalje

Në disa zbatime një amplifikator operacional mund të punojë me rezistencë ngarkese që është afërsisht zero. Amplifikatori 741C ka një rezistencë dalje  $75\Omega$ . AO është pajisje me fuqi të vogël

dhe rryma në dalje është e kufizuar. P.sh. kur dalja është qark i shkurtër, rryma në dalje është vetëm 25mA.

### 9.3.2.Përgjigja e frekuencës

Një AO projektohet për të patur koeficient të lartë amplifikimi tensioni për një brez të gjerë frekuencash.



**Fig. 9.13.** Karakteristika e frekuencës

Në frekuencat e ulëta koeficienti i amplifikimit të tensionit ka vlerën e treguar në katalog,  $A_{VD}$ , i cili ka vlera shumë të mëdha. Nëse frekuenca e sinjalit në hyrje rritet, koeficienti i amplifikimit të tensionit zbret deri në vlerën 1. Frekuenca në të cilën koeficienti i amplifikimit të tensionit bëhet 1 quhet **frekuencë njësi**,  $f_1$ .

Gjerësia e brezit të frekuencave nga 0 Hz deri në frekuencën ku koeficienti i amplifikimit të tensionit bëhet 1 shënohet  $B_1$ . Frekuenca prerëse (cutoff),  $f_c$ , përcaktohet në vlerën  $0.707 A_{VD}$ . Frekuenca prerëse dhe frekuenca njësi lidhen me njëra-tjetrën në këtë mënyrë:

$$f_1 = A_{VD} f_c$$

### Slew Rate

Slew Rate është një nga veçoritë më të rëndësishme të AO, sepse ajo kufizon madhësinë e tensionit në dalje në frekuencat e larta.

Slew Rate është kufiri maksimal me të cilin mund të ndryshojë tensioni në dalje të amplifikatorit në V/ $\mu$ s.

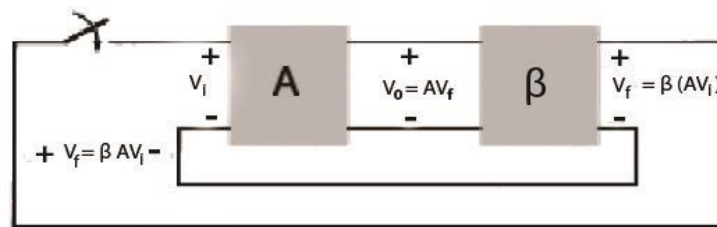
$$SR = \frac{\Delta V_o}{\Delta t} \quad V/\mu s$$

Gjatë projektimit ky raport duhet të ruaj vlerat e treguara në katalog, ndryshe do të kishim deformim të sinjalit në dalje, pra dalja nuk mund të ketë të njëjtën formë si ajo e sinjalit në hyrje, por sinjal të deformuar apo të prerë.

## **Tema mësimore nr.10: Oshilatorët**

### **10.1. Parimi i punës**

Për të ndërtuar një gjenerator elektronik përdorim një amplifikator me lidhje të kundërt pozitive, ku sinjalin e lidhjes së kundërt e shfrytëzojmë si sinjal hyrje. Duhet të mbajmë parasysh që gjeneratori elektronik nuk prodhon energji, por vetëm shndërron energjinë e rrymës së vazhduar (nga burimi i ushqimit) në energji të rrymës alternative. Nëse sinjali në dalje ndryshon sipas ligjit sinusoidal, skema është një gjenerator elektronik sinusoidal. Nëse sinjali në dalje rritet shpejt dhe merr një vlerë të caktuar tensioni dhe më pas zvogëlohet shpejt në një vlerë tjetër tensioni, gjeneratori elektronik është me valë kuadratike.



**Fig. 10.1.** Skema bllok e gjeneratorit elektronik

Le të studiojmë një gjenerator elektronik sinusoidal.

Kur çelësi është i shkyçur, lëkundjet mungojnë. Kur çelësi kyçet i vetmi sinjal është një tension fillestar në përcjellës, i cili amplifikohet dhe ushqen qarkun e lidhjes së kundërt, që zakonisht është qark rezonues.

Nëse produkti  $A\beta < 1$ , lëkundjet në çastin fillestar shuhen. Nëse  $A\beta > 1$ , skema amplifikon tensionin fillestar që gjithmonë është i pranishëm në skemë.

Në këtë rast për shkak të regjimit të saturimit (ngopjes), produkti  $A\beta$  shkon drejt 1. Sa më tepër  $A\beta$  i afrohet vlerës 1, aq më tepër vala i afrohet valës sinusoidale.

Si krijohet tensioni fillestar? Çdo përcjellës përmban disa elektrone të lira. Për shkak të temperaturës së ambientit këto elektrone lëvizin në drejtime të ndryshme dhe krijojnë një tension zhurmë.

## 10.2. Gjeneratorët elektronik RC

Një prej tipave të gjeneratorëve elektronikë RC janë gjeneratorët elektronikë me sfazim. Siç u tha dhe më lart për lindjen e lëkundjeve fillimisht duhet  $A\beta > 1$  (kushti i amplitudës) dhe këndi i sfazimit  $180^\circ$ , pasi  $180^\circ$  të tjera sinjali sfazohet nga vetë amplifikatori (kushti i fazës).

Për këta gjeneratorë elektronikë sfazimi me  $180^\circ$  (kushti i fazës) ndodh në frekuencën:

$$f = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}}$$

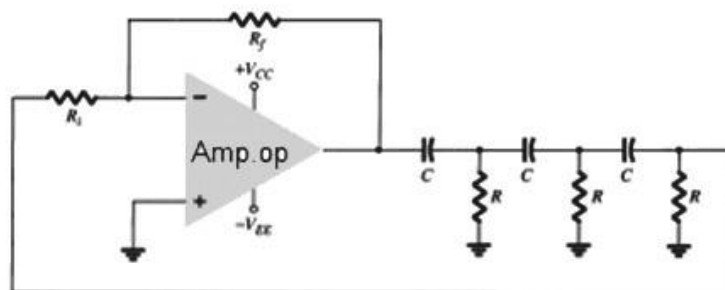
Nëse zgjedhim elementet e qarkut të lidhjes së kundërt, të tillë që:

$$\beta = \frac{1}{29}$$

Për t'u plotësuar kushti i amplitudës, duhet që  $A\beta > 1$ , pra:

$$A > 29$$

Skema e një gjeneratori elektronik me sfazim i ndërtuar me AO tregohet në fig.10.2:



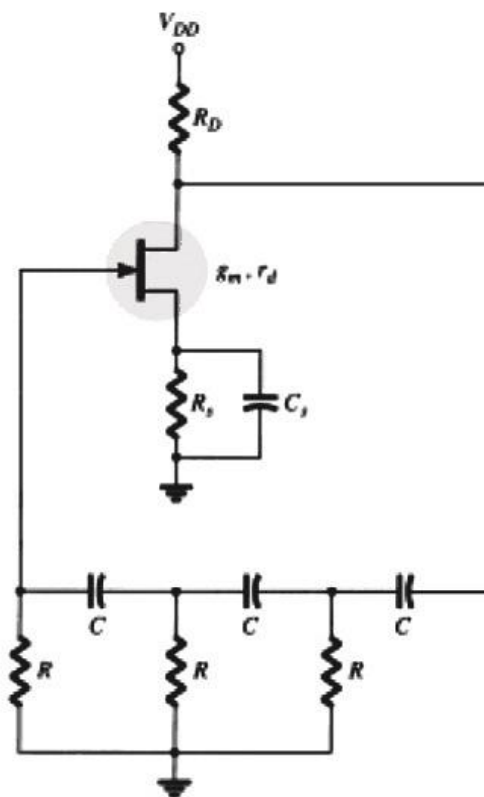
**Fig. 10.2.** Gjeneratori elektronik me sfazim me AO

Secila nga nyjet RC e sfazon sinjalin me  $60^\circ$ , ndërsa të treja së bashku me  $180^\circ$ . Nga ana tjetër amplifikatori operacional lidhet sipas skemës invertuese (d.m.th. sinjali në dalje të amplifikatorit

është i sfazuar me  $180^\circ$  me sinjalin në hyrje të tij). Kështu realizohet sfazimi me  $360^\circ$  ose me  $0^\circ$ , pra lidhja e kundërt pozitive.

