

el. inxh. i dipl. Natasha Bozhinovska

ELEKTRONIKA

(lëndë e rregullt dhe **zgjedhore**)
për vitin III

profili arsimor
autoteknik-mekatronik
dhe telekomunikacion
drejtimi i makinerisë

Shkup, 2013

Botues:

MINISTRIA E ARSIMIT DHE SHKENCËS
E REPUBLIKËS SË MAQEDONISË
Rr. Mito Haxhivasilev Jasmin, p.n.
Shkup

Recensentë:

Prof. i rregullt dr. Mirka Popnikolova Radevska,
Mr. Mimoza Atanasova Jankulovska
el. Inxh. i dipl. Petre Nikolovska

Përkthyes: el. inxh. i dipl. Riza ETEMI

Lektore: Arjeta ÇAJLANI

Shtypi: PROSVETNO DELLO ShA – Shkup

Shtypshkronja: NAPREDOK - Tetovë

Tirazhi: 20

Со решение на Министерот за образование и наука на Република Македонија бр. 22-4313/1 од 29.07.2010 година се одобрува употребата на овој учебник.

Me vendim të Ministrit të Arsimit dhe Shkencës të Republikës së Maqedonisë numër 22-4313/1 të datës 29.07.2010, lejohet përdorimi i këtij libri.

CIP - Каталогизација во публикација

Национална и универзитетска библиотека "Св.Климент Охридски",
Скопје

623.3(075.3)

БОЖИНОВСКА, Наташа

Електроника за III година : (редовен и изборен) : образовен профил
автотехничар-мехатроничар машинска струка / Наташа Божиновска.

- Скопје : Министерство за образование и наука на Р.Македонија,
2010. - 323 стр. : илустр. ; 26 см

Библиографија: стр. 323

ISBN 978-608-226-262-8

COBISS.MK-ID 84273930

PARATHËNIE

Libri “**ELEKTRONIKA**” për vitin III u dedikohet nxënësve të drejtimit të makinerisë, të profilit arsimor **autoteknik-mekatronik**. Libri është shkruar në përputhje me programet për lëndën e rregullt dhe zgjedhore ELEKTRONIKA për vitin III, të përpunuar në vitin 2007. Gjatë përgatitjes së tekstit është përdorur doracaku “**Koncepti për libër për arsimin fillor dhe të mesëm**”, botuar nga Byroja për zhvillimin e arsimit.

Për zotërim të suksesshëm të përmbajtjeve të lëndës kërkohet njohuri paraprake nga lënda e elektroteknikës. Në përputhje me programet arsimore, libri është ndarë në dy pjesë: pjesa e parë përmban 7 tërësi tematike të lëndës së rregullt, dhe pjesa e dytë, në të cilin janë përpunuar përmbajtjet e 6 tërësive tematike të lëndës zgjedhore.

Pjesa e parë - e rregullt:

- 1. Gjysmëpërçuesit.** Në fillim janë dhënë bazat e fizikës së gjysmëpërçuesve, struktura kristalore e gjysmëpërçuesve, formimi i kalimit - PN dhe karakteristikat e tij, me theks të veçantë në drejtuesit dhe diodat zener.
- 2. Transistorët bipolar.** Në këtë kapitull shpjegohet krijimi i transistorëve bipolar me ndihmën e kalimeve-PN, karakteristikat dhe parametrat e tyre, metoda e polarizimit dhe zbatimi i tyre në industrinë e automjeteve.
- 3. Transistorët MOSFET.** Në këtë kapitull sqarohet krijimi i transistorëve MOSFET, parimi i punës së tyre, llojet, karakteristikat dhe parametrat, si dhe zbatimi në industrinë e automjeteve.
- 4. Bazat e qarqeve të rrymës dhe zbatimi i elementeve gjysmëpërçuese në qarqet e rrymës.** Parimi i punës i qarqeve bazë të rrymës me dioda drejtuese analizohet përmes drejtuesve gjysmëvalor dhe të valës së plotë të tensionit alternativ. Janë dhënë shembuj të qarqeve të rrymës me transistor të cilët përdoren në automjete.
- 5. Elementet e veçanta gjysmëpërçues.** Lëndë e analizës janë komponentët optoelektronikë, si fotodiodat, fototransistorët, pastaj komponentët e varur nga fusha magnetike, si dhe shembuj për zbatimin e tyre.
- 6. Qarqet elektronike.** Në këtë kapitull është përpunuar mënyra e punës së multivibratorëve, me theks të veçantë zbatimin e tyre tek automjetet.
- 7. Testimi i qarqeve elektronike.** Në këtë kapitull janë dhënë procedurat për matje dhe testim të qarqeve elektronike.

Pjesa e dytë - zgjedhore:

- 1. Qarqet themelore me dioda-drejtuesit.** Përmbajtjet e këtij kapitulli përputhen me përmbajtjet e kapitullit 4 të pjesës së rregullt.
- 2. Qarqet themelore me transistor.** Në këtë kapitull përpunohen struktura, shenjat dhe polarizimi i transistorëve bipolar.
- 3. Transistori si drejtues.** Në këtë kapitull është sqaruar regjimi i punës i transistorit bipolar në lidhje me emiter të përbashkët, si edhe i përforcuesit diferencial.
- 4. Përforcuesit operacional dhe zbatimi i tyre në teknologjinë e integruar.** Lëndë e analizës është parimi i punës dhe zbatimi i përforcuesve operacional.
- 5. Stabilizatorët e tensionit dhe rrymës.** Në këtë kapitull është bërë analiza e stabilizatorëve të tensionit dhe rrymës përmes skemave elektrike.
- 6. Procedura të matjeve në qarqet elektronike.** Në këtë kapitull janë përpunuar metodat e shqyrtimit-hetimit të elementeve elektronike.

Pas përpunimit të përmbajtjeve mësimore kemi përmbledhje të cilat nxjerrin në pah momentet më të rëndësishme të materialit të ekspozuar më parë.

Në fund të çdo tërësie tematike janë dhënë pyetje për vlerësimin tematik të së njëjtës.

Në paraqitjen e përmbajtjeve janë përdorur operacione matematikore të thjeshtëzuara dhe një numër i madh i imazheve dhe prezantime grafike, të cilat duhet të mundësojnë mësimin më të lehtë të materialeve. Kujdes i kushtohet futjes graduale të definicioneve të reja, pyetje për verifikimin e njohurive dhe detyra, me çka kënaqen drejtimet e nevojshme didaktike.

Autori shpreson se libri do t'u përgjigjet nevojave të mësuesve të mësimin lëndor dhe nevojave të nxënësve për përfitimin dhe për konsolidimin e materialit

Autorja

Dy fjalë nga përkthyesi

Duke pasur parasysh specifikën e lëndës **Elektronika**, mungesën e literaturës në gjuhën shqipe të ne, jam munduar të jem sa më i saktë në përkthimin, gjegjësisht përshtatjen e termave shkencorë në gjuhën shqipe. Paraprakisht ju kërkoj ndjesë për ndonjë lëshim gjatë përkthimit. Shpresoj që përkthimi të jetë i qartë dhe do të ndihmojë mësimdhënësit dhe nxënësit në përvetësimin e lëndës së **Elektronikës**.

ELEKTRONIKA

pjesa I

lëndë obligative

- ❖ Gjysmëpërçuesit
- ❖ Transistorët bipolarë
- ❖ Transistorët MOSFET
- ❖ Qarqet themelore të rrymës dhe zbatimi i elementeve gjysmëpërçuese në qarqet e rrymës
- ❖ Elementet e veçanta gjysmëpërçuese
- ❖ Qarqet elektronike
- ❖ Testimi i qarqeve elektronike

1.