Gjeneratori elektronik me sfazim i ndërtuar me FET

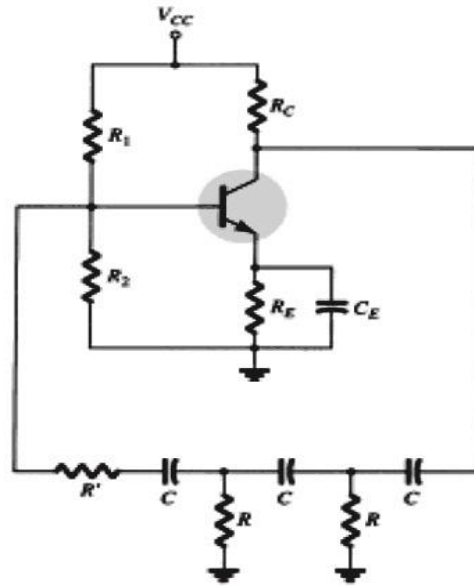
Skema e një gjeneratori elektronik me sfazim të ndërtuar me FET tregohet në fig. 10.3.



**Fig. 10.3.** Skema e një gjeneratori elektronik me sfazim të ndërtuar me **FET**

### 10.3 Gjeneratori elektronik me sfazim i ndërtuar me BJT

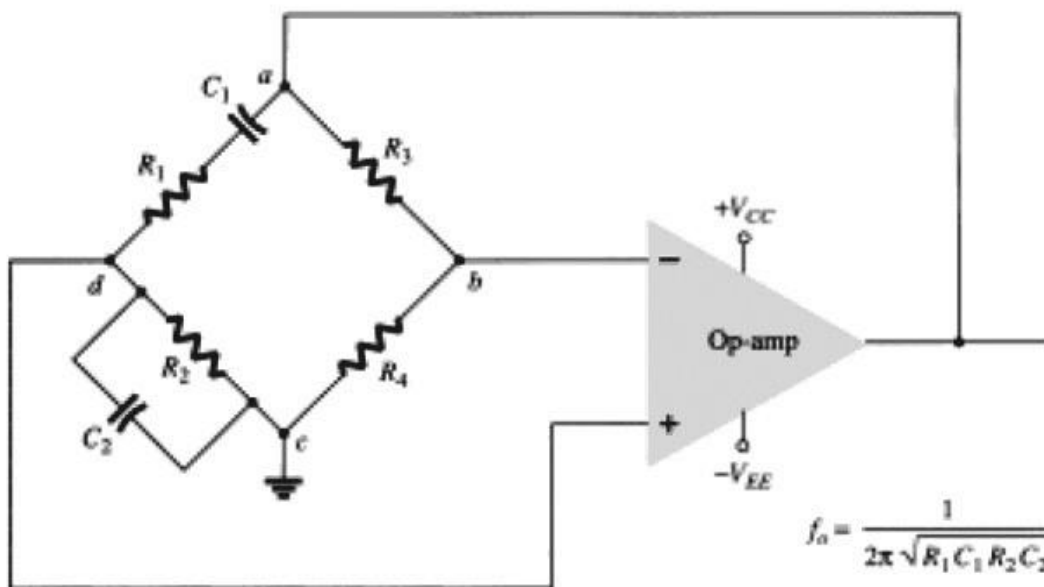
Skema e tij tregohet në fig.10.4:



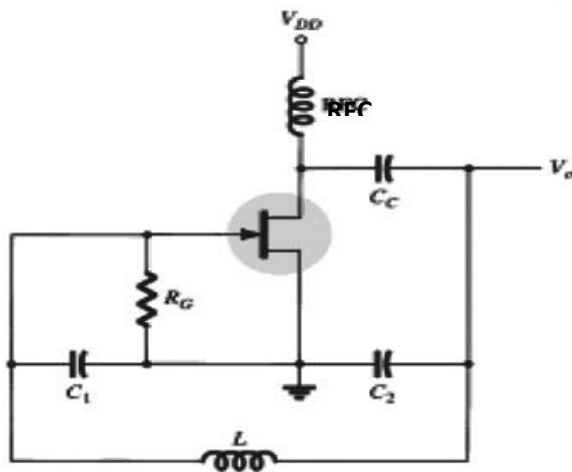
**Fig. 10.4.** Skema e një gjeneratori elektronik me sfazim të ndërtuar me BJT.

Skema e gjeneratorit elektronik urë - Wien

Skema e një gjeneratorit elektronik urë - Wien tregohet në fig.10.5.



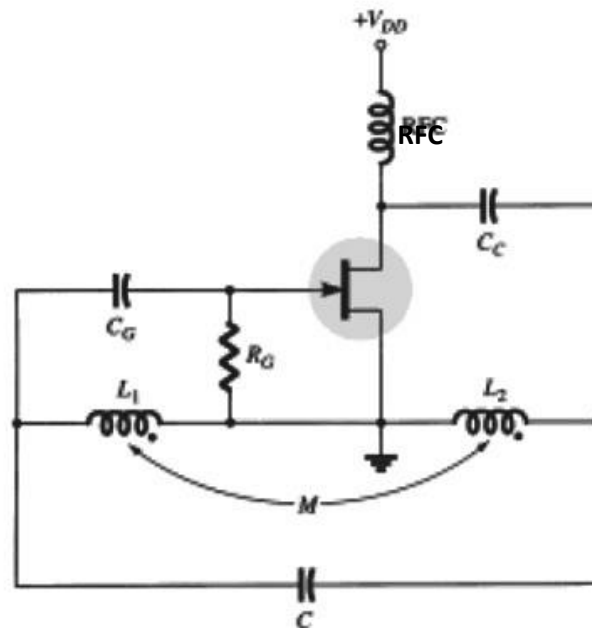
**Fig. 10.5.** Skema e gjeneratorit elektronik urë - Wien



**Fig. 10.6.** Skema e gjeneratorit Kolpits me FET

#### Gjeneratori elektronik Hartley

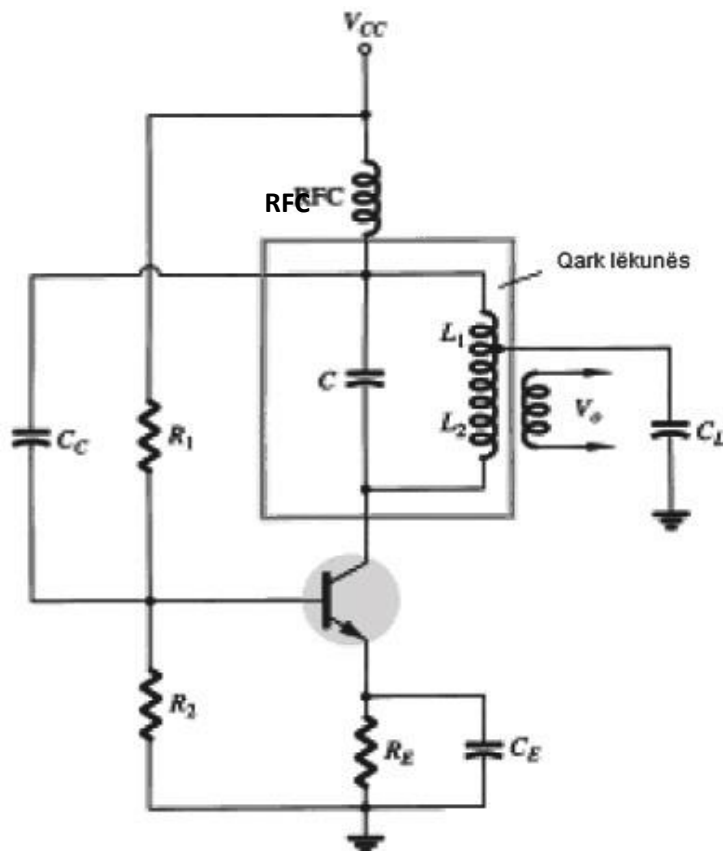
Nëse elementet  $X_1$  dhe  $X_2$  janë bobina dhe elementi  $X_3$  është kondensator, atëherë qarku është një gjenerator elektronik Hartley. Një qark i tillë tregohet në figurën 10.7. Bobinat  $L_1$  dhe  $L_2$  kanë midis tyre një induktivitet reciprok,  $M$ , që duhet marrë parasysh në llogaritjen e induktivitetit total për qarkun rezonues.





**Fig. 10.7.** Skema e një gjeneratori Hartley me FET

Në figurën 10.8 është treguar një gjenerator LC me BJT. Frekuenca e lëkundjeve është e njëjtë me atë të treguar më sipër për gjeneratorin LC me FET.



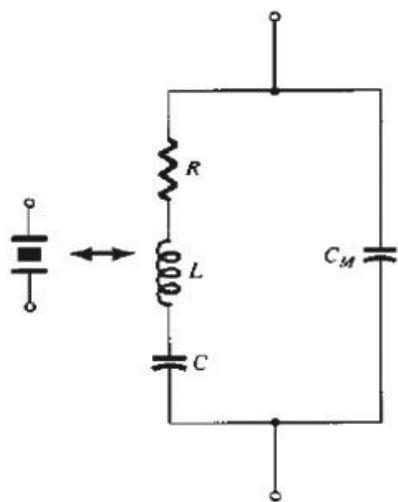
**Fig. 10.8.** Skema e një gjeneratori Hartley me BJT

#### 10.4. Gjeneratorët elektronikë me kristale kuarci

Kristali i kuarcit gjendet pothuajse i gatshëm në natyrë dhe përdoret më tepër si qark lëkundës në gjeneratorët e frekuencave.

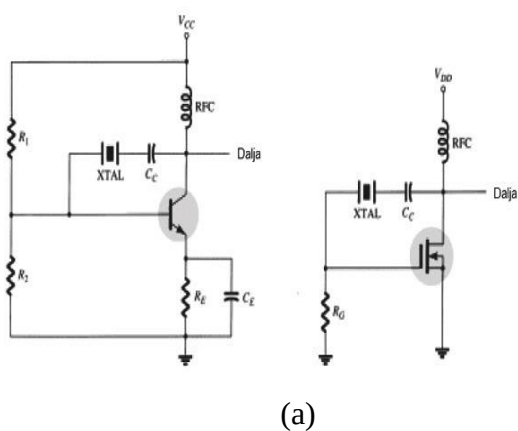
Kristali pritet dhe montohet në mënyrë të tillë që të lëkundet në frekuencën e rezonancës, zakonisht në frekuencën bazë ose më të vogël. Frekuencat më të larta të rezonancës janë shumëfish i frekuencës bazë.

Frekuenca bazë është në përpjesëtim të drejtë me një konstante teknologjike dhe në përpjesëtim të zhdrejtë me trashësinë e kristalit. Skema ekuivalente dhe simboli i një kristali kuarci tregohet në fig.10.9.



**Fig. 10.9.** Simboli dhe skema ekuivalente e një kristali kuarci

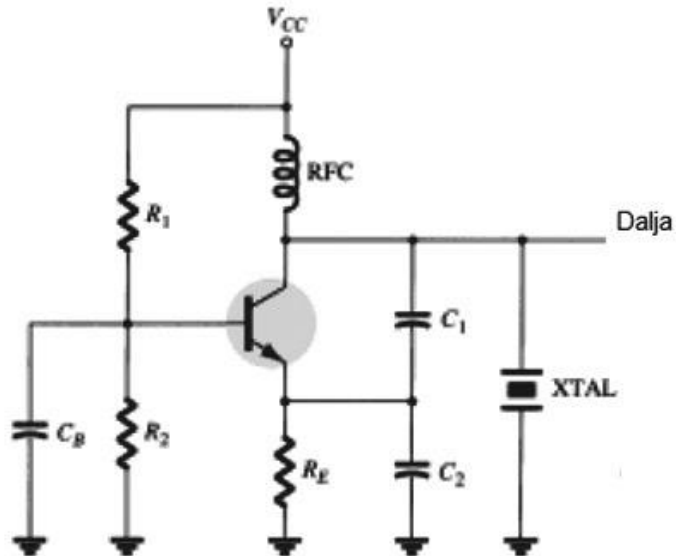
Në fig.10.10 janë treguar gjeneratorë elektronikë, ku kristali i kuarcit është në seri me  $C_c$  në qarkun e lidhjes së kundërt.  $C_c$  ka ndikim të vogël në frekuencën e punës, por bllokoi ndonjë komponente të vazhduar midis kolektorit dhe bazës.



**Fig. 10.10.** Gjenerator elektronik me qark rezonues seri (a) me BJT; (b) me FET

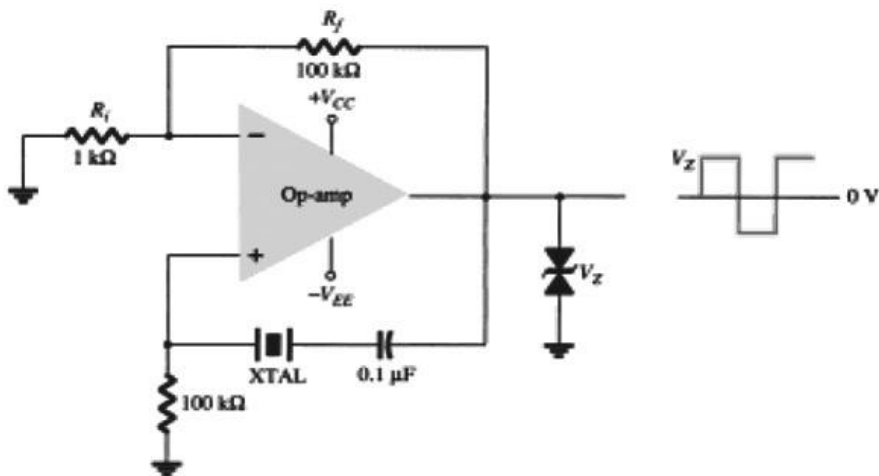
Frekuenca e lëkundjeve përcaktohet nga frekuenca e rezonancës së qarkut seri ku ndodhet kristali. Ndryshimi i tensionit të burimit, parametrave të transistorit, etj. nuk ndikon në frekuencën e punës, e cila qëndron e stabilizuar nga kristali i kuarcit.

Në fig.10.11 është treguar një gjenerator elektronik me qark rezonues paralel, ku kristali sillet si një rezistencë induktive me vlerë të madhe; kapaciteti i tij i brendshëm është i papërfillshëm.