GJYSMËPËRÇUESIT

Duke studiuar përmbajtjet e kësaj teme ti do të mësosh "alfabetin" e elektronikës, do të fitosh njohuri themelore për diodat gjysmëpërçues dhe do të mund:

- të përshkruash strukturën dhe vetitë e materialeve gjysmëpërçuese;
- të kuptosh mënyrë e zbatimit të materialeve gjysmëpërçuese;
- të definosh gjysmëpërçues të llojit-P dhe Llojit-N;
- të analizosh kalimin-PN dhe efektin valvulë te kalimi-PN;
- të shpjegosh sjelljen e gjysmëpërçuesve në varësi nga temperatura e kushteve të punës;
- të shpjegosh funksionimin e diodës;
- të kuptosh karakteristikat teknike të diodave;
- të përshkruash karakteristikën rrymë-tension të diodës drejtuese;
- të njohësh karakteristikën rrymë-tension të diodës zener;
- të njohësh zbatimin praktik të diodës zener si referencë tensioni për stabilizimin e tensionit.

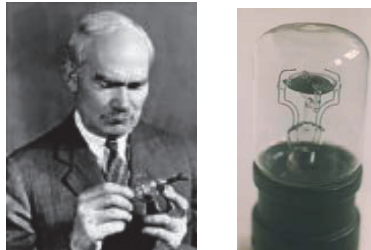
Elektronika – pjesa e rregullt

Viti 1904, Fleming (John Fleming), duke zbatuar efektin Edison ndërton gyp elektronik me dy elemente dhe e quan diodë. Tubat elektronik bëhen pajisje themelore për fitimin e rrezeve-X, radiosinjaleve, detektorëve dhe antenave (transmetuesve).



Dioda

Viti 1906, Le De Forest (Lee De Forest) zbulon triodën, tub vakumi i cili përdoret për zbatime të ndryshme elektronike.



Lee De Forest Trioda

Gjysma e parë e shekullit XX paraqet epokën e përdorimit të tubave të vakumit në elektronikë. Përdorimi i tyre mundësoi zhvillimin e radio pajisjeve, telefonisë në distanca të mëdha, televizionit, por edhe të kompjuterëve të parë.

1.1. Struktura e materialeve gjysmëpërçuese

Atomi është elementi bazë i ndërtimit të të gjitha materieve. Ai është i përbërë nga bërthama, në të cilën janë vendosur grimca më të vogla, **protonet** dhe **neutronet**, kurse rreth bërthamës sillen grimca të tjera të quajtura **elektrone** (figura 1.1). Strukturën e atomit i pari e paraqiti fizikani danez **Niels Bohr**, qysh në vitin 1913.

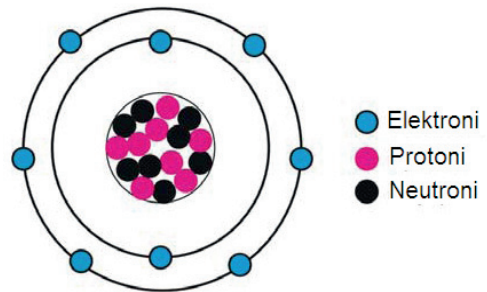


Figura 1.1: Struktura e atomit.

Çdo element në natyrë ka një strukturë të veçantë të atomeve të tij. Bërthama e atomit e përcakton masën e tij. Protonet e elektrizuara pozitive dhe neutronet me elektricitet neutral kanë masë shumë më të madhe se elektronet e elektrizuara negative. Ato janë të lidhura fuqishëm me bërthamën me forca të forta bërthamore dhe në kushte normale nuk mund të lirohen dhe të lëvizin jashtë bërthamës. Numri i protoneve në bërthamën e atomit e përcakton strukturën kimike të materies dhe me atë edhe llojin e materies. Me ndryshimin e numrit të protoneve ndryshohet lloji i atomit. Kështu, për shembull, atomi i silicit ka 14, kurse atomi i germaniumit ka 32 protone.

Neutronet kanë ndikim shumë më të vogël në natyrën kimike të materies nga protonet. Ato, gjithashtu, janë të lidhura fortë me bërthamën dhe për të ndryshuar numrin e tyre është e nevojshme një energji shumë e madhe. Me nxjerrjen ose shtimin e neutroneve në bërthamë, atomi akoma do të mund të ruajë të njëjtin identitet kimik, vetëm do të ndryshonte masa e tij. Një ndryshim i tillë mund të shkaktojë disa aktivitete të tjera bërthamore, siç është radioaktiviteti.

Elektronet janë bartës më të vegjël të ngarkesës elektrike me polaritet negativ, i cili është $e = -1,6 \cdot 10^{-19} C$, aq sa kanë edhe protonet, vetëm se me polaritet pozitiv. Numri i elektroneve në atom është i barabartë me numrin e protoneve dhe ato së bashku përcaktojnë sjelljen elektrike të atomit.

Elektronika - pjesa e rregullt

Elektronet janë të shpërndara në nivele të ndryshme energjetike. Ndryshe nga protonet dhe neutronet, elektronet kanë liri dukshëm më të madhe për të lëvizur rreth bërthamës së atomit. Një numër i elektroneve lëviz afër bërthamës dhe me të krijon një tërësi të pandashme. Një numër i vogël prej tyre, që quhen elektrone **valente**, janë të lidhura lehtë me bërthamën dhe mund edhe ta lëshojnë atomin. Ato ndodhen në orbitën e fundit, më të largëta nga bërthama dhe nivelin më të lartë të energjisë.

Për largimin e elektronit valent nga orbita e tij kërkohet shumë më pak energji. Nëse ndodh kjo, atomi nuk do të ndryshojë identitetin, vetëm që do të ndryshojë gjendja elektrike neutrale në të cilën ndodhet atomi. Nëse ndonjë elektron e lëshon atomin, krijohet një **boshllëk-VRIMË** dhe atomi bëhet i ngarkuar pozitivisht (jon pozitiv). Kur në atom do të futet elektron shtesë, ai krijon tepricë elektronesh në atom dhe atomi bëhet me ngarkesë negative (jon negativ).

Modeli i atomit të silicit dhe modeli i tij i thjeshtuar janë dhënë në **figurën 1.2**.

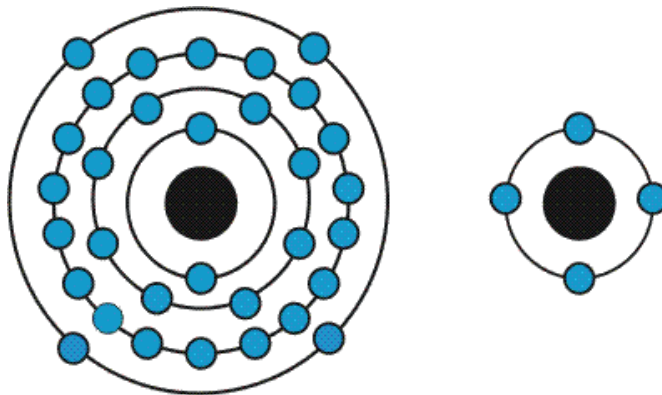


Figura 1.2: Atomi i silicit dhe modeli i tij i thjeshtuar.

Ai është i përbërë nga bërthama dhe nga të gjitha elektronet e lidhura fort, përveç elektroneve valente, të gjitha të treguar me rreth më të madh në qendër dhe nga elektronet valente rreth bazës. Të gjitha efektet reciproke mes atomeve realizohen përmes elektroneve valente. Në **figurën 1.3** tregohet lidhja mes dy atomeve të silicit.

Pasi që atomi i silicit ka elektrone katërvalente, ai mund të lidhet me katër atome tjera të silicit dhe të gjitha do të jenë të larguar njëllonjëri prej tjetrit.

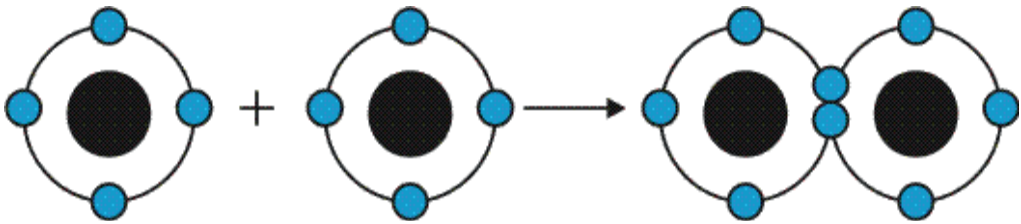


Figura 1.3: Lidhja valente mes atomeve të silicit.

Elektronet e llojeve të ndryshme të atomeve nuk kanë mundësi të barabarta që t'i shkëpusin lidhjet valente dhe të bëhen elektrone të lira. Materiale të caktuara, siç janë metalet, kanë elektrone valente të lidhura shumë lirshëm. Për të gjeneruar elektrone të lira në materiale të tilla është e mjaftueshme një sasi mjaft e vogël e energjisë së nxehtësisë, dritës ose ndonjë lloji tjetër. Për materiale të tilla është e mjaftueshme të ndodhen në një mjedis me temperaturë dhome, që të ndodhë shkëputja e elektroneve valente dhe krijimi i elektroneve të lira. Elektronet e lira këtu lehtë lëvizin në mes atomeve, kurse shkalla e lirisë së lëvizjes varet nga lloji i materialit.

Në lloje tjera të materialeve, të tilla si qelqi, elektronet valente janë të lidhura më fort, krijohet një numër i vogël i elektroneve të lira, me liri të vogël të lëvizjes. Aftësia e lëvizjes së lirë të elektroneve të lira në material quhet **përçueshmëri**, kurse kundërshtimi i lëvizje quhet **rezistencë**. Materialet me numër të madh të elektroneve quhen **përçues**, kurse ato me pak ose pa elektrone të lira quhet **izolues**.

Grupi i materialeve të cilat ndodhen mes përçuesve dhe izoluesve quhen **gjysmëpërçues**. Në këtë grup mund të numërohen germaniumi dhe silici. Gjysmëpërçuesit dallohen nga përçuesit dhe izolatorët sipas disa vetive.

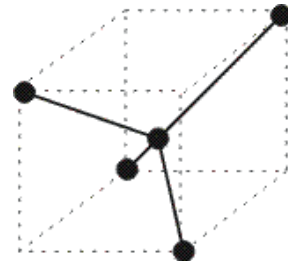
Rezistenca specifike e përçuesve është shumë e vogël dhe ndodhet në kufijtë nga 10^{-6} deri në $10^{-5} \Omega\text{cm}$, tek izoluesit është jashtëzakonisht e madhe dhe

është nga 10^6 deri në $10^8 \Omega\text{cm}$, kurse rezistenca specifike të gjysmëpërçuesit sillet mes këtyre vlerave edhe atë nga 10^{-3} deri në $10^7 \Omega\text{cm}$.

1.2. Vetitë elektrike të materialeve gjysmëpërçuese

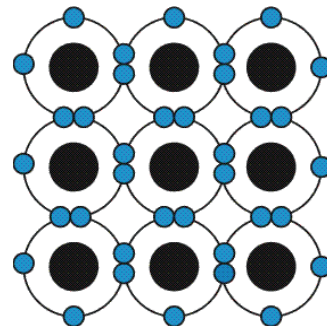
Nëse bëhet shpërndarje e vazhdueshme e atomeve sipas një modeli të rregullt tredimensional fitohet strukturë kristalore e materialit. Në një strukturë të tillë janë realizuar të gjitha lidhjet valente të mundshme të dy elektroneve. Në **figurën 1.4** tregohet modeli i një kristali të silicit.

Figura 1.4: Modeli i Kristalit të silicit.



Ai ka formën e një kubi, kurse atomi themelor qëndron në qendër të kubit. Atomet e tjera të lidhjeve valente të atomit qendror janë të shpërndara në katër kulmet, ashtu që nuk prekin njëri-tjetrin. Tregimi i lidhjeve valente i më tepër atomeve në këtë mënyrë është shumë i komplikuar. Në vend të tregimit hapësinor, më e thjeshtë është shfaqja në një rrafsh, siç tregohet në **figurën 1.5**.

Figura 1.5: Lidhje valente të numrit më të madh të atomeve.



Në këtë figurë bërthamat e modeleve të thjeshtuara të atomeve janë treguar si më të mëdha, kurse elektronet valente si rrethe më të vogla. Lidhjet valente mes atomeve janë dhënë përmes dy elektroneve të lidhura mes veti. Kështu i paraqitur,

kristali i silicit ose germaniumit është izolator ideal, në të nuk ka elektrone të lira. Por, kjo vlen vetëm në temperatura afër zeros absolute ($-273\text{ }^{\circ}\text{C} = 0\text{K}$). Në temperaturën e dhomës nga 18 deri në 20°C (300K) krijohen elektrone të lira dhe struktura kristalore nuk është më e përkryer. Struktura kristalore jo e përkryer është bazë për krijimin e materialeve gjysmëpërçuese. Kjo mospërsosmëri mund të ketë karakter strukturor, energjik ose kimik.

Mospërsosmëria strukturore u referohet atomeve të sipërfaqes së materialit, kur atomeve nuk mund t'i realizojnë të gjitha lidhjet valente.

Mospërsosmëritë energjetike kryesisht janë për shkak të energjisë termike. Tashmë në temperaturën e dhomës, atomet në rrjetën kristalore fillojnë të dridhen, duke lëvizur në mënyrë alternative njëri kah tjetri. Gjatë kësaj mund të bëhet ndërprerja e lidhjeve valente dhe krijimi i elektroneve të lira. Për shkëputjen e një elektroni nga vendi i tij është e nevojshme një energji minimale prej $0,75\text{eV}$ $eV = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{ J}$ për germaniumin dhe $1,2\text{ eV}$ për silicin. Elektronet e liruar pas një kohe të shkurtër gjejnë vend tjetër të boshatisur, duke ia dorëzuar energjinë e tij një elektroni tjetër. Në çdo moment në kristal ka një numër të caktuar të elektroneve të lira. Me lirim të elektronit lidhja përkatëse valente mbetet e paplotësuar dhe në atë vend paraqitet një ngarkesë pozitive. Çdo elektrone, duke e lëshuar atomin, pas vete lë një ngarkesë pozitive. Në teknikën e gjysmëpërçuesve ajo quhet **boshllëk (vrimë)**. Drejtimi i lëvizjes së vrimave është i kundërt me drejtimin e lëvizjes së elektroneve. Me rritjen e temperaturës rritet numri i elektroneve të lira, por në të njëjtën masë edhe i vrimave. Përçueshmëria e gjysmëpërçuesve rritet, por kristali edhe më tutje mbetet neutral.