**Fig. 10.11.** Gjenerator elektronik me qark rezonues paralel

Në fig.10.12 tregohet një gjenerator me kristal me amplifikator operacional. Kristali është lidhur në njëqark rezonues seri. Kjo skemë ka koeficient amplifikim të madh dhe sinjali në dalje ka formë kuadratike. Në dalje është lidhur një çift diodash zener (varistor) për të marrë në dalje tension të stabilizuar me vlerë sa tensioni zener.



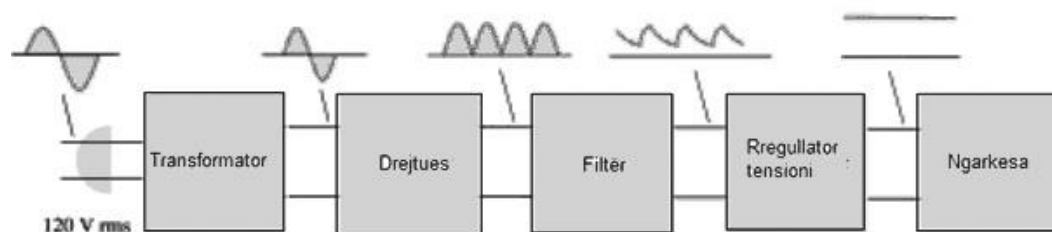
**Fig.10.12.** Gjenerator me kristal me AO

## **Tema mësimore nr.11: Burimet e fuqisë**

### **11.1. Hyrje**

Burimi i fuqisë është një pajisje elektronike që përdoret për të kthyer tensionin alternativ në tension të vazhduar.

Burimi i fuqisë është i ndërtuar nga transformatori, skema drejtuese, filtrat dhe rregullatori i tensionit. Skema bllok e një burimi fuqie, si dhe format e sinjaleve në hyrje e dalje të çdo blloku jepen më poshtë:

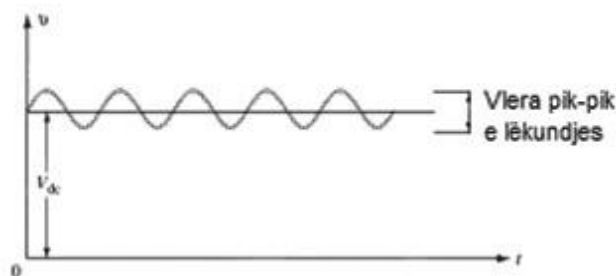


**Fig.11.1.** Skema bllok e një burimi fuqie

Tensioni alternativ zbatohet në hyrje të transformatorit, i cili zvogëlon vlerën e tensionit alternativ në një vlerë më të vogël. Drejtuesi me dioda shërben për të shndërruar tensionin alternativ në tension pulsant me një gjysmëperiode ose me dy gjysmëperiode. Më pas sinjali pulsant në dalje të drejtuesit filtrohet më parë nga një filtër kapacitiv, i cili shërben për të kthyer tensionin pulsant në tension afërsisht të vazhduar. Rregullatori i tensionit shërben për të kthyer tensionin pothuajse të vazhduar në tension të vazhduar. Tensioni në dalje qëndron i pandryshuar për ndryshime të tensionit në hyrje të këtij blloku brenda një diapazoni të caktuar vlerash, por edhe për ndryshime të rezistencës së ngarkesës brenda një diapazoni të caktuar vlerash.

### **11.2. Filtri kapacitiv**

Tensioni në hyrje të filtrit është tension pulsant, ndërsa në dalje është tension pothuajse i vazhduar, pra është tension që përmban komponentin e vazhduar së bashku me një lëkundje (sinjal alternativ), si në fig. 11.2.



**Fig. 11.2.** Forma e valës në dalje të filtrit

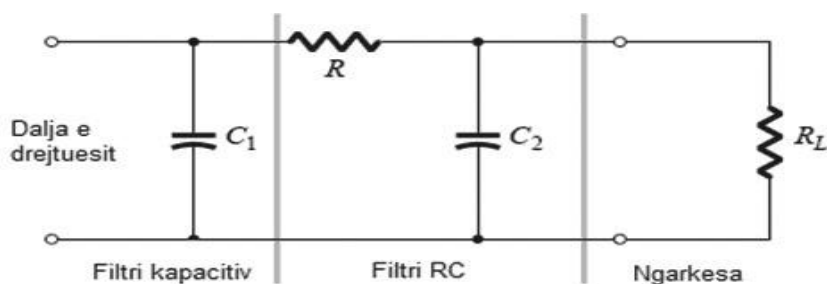
Sa më të vogla të jenë lëkundjet në lidhje me vlerën e tensionit të vazhduar, aq më e mirë është puna e filtrit. Vala që shoqëron komponenten e vazhduar merret në shqyrtim me anë të koeficientit të valëzimit (lëkundjes), i cili shënohet me  $r$ .

$$r = \frac{V_r(\text{rms})}{V_{dc}} \times 100\%$$

ku  $V_r(\text{rms})$  është vlera që mat voltmetri i rrymës alternative në dalje të filtrit, ndërsa  $V_{dc}$  është vlera që mat voltmetri i rrymës së vazhduar në dalje të filtrit

### 11.3. Filtri RC

Për të zvogëluar sa më shumë valëzimet e sinjalit në dalje të skemës drejtuese me filtër kapacitiv, shtojmë një filtër të frekuencave të ulëta RC në dalje të tij, si në fig.11.3.



**Fig. 11.3.** Vendosja e filtrit RC

### 11.4. Rregullatorët e tensionit

#### Rregullatorët e tensionit me transistorë

Rregullatorët e tensionit me transistorë klasifikohen në rregullatorë tensioni seri dhe rregullatorë tensioni paralel.

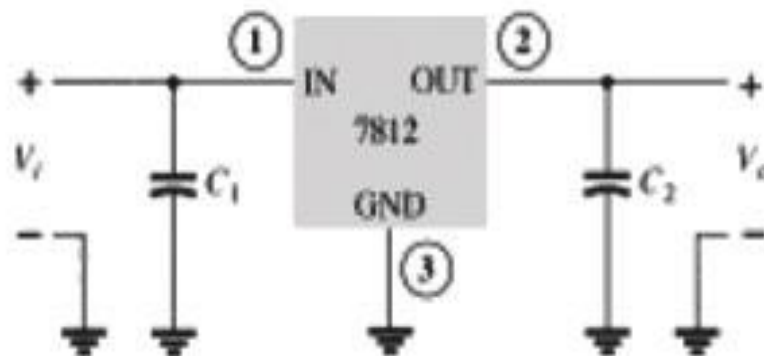
Në dalje të tyre tensioni është i vazhduar dhe qëndron konstant si në rastet kur tensioni në hyrje të tij ndryshon brenda një diapazoni të caktuar vlerash, ashtu edhe kur rezistenca e ngarkesës ndryshon brenda një diapazoni të caktuar vlerash.

Në rregullatorët e tensionit, në përgjithësi, marrin pjesë këta elemente; elementi i kontrollit (transistori), një krahasues, elementi nga ku merret tensioni i referimit (dioda zener), një pjesëtues tensioni.

Nëse tensioni në dalje tenton të rritet, skema e rregullimit të tensionit duhet të reagojë në mënyrë të tillë që të ulë tensionin e daljes dhe anasjelltas. Këto ndryshime të tensionit ndodhin në një periudhë kohe mjaft të vogël.

### Rregullatorët e tensionit me IC

Rregullatorët e tensionit si IC përmbajnë: element që siguron tension referimi, element kontrolli, amplifikator si krahasues, mbrojtje nga mbirrymat të përmbledhura këto brenda një qarku të vetëm, pra një çipi. Parimi i punës së tyre është i njëjtë me rregullatorët diskretë. Prej rregullatorëve IC ne mund të fitojmë tensione pozitive, negative ose tensione të rregullueshme në dalje.