Mospërsosmëritë energjetike mund të ndodhin edhe nën ndikimin e energjisë së dritës, me çka ndodh **efekti fotoelektrik**. Në efektin fotoelektrik nënkuptohet ndërveprimi i fotoneve (kuantet e dritës) dhe elektroneve të atomit të gjysmëpërçuesit. Kur fotonet e dritës dhe elektroni bëjnë shkëmbimin e energjisë me të cilën disponojë, elektroni e ndryshon nivelin energjetik të tij. Nëse energjia, që ia jep fotoni elektronit është e mjaftueshme, elektroni do të largohet nga shtegu i tij dhe do të kalojë në një shteg me nivel energjetik më të lartë, ose do ta shkëput lidhjen valente dhe do të ngel i lirë. Proces i kundërt ndodh kur një elektroni kalon

Elektronika - pjesa e rregullt

në shtegun me nivel energjetik më të ulët ose nëse kthehet në lidhjen valente. Një kalim i tillë shoqërohet me emetimin e një kuanti të energjisë së dritës - foton.

Gjysmëpërçuesit me këtë lloj të mospërsosmërisë quhen të papastër (pa primesa), ndryshe nga të ato të pastër tek të cilët mospërsosmëria krijohet përmes rrugës kimike. Deri te mospërsosmëria kimike arrihet kur në kristal futen numër i caktuar i primesave (papastërtive) kimike, të përfaqësuar nga dy grupe të elementeve atomet e të cilave integrohen në strukturën kristalore të gjysmëpërçuesit. Elementet nga njëri grup kanë atome me elektrone pesë valente dhe këto janë fosfori, arseni dhe antimoni. Elementet nga grupi tjetër kanë atome me elektrone tre valente. Këtu përfshihen bori, alumini, galiumi dhe indiumi.

MOS HARRO SE...!

- * **Atomi, si element bazë i strukturës së të gjitha materieve, përbëhet nga bërthama me protone dhe neutrone dhe elektronet që lëvizin rreth bërthamës.**
- * **Elektroni është bartës më i vogël i ngarkesës elektrike me polarizim negativ.**
- * **Elektroni, i cili e lëshon atomin, bëhet elektron i lirë dhe në vend të tij krijohet vrimë-zbrazëtirë. Vrima është ekuivalente me elektronin me ngarkesën elektrike, por me polaritet pozitiv.**
- * **Lidhur me lëvizjen e elektroneve, materialet ndahen në përçues, izolator dhe gjysmëpërçues.**
- * **Elemente bazë të gjysmëpërçuesve janë germaniumi dhe silici në strukturë kristalore.**
- * **Materialet fitojnë karakteristika gjysmëpërçuese kur struktura kristalore bëhet jo e rregullt.**
- * **Gjysmëpërçuesit me primesh - papastërti fitohen me zëvendësimin e një atomi të germaniumit ose silicit me atom të primesës kimike.**

KONTROLLONI DITURINË TUAJ

1. Vizato strukturën e atomit!
2. Sa është ngarkesa e elektronit dhe me çfarë polariteti?
3. Cilat elektrone janë valente?
4. Cili atom quhet jon negativ?
5. Si fitohet joni pozitiv?

1.3. Gjysmëpërçuesi i llojit-N

Atomi i fosforit (**figura 1.60**) është me elektrone pesë valente dhe ka dimensione të njëjta me dimensionet e atomit të silicit. Ai lehtë mund të integrohet në strukturën kristallore të silicit.

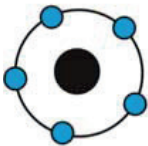


Figura 1.6: Atomi i fosforit.

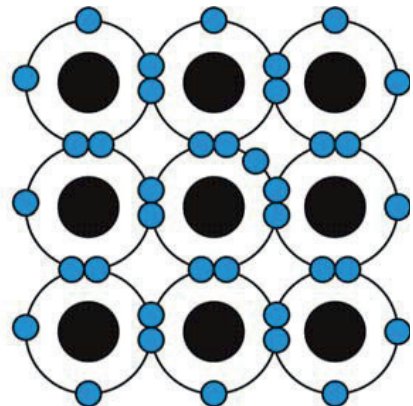


Figura: 1.7: Atomi i fosforit në rrjetën kristallore të germaniumit

Nëse shtohet atom fosfori në masën e shkrirë të silicit, ai në një vend që do të zëvendësojë atomin e silicit dhe do të formojnë lidhje valente me atomet përreth. Gjatë kësaj, një elektron nga atomi i fosforit mbetet i tepërt. Ai nuk mund të hyjë në lidhjen valente, sepse të gjitha janë të mbushura. Elektroni është i lidhur lehtë në atomin e fosforit dhe në temperaturën e dhomës bëhet i lirë. Për lirim të tij është e mjaftueshme energji prej 0,05 eV.

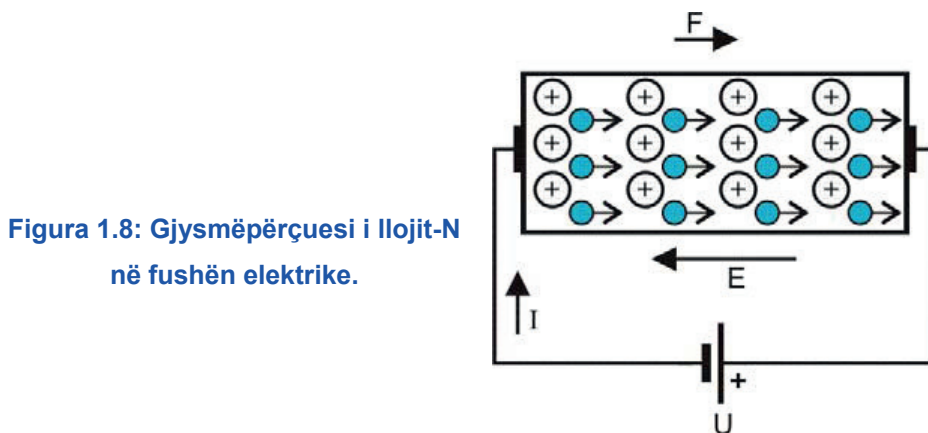
Elektronika - pjesa e rregullt

Integrimi i atomit të fosforit në rrjetën kristalore të silicit është paraqitur në **figurën 1.7**. Me futjen e atomeve pesë valente në rrjetën kristalore të germaniumit ose silicit fitohet **gjysmëpërçues i llojit N** (negativ), i cili ka tepriçë të elektroneve të lira dhe në të cilin përçueshmëria është rezultat i lëvizjes së lirë të elektroneve. Elektronet e lira në gjysmëpërçuesin e llojit N përfitohen në dy mënyra: njëra, duke futur atome pesë valente të primesave kimike dhe tjetra me shkëputje termike të lidhjeve valente mes atomeve. Atomet pesë valente "japin" elektrone të lira dhe sipas gjuhës latine quhen **donorë**. Donorët kur lëshojnë elektron, mbeten **jone pozitive**, nuk janë të lëvizshme dhe nuk marrin pjesë në krijimin e rrymës përbrenda gjysmëpërçuesit.

Me shkëputjen termike të lidhjeve valente, përkrah elektroneve të lira krijohen edhe vrira. Përqendrimi i tyre është shumë më i ulët se përqendrimi i elektroneve. Prandaj, **elektronet janë bartës kryesor**, kurse **vrirat bartës dytësor** të ngarkesës elektrike.

Elektronet e lira dhe vrira në gjysmëpërçues në temperaturë më të lartë se zeroja absolute janë në lëvizje të vazhdueshme kaotike, si rezultat i energjisë së tyre termike. Pa marrë parasysh se çfarë është ndikimi i jashtëm, lëvizja e bartësve të ngarkesës nuk ka asnjë lloj drejtimi të caktuar.

Nëse e kyçim gjysmëpërçuesin në burimin e tensionit të vazhduar, si në **figurën 1.8**, në gjysmëpërçues do të krijohet fushë me intensitet E , e drejtuar nga lidhja pozitive kah ajo negative e burimit.



Fuqia F , e cila paraqitet si rezultat i veprimit të fushës E , i drejton elektronet e lira në drejtim të kundërt nga drejtimi i fushës. Vrimat do të lëvizin në drejtim të fushës E . Kështu nëpër qark do të rrjedhë rryma elektrike nga poli negativ kah ai pozitiv i burimit përmes gjysmëpërçuesit. Në të gjitha analizat e mëtejshme të situatave në gjysmëpërçues do të përdoret i ashtuquajtur i drejtim elektronik i rrymës, i cili përputhet me drejtimin e lëvizjes së elektroneve.

Nëse ndryshohet polariteti i burimit, ndryshohet drejtimi i fushës elektrike dhe elektronet e lira dhe vrimat do të lëvizin në drejtim të kundërt nga i mëparshmi, gjegjësisht ndryshohet edhe drejtimi i rrymës. Nuk ka asnjë arsye të veçantë që intensiteti i rrymës të mos jetë i njëjtë në të dy shembujt, që do të thotë se nuk ka ndonjë orientim.

1.4. Gjysmëpërçuesi i llojit P

Atomi i borit, i paraqitur në **figurën 1.9**, ka përmasa të njëjtat me atomin e silicit, që do të thotë se mund të integrohet në rrjetën e tyre kristalore.

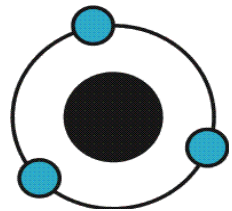


Figura 1.9: Atomi i borit.

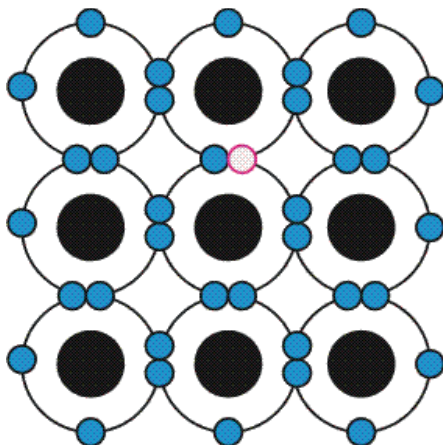


Figura 1.15: Atomi i borit në rrjetën kristalore të germaniumit.

Ai është tre valent dhe realizon lidhje trevalene me atomet përreth. Në përpjekje për të krijuar edhe lidhjen e katërt valente, ai "përvetëson" një elektron nga atomet fqinje, të liruara me shkëputje termike të lidhjeve valente. Në vendin e elektronit të "përvetësuar" **krijohet një vrimë (figura 1.10).**

Elektronika - pjesa e rregullt

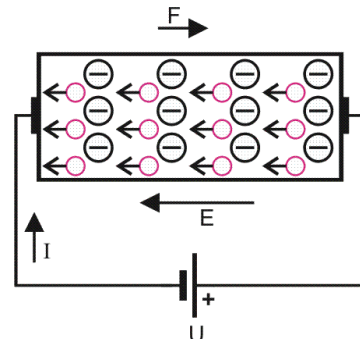
Atomet e primesave trevalente të cilat “përvetësojnë” elektrone quhen **akceptor**, ato janë me ngarkesë elektrike negative dhe janë të palëvizshme.

Duke futur atome akceptorësh në strukturën kristalore të germaniumit apo silicit krijohen vrime si bartës kryesor të ngarkesave elektrike pozitive. Në këtë mënyrë fitohet **gjysmëpërçues i llojit P**.

Vrimat në këtë lloj gjysmëpërçuesi krijohen në dy mënyra: duke futur atome akceptor dhe me shkëputje termike të lidhjeve valente. Si bartës dytësor këtu paraqiten elektronet e krijuara nga shkëputja termike e lidhjeve valente.

Me ndihmën e **figurës 1.11** do të shohim se çfarë ndodh në gjysmëpërçuesin e llojit P nën ndikimin e fushës së jashtme elektrike. Me kyçje të burimit të tensionit të vazhduar në skajet e gjysmëpërçuesit, në të krijohet fushë elektrike me intensitet E dhe me drejtim nga poli pozitiv në atë negativ të burimit. Fuqia F , e cila është rezultat i fushës E , i drejton vrimat të lëvizin në drejtimin në të cilin vepron fusha elektrike, kurse elektronet në drejtimin e kundërt. Me lëvizje të tilla të drejtuara krijohet rrymë me intensitet I .

Figura 1.11: Gjysmëpërçuesi i llojit-P në fushën elektrike.



Lëvizja e vrimave është e dukshme. Fizikisht zhvendosen elektronet valente dhe efekti i asaj lëvizjeje është shfaqja e vrimës në një vend tjetër, që është ekuivalente me lëvizjen e vrimave. Në vendin e kontaktit të gjysmëpërçuesit me telin sjellës, vrimat tërheqin elektrone nga metali dhe rikombinohen, kurse në kontaktin e kundërt krijohet një vrimë e re me kalimin të numrit të tillë të elektroneve valente në kontaktin e metalit aq sa është numri i vrimave të rikombinuara. Duke e kthyer polaritetin e burimit ndryshohet drejtimi i fushës dhe vrimat lëvizin në drejtimin e kundërt nga i mëparshmi. Kjo do të thotë se edhe në gjysmëpërçuesin e llojit P nuk ka paraqitje të orientimit.

MOS HARRO SE...!

- * Gjysmëpërçuesi i llojit N ka tepriçë elektronesh të lira, të krijuar me procesin e futjes së primesave pesë valente. Për shkak të tepriçës së elektroneve të lira, bartës kryesor në gjysmëpërçuesin e llojit N janë elektronet, kurse dytësor vrimat.
- * Gjysmëpërçuesi i llojit P ka tepriçë vrimash, të krijuar me procesin e futjes së primesave tre valente. Për shkak të tepriçës së vrimave, bartës kryesor në gjysmëpërçuesin e llojit P janë vrimat, kurse dytësor elektronet.
- * Numri i bartësve kryesor është shumë më i madh se i bartësve dytësor dhe varet nga numri i atomeve të primesave të futura dhe temperatura e gjysmëpërçuesit.

1.5. Kalimi - PN

Gjysmëpërçuesit e llojit N dhe P në formën e treguar nuk janë me përfitim të madh. Efekt shumë më interesant fitohet kur të dy llojet e gjysmëpërçuesve kombinohen mes veti në një kristal në më shumë mënyra. Sigurisht që bashkimi i zakonshëm fizik i të dy llojeve të kristaleve nuk është i mundshëm, por të shkrirë, në kristalin e pastër nga njëra anë shtohen akceptor, kurse në anën tjetër atome të donoreve. Në këtë mënyrë fitohet kristal i vetëm me bashkim (kalim) - PN. Ai në njërin anë ka bllok të gjysmëpërçuesit të llojit P, ndërsa në anën tjetër bllok të gjysmëpërçuesit të llojit N (**figura 1.18**). Vendi i bashkimit paraqet zonë me trashësi të vogël.

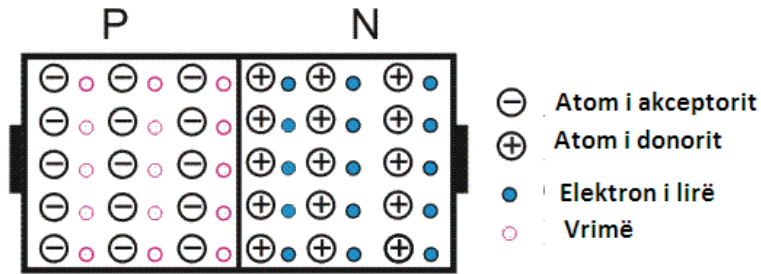


Figura 1.12: Kristal i kalimit-PN.