**Fig.11.4 .** Lidhja e IC 7812.

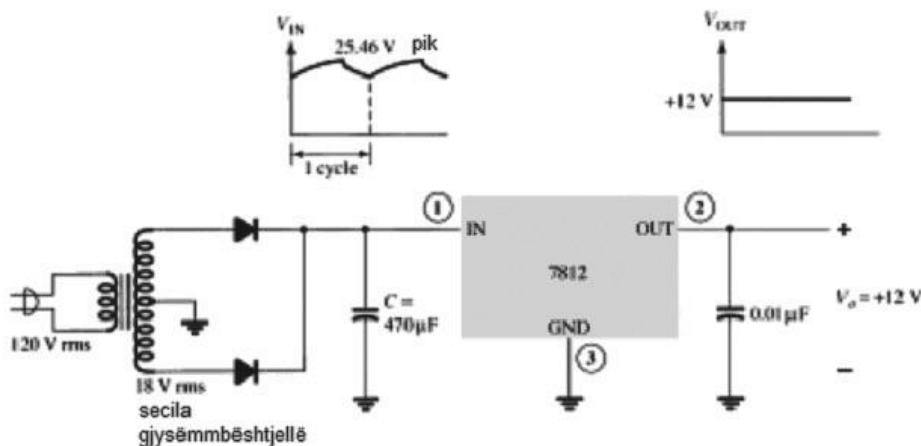


Fig.11.5. Skema e një burimi tensioni +12V

## **Tema mësimore nr.12: Matja e madhësive joelektrike me metoda elektrike**

### **12.1. Hyrje**

Matja e madhësive joelektrike është e një rëndësie të madhe në automatikë.

Në madhësitë joelektrike përfshihen shtypja, niveli, rrjedhja, temperatura, faktori - pH etj.

Për matjen e këtyre madhësive mund të përdoren më tepër metoda, por zakonisht përdoren metodat elektrike. Me të madhësitë joelektrike maten nëpërmjet rrugës elektrike. Që të matet madhësia joelektrike me rrugë elektrike, së pari duhet që një madhësi e tillë me pajisje përkatëse të konvertohet në sinjal elektrik, dhe pastaj të matet me pajisje matëse elektrike dhe elektronike. Matja e madhësive jo-elektrike realizohet me të ashtuquajturat kaskada matëse të cilat, në varësi nga konstruksioni dhe qëllimi mund të jenë pajisje matëse ose instrumente matëse, numërues etj.

Në figurën më poshtë në vijim tregohet një kaskadë matëse për matjen e madhësive



Fig.12.1.

Shenjat përkatëse të sinjaleve në kaskadën matëse kanë kuptimin në vijim:

- X – madhësia e matur,

- M – madhësia primare joelektrike,
- Mo – madhësia sekondare joelektrike,
- E – madhësia elektrike,
- Y – sinjali i matur

## 12.2 Sensorët matës

Sensori matës është gjithmonë në kontakt me mjedisin madhësia e të cilit matet. Sensori nuk duhet të ndryshojë llojin e energjisë të madhësisë që matet. Në shumicën e rasteve, sensor i matës është në një tërësi me konvertuesin e madhësisë joelektrike primare në sekondare, dhe zakonisht është e vështirë të ndahet se çka është sensor e çka konvertor.

Që të mund madhësitë joelektrike të maten, regjistrohen ose të rregullohen automatikisht me anë të pajisjeve matëse elektrike, së pari duhet të konvertohen në madhësi elektrike të përshtatshme.

Ky konvertim kryhet me konvertor matës. Konvertorët matës kryejnë ndryshimin e llojit të energjisë kështu që në dalje japin madhësi elektrike të përshtatshme për përpunimin e mëtejshëm. Sipas ndërtimit të tyre dhe parimit të punës dallojmë më tepër lloje të konvertorëve: rezistiv, kapacitiv, induktiv, piezoelektrik, fotoelektrik etj.

Pas marrjes së sinjalit elektrik të matur E, njësitë kaskadë kalimtare kanë për detyrë ta bartin këtë sinjal të matur në njësinë kaskadë për shfaqje. Për distanca më të vogla, transmetimi i tillë bëhet me përçues elektrik, kurse nëse bëhet fj alë për distanca më të mëdha përdoren pajisjet – radio, telefonia etj. Në fund, sinjali elektrik i matur arrin në instrumentet matëse tregues nga të cilët lexohet vlera e tij numerike në njësi të madhësisë matëse.

Përkushtimi që madhësitë joelektrike të maten me përmes rrugës elektrike vjen nga përparësitë që i ofrojnë metodat elektrike. Pra, rezultatet e matjeve mund të transferohen në një distancë të pakufi zuar, saktësia e instrumenteve matëse elektrike dhe elektronike është e madhe, leximi i rezultateve është i thjeshtë, rezultatet mund të shfaqen në forma të ndryshme (të ruhen, të paraqiten grafi kisht, të paraqiten në monitor etj.).

Poashtu, kur diskutojmë për përparësitë e metodave elektrike për matjen e madhësive joelektrike duhet të theksohet mundësia e përdorimit të kompjuterit gjatë matjes me qëllim që rezultatet të mund të ruhen dhe me tej të përpunohen.



## **Tema mësimore nr.13: Konvertuesit dixhital /analog**

### **13.1 Përpunimi i sinjalit dixhital**

Përpunuesit e sinjalit dixhital konvertojnë sinjalet që normalisht janë në formë analoge (si zëri, sinjali video, informacioni që vjen nga sensorët) në formë dixhitale duke përdorur teknikat dixhitale. Këto përpunues së pari kthejnë sinjalin e vijueshëm analog në një seri vlerash diskrete, në formë shkallësh si në fig.13.1.Më pas çdo vlerë konstante brenda një shkalle konvertohet në një kod binar me një numër bitesh të përcaktuar. Qarku që krijon këto shkallë në sinjalin analog quhet “Sample and Hold”.

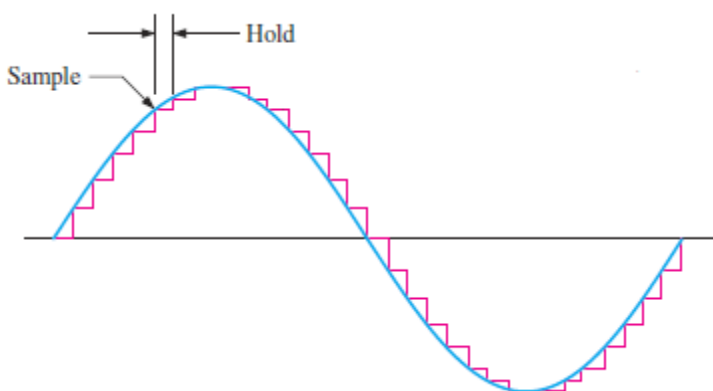


Fig 13.1. Sinjali analog dhe shkallëzimi i saj

Bllok-skema e plotë e qarkut elektrik që kryen konvertimin e sinjalit analog në sinjal dixhital, përpunimin e nevojshëm të sinjalit dixhital, si dhe konvertimin e sinjalit dixhital në sinjal analog tregohet në fig.13.2.



Figura 13.2 Skema – bllok e një sistemi përpunimi të sinjalit dixhital

Madhësitë fizike si zëri, figura, temperatura, presioni,etj kthehen në madhësi analoge elektrike me anën e disa transformuesve (mikrofoni, kamera, termoçifti, shiriti magnetik, etj). Këtij sinjali analog mund t'i jenë bashkëngjitur sinjale të panevojshme (zhurma), të cilat duhet të eliminohen nga sinjali analog.

Për këtë arsye përdorim një FFU, i cili pozicionohet si blloku i parë në skemën – bllok të sistemit të përpunimit të sinjalit dixhital.

### 13.2. Përpunuesit e sinjalit dixhital

Përpunuesi i sinjalit dixhital ose si njihet DSP (Digital Signal Processor) është një qark që zgjeron, përpunon, modifikon të dhënat, pra është një mikroprocesor, i cili përpunon të dhënat në kohë reale. Vendndodhja e një DSP tregohet më poshtë në figurën 13.3:

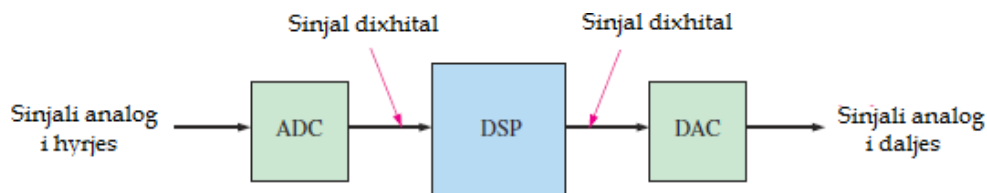


Fig. 13.3

DSP përmban CPU + MEMORIE + INTERFACE. Sa herë ne përdorim telefonin të gjithë punën e kryen DSP. Ky bllok quhet zemra e një pajisje elektronike dixhitale (numerike), pa të cilin nuk do të punonin ato.

DSP duke qënë një mikroprocesor, është i programueshëm. Gjuha e programimit është Asembler, ose C+ ose një gjuhë e veçantë e koduar që varet nga kompania që e prodhon. Programet e DSP janë zakonisht më të shkurtër se programet e mikroprocesorëve. Aplikimet e DSP janë të shumta, si në telekomunikacion, ku informacioni (zë, figurë, të dhëna) transferohet nga një vend në një tjetër; në industrinë e përpunimit të muzikës (në veglat muzikore elektronike, në studiot e regjistrimit të zërit për të krijuar efekte të ndryshme), etj. DSP, gjithashtu përdoret te radarët që kontrollojnë vendndodhjen e pajisjeve lëvizëse (makina, aeroplane, anije); përdoret te të gjitha pajisjet mjekësore elektronike (skaner, ekografi, etj).

Skema bllok e një DSP tregohet në fig.13.4.

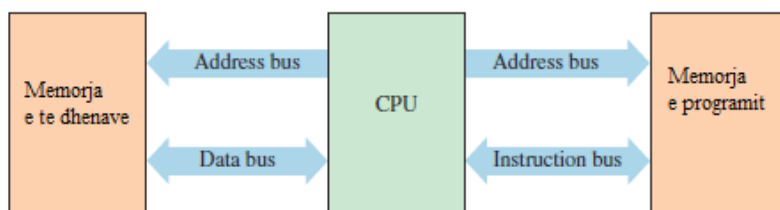


Fig.13.4

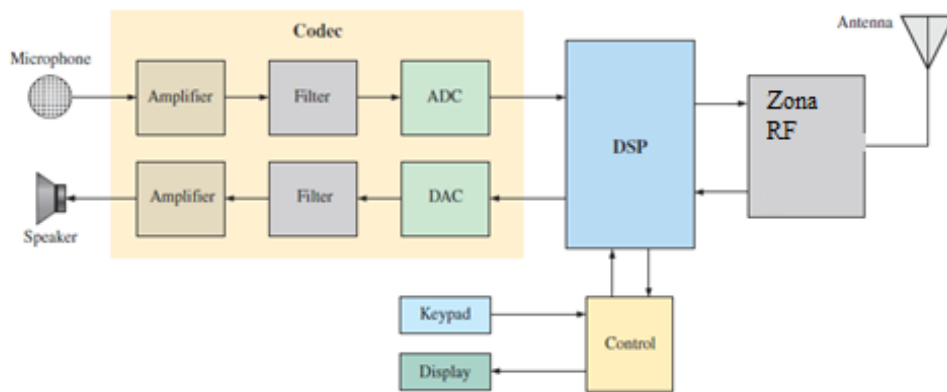


Fig.13.5. Skema bllok e thjeshtuar e një telefoni celular dixhital

Telefoni celular është një nga skemat e përdorimit të DSP. Blloqet ADC dhe DAC kthejnë sinjalin analog në dixhital dhe anasjelltas. Kur ne duam të transmetojmë sinjal nëpërmjet telefonit, flasim para mikrofonit, i cili valët zanore i kthen në tension elektrik të ndryshueshëm, filtrohet nga zhurmat, kthehet në dixhital dhe futet në DSP. Sinjali modifikohet, përpunohet dhe shkon në RF, ku bëhet modulimi dhe ndryshon frekuenca në vlerat e duhura për t'u transmetuar. Në rast se do marrim sinjal nga antena, ai demodulohet, futet në DSP, kalon nëpër blloqet e treguar dhe del në altoparlant (kufje) për t'u dëgjuar.

Disa nga funksionet e një DSP në celular janë:

- Shtypje e bisedës (speech-compression). Shpejtësia e sinjalit të zërit dixhital reduktohet që të zvogëlohet brezi i frekuencave
- Hapje e bisedës (speech decompression). Shpejtësia e sinjalit të zërit rikthehet në gjendje fillestare që të mos kemi deformime të sinjalit analog
- Protocol handling. Telefoni celular komunikon me bazën më të afërt, për të përcaktuar kohën, frekuencën dhe lidhjen me një tjetër bazë për t'u lidhur me telefonin tjetër, etj.

### 13.3 Metodatat e konvertimit dixhital-analog

Konvertuesi dixhital-analog (DAC) është një nga blloqet kryesore në sistemin e procesimit dixhital. Të dhënat që përpunohen nga DSP duhet të kthehen në analoge që të mund të perceptohen nga ne (zëri në altoparlant, figura në ekran). Kemi disa metoda të konvertimit DAC, më e thjeshta është ajo kur vlerat binare kthehen në vlerë dhjetore me anën e një skeme mbledhëse me AO.

Skema e një AO me katër hyrje, që punon si mbledhës tregohet në figurën 13.6. Sinjali futet në hyrjen invertuese, ndërsa hyrja joinvertuese është e lidhur me tokën. Vlerat logjike të dhëna në çdo hyrje janë 1 ose 0. Në përgjithësi kur skema ka  $n$  hyrje, vlera e tensionit në dalje,  $V_{out}$ , përcaktohet:

$$V_{out} = -R_f \left( \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \dots + \frac{V_n}{R_n} \right) \quad (1)$$

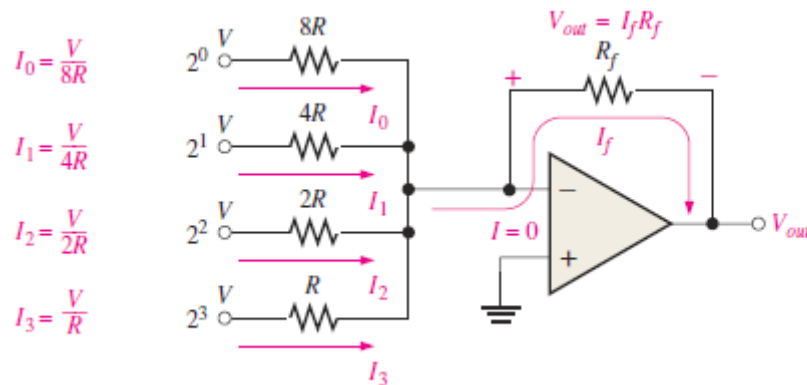


Fig. 13.6 Skema mbledhëse me AO

Në këtë skemë DAC ka në hyrje numër binar me 4 bite, ndërsa në dalje merren vlera analoge,  $V_{out}$ , e shprehur si vlerë analoge në volt.