Në zonën-N numri i elektroneve të lira është shumë më i madh se numri i vrimave, kurse në zonën-P numri i vrimave është shumë më i madh se numri i elektroneve. Gjendja, e paraqitur në figurën 1.12, ekziston vetëm në momentin e krijimit në kalimit, pastaj ndryshon menjëherë.

Përqendrimi i tillë i elektroneve dhe vrimave shkakton lëvizjen e elektroneve nga zona-N dhe ato futen në zonën-P. Vrimat nga zona-P lëvizin në drejtim të kundërt kah zona-N. Kjo lëvizje është difuze, çka nënkupton parim fizik sipas të cilit grimcat nga zona me përqendrim më të lartë zhvendosen në zonën me përqendrim më të ulët deri në baraspeshimin e përqendrimit, pa marrë parasysh ndikimin nga jashtë. Në të dy rajonet bëhet rikombinimi: elektronet e ardhura nga zona-N rikombinohen me vrimat e zonës-P dhe vrimat që vijnë nga zona-P rikombinohen me elektronet e zonës-N.

Elektronet nuk mund të depërtojnë thellë në zonën-P. Ato shpejt rikombinohen dhe në zonën-P pranë kalimit mbeten vetëm atomet e akceptorëve. E njëjta gjë ndodh edhe me vrimat dhe në zonën-N, pranë kalimit, ngelin vetëm atomet e donorëve. Atomt e akceptorëve dhe donorëve nuk mund të ndryshojnë pozicionin e tyre. Ato janë të palëvizshme. Në zonën-P, atomet negative të akceptorëve formojnë ngarkesë hapësinore negative dhe përqendrimi i saj bie me largimin nga kalimi. Në zonën-N, atomet e donorëve formojnë ngarkesë hapësinore pozitive dhe përqendrimi i saj bie me largimin nga kalimi.

Pas përfundimit të procesit të formimit të kalimit-PN dhe përfundimit të lëvizjes difuzive të bartësve kryesorë përmes kalimit, fitohet gjendja si në **figurën 1.13**. Fusha e brendshme elektrike E_1 është e drejtuar nga zona-N drejt zonës-P të

kalimit PN. Me veprimin e kësaj fushë ndërpritet lëvizja difuzive e bartësve kryesorë nëpërmjet kalimit.

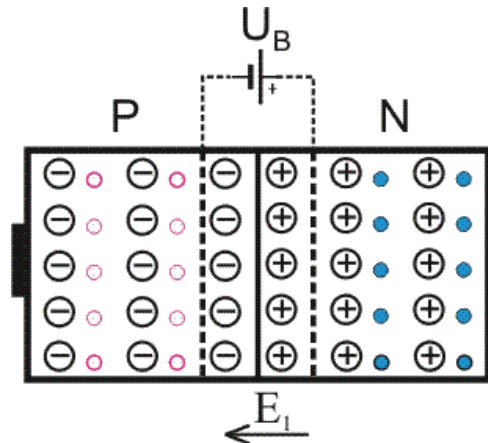


Figura 1.13: Barrierë potenciale e kalimit PN.

Fusha vepron në atë mënyrë që i lëviz elektronet nga kalimi kah brendësia e zonës-N, kurse vrimat kah brendësia e zonës-P. Në vetë kalimin është formuar zona e pengimit-barrierës, në të cilën nuk ka bartës të lirë të ngarkesës, as nuk ekziston mundësia e kalimit të tyre nëpër zonë. Gjerësia e zonës së barrierës është rreth $1 \mu\text{m}$. Barrierë potenciale mund të paraqitet me burim të paramenduar të tensionit të vazhduar U_B , siç shihet në figurën 1.13. Ekzistenca e barrierës potenciale e bën kalimin izolator.

Sa u takon bartësve dytësorë, fusha e brendshme elektrike e mundëson kalimin e tyre përmes kalimit dhe formohet rryma e elektroneve dytësore dhe rryma e vrimave dytësore. Të dy rrymat kanë drejtime të kundërta, kështu që si rezultat përfundimtar fitohet se në kalim-PN pa polarizim të jashtëm, në cilëndo prerje tërthore të pllakës së kristalit, densiteti mesatar i rrymës është zero.

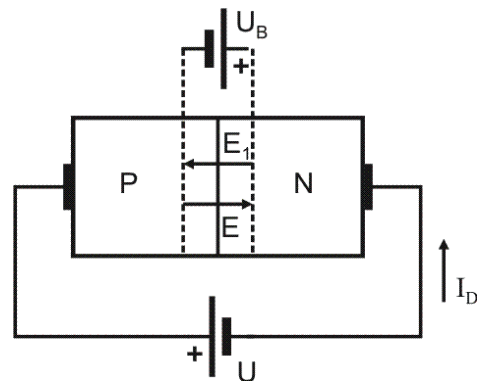
1.5.1. Kalimi-PN në fushën e jashtme elektrike

Nëse vendosim pika lidhëse metalike në skajet e kristal të kalimit-PN dhe në to pika kyçet burim i tensionit të vazhduar, në brendësi të kristalit do të krijohet fushë elektrike E , të cilën më tutje do ta quajmë të jashtme. Nën ndikimin e saj, në kalimin PN do të ndodhin një sërë ndryshimesh, në varësi se si është i lidhur burimi.

Kalimi- PN i polarizuar drejt (direkt)

Nëse lidhet poli pozitiv i burimit me kontaktin e zonës-P, kurse poli negativ me kontaktin e zonës-N (**figura 1.14**), fusha e jashtme elektrike E do të ketë drejtim të kundërt nga fushën e brendshme E_1 . Pasi që fusha e jashtme ka forcë më të madhe, fusha rezultante do të jetë e drejtuar nga zona P drejt zonës N.

Figura 1.14: Kalimi PN i polarizuar në drejtim përçues



Nën ndikimin e fushës rezultante, vrmat nga zona-P do të kalojnë në zonën-N, kurse elektronet nga zona-N kalojnë në zonën-P. Barriera potenciale zvogëlohet ose humbet në varësi të madhësisë së tensionit të burimit dhe rrjedh rryma I_D . Kalimi PN bëhet i përçueshëm, gjegjësisht bëhet i polarizuar në drejtimin përçues.

Që kalimi PN të bëhet i përçueshëm, është e nevojshme që rryma I_D të ketë intensitet së paku prej $1 \mu A$. Tensioni, gjatë të cilit do të rrjedhë kjo rrymë, quhet tension i kyçjes dhe vlera e tij varet nga materiali i gjysmëpërçuesit. Për germaniumin ai është $0,3 V$, kurse për silicin $0,7 V$.

Kalimi-PN i polarizuar kundërt (invers)

Nëse ndryshohet polariteti i burimit, ndryshohet edhe drejtimi i fushës së jashtme E (figura 1.15) dhe drejtimi i saj përputhet me drejtimin e fushës së brendshme E_1 .

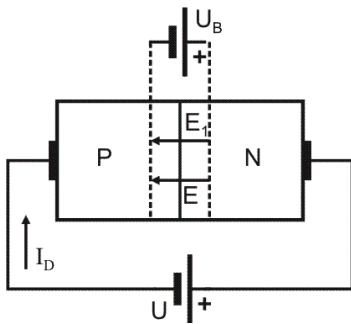


Figura 1.15: Kalimi PN i polarizuar në drejtimin jo përçues.

Tani barriera potenciale bëhet më e madhe, zona e pengesës më e gjerë, kështu që elektronet dhe vrmat edhe më vështirë do të mund ta kalojnë. Në këtë gjendje, kalimi-PN është i polarizuar në drejtimin jo përçues. Në kalimin-PN me polarizim jo përçues, megjithatë, rrjedh rrymë e vogël. Ajo është rrymë e bartësve dytësor të ngarkesave, vrmat në zonën-N dhe elektronet në zonën-P. Kjo rrymë ka vlerë shumë të vogël, sepse është i vogël numri i bartësve dytësor në krahasim me bartësit kryesor të ngarkesave. Ajo rritet me rritjen e temperaturës.

MOS HARRO SE...!

- * Në vendin e kalimit-bashkimit të gjysmëpërçuesve P dhe N krijohet zonë e pengesës, e boshatisur nga elektronet dhe vrmat e lira, barrierë potenciale dhe fushë e brendshme elektrike.
- * Kalim-PN i polarizuar direkt-drejt fitohet me kyçje të polit pozitiv të burimit në llojin P, kurse poli negativ në llojin N dhe ai përçon rrymë.

Elektronika - pjesa e rregullt

- * Kalim-PN me polarizim të kundërt-invers fitohet me kyçje të polit pozitiv të burimit të furnizimit në llojin-N, kurse poli negativ në llojin-P dhe ai nuk përçon rrymë.
- * Në kalimin me polarizim të kundërt rrjedh vetëm rryma e bartësve dytësor, ajo është rryma inverse – e kundërt e kalimit.

KONTROLLONI DITURINË TUAJ

1. Si ndahen materialet?
2. Nga çka varen vetitë elektrike të materialeve?
3. Si sillen gjysmëpërçuesi në temperaturën e dhomës dhe si në zeron absolute?
4. Si krijohet vrirja?
5. Cilët gjysmëpërçues janë gjysmëpërçues me primesa-papastërti?
6. Si fitohet gjysmëpërçuesi i llojit-N?
7. Cilat atome quhen donorë?
8. Vizato gjysmëpërçues të llojit-N të lidhur me burim të jashtëm dhe sqaro se çfarë ndodh!
9. Si fitohet gjysmëpërçuesi i llojit-P?
10. Cilat atome quhen akceptor?
11. Vizato gjysmëpërçues të llojit-P të lidhur me një burim të jashtëm dhe shpjego se çfarë ndodh!
12. Cilët bartës janë kryesorë dhe cilët dytësorë në gjysmëpërçuesin e llojit-N?
13. Cilët janë bartës kryesorë dhe cilët dytësorë në gjysmëpërçuesin e llojit-P?
14. Çka paraqet kalimi-PN dhe si mund të polarizohet?

1.6. Diodat gjysmëpërçuese

Përfaqësuesi i parë dhe kryesor i kalimit-PN në mesin e elementeve elektronike është dioda gjysmëpërçuese. Struktura dhe simboli elektrik i diodës janë dhënë në figurën 1.16.

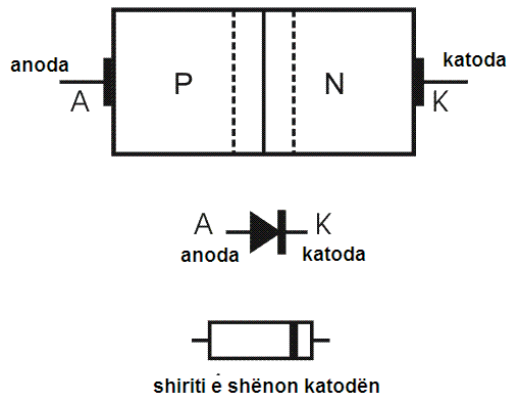


Figura 1.23: Struktura dhe simboli elektrik i diodës dhe pamja e diodës.

Metali lidhës i pjesës-P është anodë dhe shënohet me **A**, kurse në pjesën-N është katoda e shënuar me **K**. Karakteristika kryesore e diodës është e njëjtë si të kalimi PN, që të lëshojë rrymën elektrike vetëm në një drejtim prej anodës drejt katodës-efekti i valvulës.

Dioda është e polarizuar në drejtim përçues ose direkt, kur poli pozitiv i burimit të furnizimit është i lidhur me anodën, kurse negativ me katodën e diodës. Polarizim invers ose jopërçues kemi kur poli pozitiv i burimit është i lidhur me katodën, kurse negativ me anodën e diodës.

Sot jemi në kontakt me shumë lloje të diodave, varësisht nga materiali me të cilin janë ndërtuar dhe nga qëllimi i tyre. Në zhvillimin e tyre, për gjysmëpërçuesit e parë është shfrytëzuar germaniumi si material gjysmëpërçues. Por, pastaj silici është dëshmuar më i mirë në aspektin e përpunimit, si dhe në aspektin e stabilitetit në temperaturë. Silici bëhet zgjedhja e parë në mesin e gjysmëpërçuesve, por mjaft janë të përfaqësuar disa përbërës të galiumit, siç është arsenid-galiumi.

Sipas qëllimit dallojmë: dioda drejtuese, demoduluese, kufizuese, impulsive, si ndërprerës (komutator), kapacitive, fotodioda, LED dhe të tjerë. Sipas konstruksionit

Elektronika - pjesa e rregullt

dallojmë dy lloje, edhe atë dioda me kalim pikësor (pikë) dhe dioda me kalim sipërfaqësor.

Diodat drejtuese janë dioda me kalim sipërfaqësor dhe përdoren për përfitimin e rrymës së vazhduar nga burimi i rrymës alternative. Këto dioda kanë një zonë relativisht të madhe të kalimit, kështu që përmes saj mund të rrjedhin rryma me intensitet më të madh dhe tensione inverse relativisht të larta. Zbatimi i tyre për frekuencat e larta është i kufizuar nga kapacitetet vetjake të mëdha.

Si material për të prodhuar dioda drejtuese përdoret silici, germaniumi dhe sot shumë rrallë seleni.

Për zgjedhjen e diodës drejtuese të rëndësishme janë këto parametra të dhënë nga prodhuesi:

- rryma maksimale e lejuar në drejtimin e direkt I_{Dmax} ;
- tensioni invers maksimal i lejuar $U_{i,max}$ (rreth 70% e vlerës së tensionit të shpimit U_{sh});
- fuqia maksimale e lejuar e disipacionit $P_{D,max}$ (fuqia e konvertuar në nxehtësi brenda diodës).

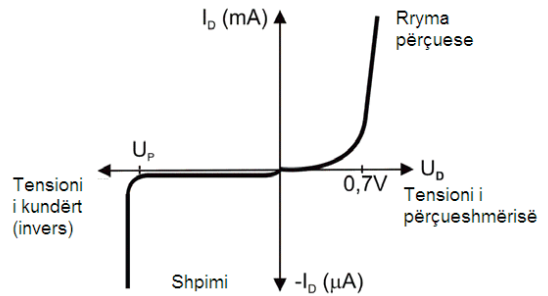
Sipas fuqisë, diodat drejtuese ndahen në:

- dioda me fuqi të vogël deri në 3W;
- dioda me fuqi të mesme deri në 10W;
- dioda me fuqi të madhe deri në disa KW.

1.6.1. Karakteristika statike e diodës drejtuese

Karakteristika statike e diodës (**figura 1.17**) më së miri e përshkruan situatën gjatë polarizimit të drejtë dhe të kundërt të diodës. Ajo është karakteristika rrymë-tension e cila e paraqet varësinë e rrymës së diodës nga tensioni i vazhduar në skajet e saj, gjatë një temperature konstante të ambientit.