Vlera e rezistencave në hyrje zgjidhen në mënyrë të tillë që  $R$  i takon bitit me peshë më të madhe, MSB, dhe  $8R$  i takon bitit me peshë më të vogël, LSB të numri binar. Në çdo rezistencë të hyrjes kalon ose nuk kalon rrymë, në varësi të vlerës së tensionit në hyrje.

Kur biti ka vlerën logjike 1, në barazim zëvendësohet me 5V, ndërsa kur biti ka vlerën logjike 0, në barazim zëvendësohet me 0V.

## **Tema mësimore nr.14: Konvertuesit analog/dixhital**

### **14.1. Kampionimi dhe kuantizimi**

Kampionimi i sinjalit analog kryhet në nënbllokun Sample, në hyrje të të cilit vjen sinjali i filtruar analog dhe impulse në formë vijash të drejta me gjatësi të njëjtë dhe të barazlanguara nga njëra-tjetra, pra disa impulse kampionimi.

Proçesi “Sampling” shndërron sinjalin analog në një seri impulsesh të barazlanguara, ku secili paraqet amplitudën e sinjalit në atë çast kohe.

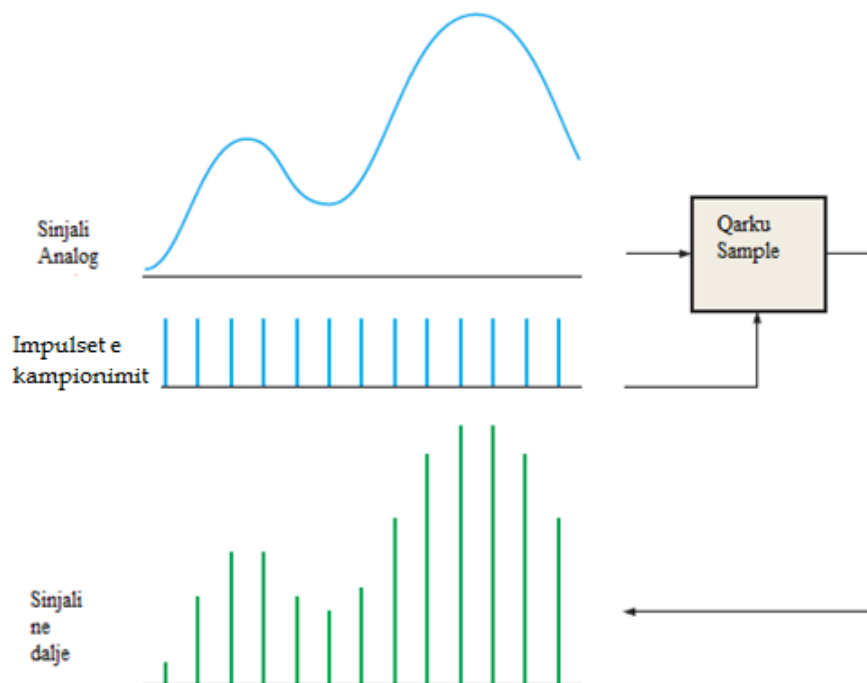


Fig.14.1 Shndërrimi i sinjalit analog në sinjal të kampionuar

Vlera e çdo impulsi të kampionuar duhet të mbahet konstante deri sa vjen impulsi tjetër i kampionuar, proces i cili quhet kuantizim ose Holding dhe realizohet me nënblokun Hold. Në dalje të tij marrim një sinjal në formë shkalle; ky është sinjali i duhur në hyrje të një Konvertues Analog Digital (ADC).

Format e sinjalit në hyrje dhe dalje të secilit prej nënbloqeve paraqiten në fig.14.2:

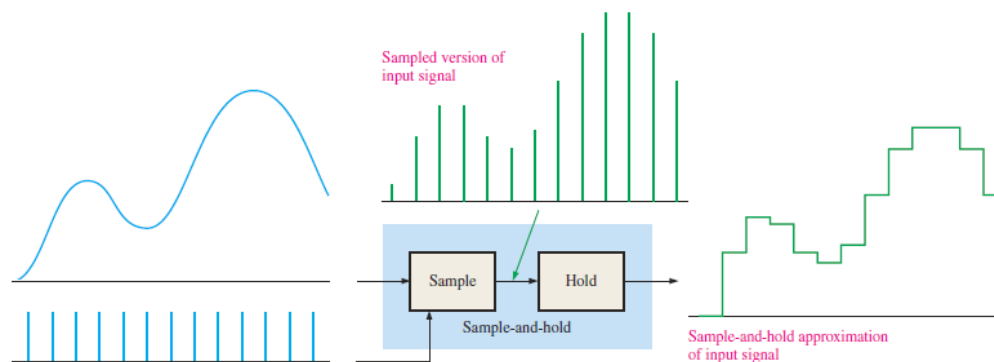


Fig. 14.2 Funksioni i bllokut “Sample and Hold”

## 14.2. Konvertimi analog-dixhital

Konvertimi analog – dixhital është procesi i kthimit të sinjalit në dalje të qarkut “Sample and Hold” në një seri kodesh binare, që tregojnë amplitudën e sinjalit analog në hyrje në çdo çast kampionimi, fig.14.3.

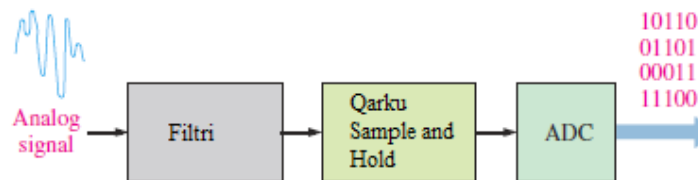


Fig.14. 3

Funksioni i një konvertuesi analog – dixhital tregohet më poshtë, në figurën 14.4.

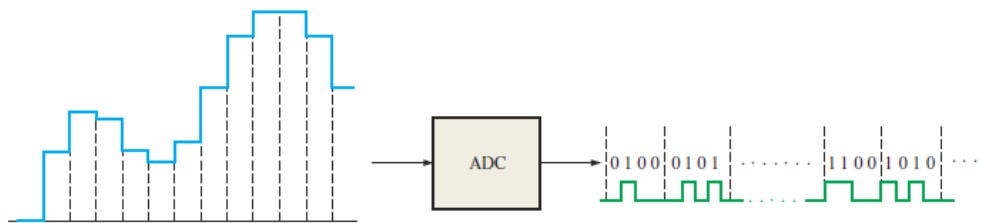


Fig.14.4 Sinjali në hyrje dhe në dalje të konvertuesit A-D

Pas procesit të kuantizimit, ADC konverton çdo kampion të sinjalit analog në një kod binar. Sa më shumë bite të përdoren për të paraqitur çdo kampion, aq më e saktë është paraqitja e sinjalit të shkallëzuar.

Vlerën maksimale të tensionit analog e ndajmë në disa zona, numri i të cilave duhet të jetë  $2^n$ , p.sh. 4, 8, 16, 32, etj. Numri i zonave përcakton se me sa bit do shprehet çdo kampion. Në rastin tonë kemi 4 zona dhe çdo zonë mund të shprehet me 2 bit si në fig.14.5; po të marrim 8 zona shprehen me 3 bit e kështu me rrallë. Le të marrim rastin kur sinjalin analog e ndajmë me 4 zona. Cdo zonë është paraqitur nga një kod me 2 bite në boshtin vertikal dhe numrat e çdo intervali kampionimi në boshtin horizontal.

Marrim rastin kur çdo kampion shprehet me 2 bit. Ne mund të marrim N zona që llogariten  $N=2^n$ , ku n është numri i biteve, pra të gjitha vlerat e tensioneve analoge i ndajmë në 4 zona. Konkretisht:

Zona I përfshin vlerat nga 0V deri në 1V

Zona 2 nga 1V deri në 2V

Zona 3 nga 2V deri në 3V

Zona 4 nga 3V deri në 4V.

Me marrëveshje vlerat:

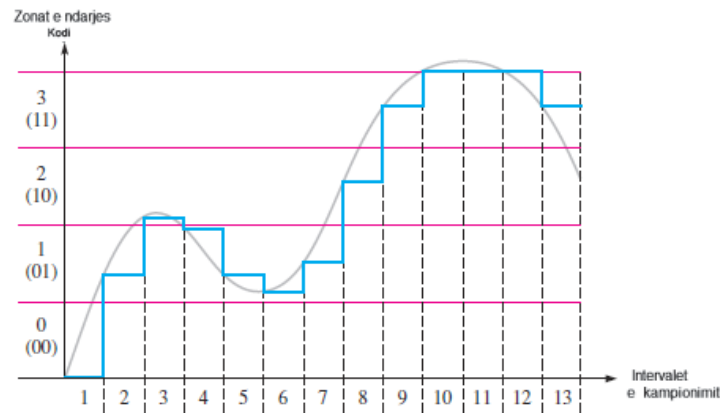
0V – 1 V , i konvertojmë në numrin binar 00

1.1V – 2V, në 01

2.1V – 3V, në 10

3.1V – 4V, në 11

Numri i ndarjeve në shkallë duhet të jetë sa më i madh që të kemi sa më pak gabime gjatë konvertimit. Në rastin tonë kemi 13 intervale kampionimi. Duke parë grafikun e fig.14.5, a) ndërtojmë tabelën:



a)

| Intervale e kampionimit | zona e ndarjes, niveli i kuantizimit | Kodi binar |
|-------------------------|--------------------------------------|------------|
| 1                       | 0                                    | 00         |
| 2                       | 1                                    | 01         |
| 3                       | 2                                    | 10         |
| 4                       | 1                                    | 01         |
| 5                       | 1                                    | 01         |
| 6                       | 1                                    | 01         |
| 7                       | 1                                    | 01         |
| 8                       | 2                                    | 10         |
| 9                       | 3                                    | 11         |
| 10                      | 3                                    | 11         |
| 11                      | 3                                    | 11         |
| 12                      | 3                                    | 11         |
| 13                      | 3                                    | 11         |

b)

Fig. 14.5 a) Paraqitja grafike sinjalit në 4 zona kuantizimi, b) tabela e rezultateve

Nëse kodet me 2 bite përdoren për të rindërtuar valën origjinale me anën e një DAC, vala do të ketë formën si në fig.14.6:

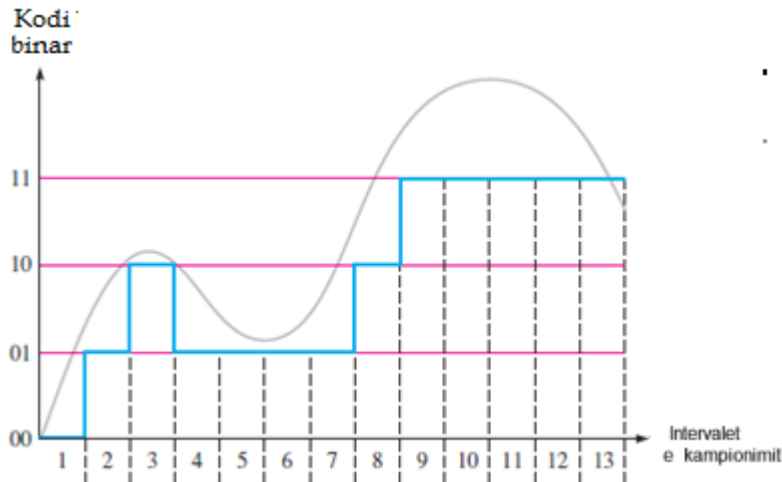


Fig. 14.6 Vala e rindërtuar

### 14.3 Metodat e konvertimit Analog/Dixhital

Konvertimi i sinjalit A/D realizohet me anën e skemave që përfshijnë pjesues tensioni (qark me rezistenca të lidhura në seri), krahasues (me AO), encoder, etj.

#### Skema elektrike e një ADC të tipit flash

Përdoret kryesisht tek aparatet matëse dixhital. Skema përmban enkoder, AO që punojnë si krahasues, burim ushqimi të vazhduar dhe një pjesues tensioni me rezistenca, si në fig.14.7

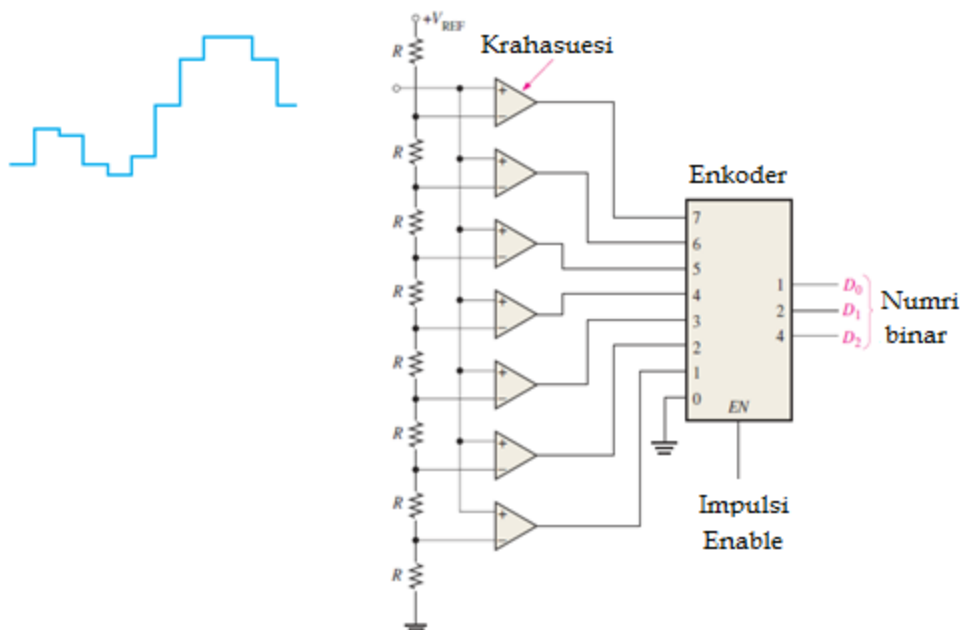




Figura 14.7 ADC tip flash me 3 bit

Vlera analoge vjen në hyrje nga blloku “Sample and Hold”, ndërsa numri në sistemin binar merret te  $D_2 D_1 D_0$ . Nga figura duket që enkoderi njih vetëm 8 vlera analoge, sepse numri i daljeve është 3, pra numri binar në dalje do të ketë 3 bit. Numri i biteve ka lidhje me rezolucionin e tij. Numri i madh i krahasuesve është disavantazh për ADC e tipit flash, por nga ana tjetër, ka kohë të shpejtë konvertimi.

#### 14.4.Parametrat e ADC:

- Kohën e konvertimit
- Numri i biteve për çdo kampion (8 deri 10 bit)
- Vlerën minimale të tensionit analog që mund të konvertohet në dixhital dhe quhet step-size (S-S)
- Vlerën maksimale të tensionit analog që mund të konvertohet në dixhital dhe quhet full-scale.

Të gjithë ADC gjenden në treg në formën e qarkut integrator, ku janë të përcaktuara pinet ku lidhen të gjitha tensionet e nevojshme.