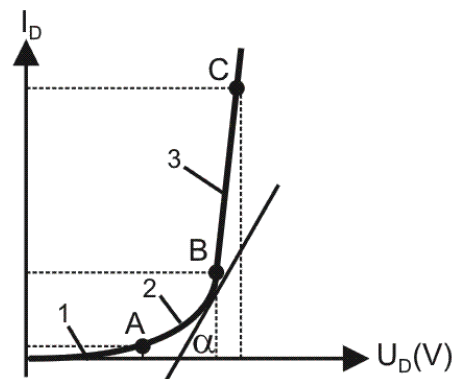
Figura 1.17: Karakteristika statike e diodës.



Karakteristika e diodës së polarizuar drejt është treguar në kuadrantin e parë. Ajo mund ndahet në tre zona (**figura 1.18**).

Zona e parë, nga origjina e koordinatave deri në pikën A, është zonë e tensioneve shumë të vogla. Këtu bëhet fjalë për tensione prej disa dhjetëra milivolt, ku rryma arrin vlerën e disa dhjetëra miliamperëve. Afër origjinës së koordinatave ajo është një vijë e drejtë, pastaj transformohet në një parabolë.

Figura 1.18: Karakteristikat e diodës së polarizuar në drejtim përçues.



Në zonën e dytë forma e karakteristikës më tepër i përgjigjet procesit të detektimit. Ajo shtrihet nga pika A deri në pikën e tensionit të kyçjes së diodës (B), i cili, të përsërisim, për germaniumin është $0,3V$, kurse për silicin $0,7V$.

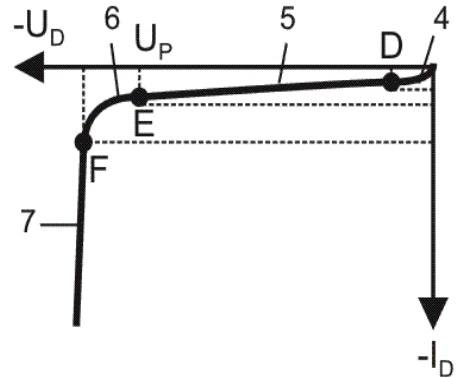
Zona e tretë, nga pika B deri në pikën C, paraqet zonë të rrymave të mëdha. Këtu tensioni në skajet e diodës nuk ndryshon dukshëm në një brez të gjerë të ndryshimit të rrymës.

Rezistenca e diodës ndryshon me ndryshimin e tensionit direkt, të sjellë në diodë. Ajo është e përcaktuar nga tangjenta e këndit α që përfshin tangjenten e karakteristikës në atë pikë.

Elektronika - pjesa e rregullt

Karakteristika e diodës me polarizim të kundërt është treguar në kuadrantin e tretë të sistemit koordinativ. Edhe ajo mund të ndahet në disa zona (**figura 1.19**).

Figura 1.19: Karakteristikat e diodës me polarizim invers.



Zona numër 4, nga 0 deri në pikën D, është identike me zonën numër 1, bashkimi i të dy zonave sillet në mënyrë simetrike dhe për këtë arsye në tensione të ulëta nuk ka paraqitje të drejtueshmërisë.

Në zonën numër 5, nga pika D në pikën E, rryma inverse i afrohet një vlere konstante, e quajtur **rrymë inverse e ngopjes**. Rezistenca e diodës në këtë zonë është shumë e madhe, por kurrë nuk bëhet infinite (e pafundme).

Zona e 6-të, nga pika E në pikën F, është zona e lakimit të karakteristikës. Këtu për rritje të vogël të tensionit të kundërt, rryma inverse rritet shumë. Në diodat e silicit kjo zonë është shumë e ngushtë, kurse në diodat e germaniumit është më e gjerë. Vlera e tensionit të kundërt maksimal U_P ndodhet në fillimin e lakimit të karakteristikës.

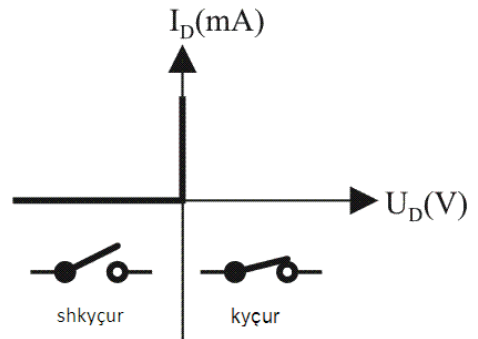
Në zonën 7 fillon shpimi i kalimit PN të diodës, me çka rryma e kundërt (inverse) zmadhohet shumë.

Karakteristika rrymë-tension nga figura 1.17 i referohet diodës reale fizikisht.

Për analizën e qarqeve të shumta elektronike përdoret modeli i një diode ideale, e cila në drejtimin direkt ka rezistencë zero dhe është një përçues i përsosur, kurse në drejtimin e kundërt rryma e saj është zero dhe ka rezistencë infinite. Karakteristika e saj është dhënë në **figurën 1.20**. Dioda ideale vepron si një çelës i mbyllur-

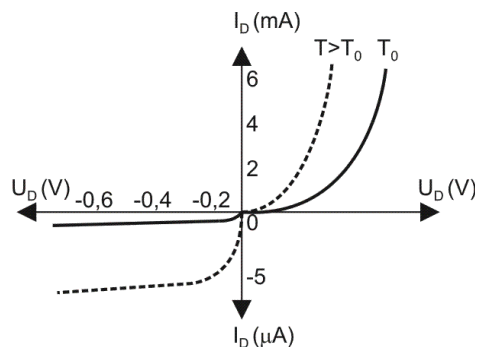
valvulë e mbyllur, kur është e polarizuar drejt dhe si çelës i hapur-valvulë e hapur, kur është me polarizim të kundërt.

Figura 1.20: Karakteristikat e diodës ideale



Karakteristika rrymë-tension e diodës së germaniumit OA90 është dhënë në **figurën 1.21**. Duhet t'i kushtohet vëmendje rangut të madhësisë së rrymës: në drejtimin direkt ajo është e dhënë në mA, kurse në inverse në μA . Tensioni i diodës së polarizuar direkt është 0,3 V, çka e bën diodën më efikase për sinjale të vogla me më pak humbje të energjisë, veçanërisht për zbulimin e sinjaleve të moduluara në amplitudë dhe frekuencë, ose në qarqet logjike me nivel të ulët logjik. Rezistenca e diodës me polarizim të dejtë, gjatë tensionit prej 1V sillet në kufijtë rreth 50-200 Ω , kurse te dioda me polarizim të kundërt në tensionin prej -10 V sillet rreth 0,5-10 $\text{M}\Omega$.

Figura 1.21: Karakteristika rrymë-tension e diodës së germaniumit OA90.



Me sipërfaqe të vogël të kontaktit fitohet edhe kapacitet vetjak i vogël, më i vogël se 1pF, që mundëson që dioda të përdoret në frekuenca të larta me shkallë të lartë të efektit të dobishëm.

Dobësi e diodës OA90 është varësia e karakteristikës së saj nga temperatura dhe vlera më e madh e rrymës së kundërt në krahasim me diodat e silicit.

MOS HARRO SE...!

- * Dioda gjysmëpërçuese është element elektronik me kalim-PN dhe me dy dalje: anodë dhe katodë.
- * Dioda është e polarizuar drejt-direkt në qoftë se anoda është e lidhur me potencialin pozitiv, kurse katoda negativ, ose kur potenciali i anodës është më i lartë se potenciali i katodës.
- * Dioda është me polarizim të kundërt, nëse potenciali i katodës është më i lartë se potenciali i anodës.
 - * Gjendja e diodës me polarizim të drejtë dhe të kundërt është dhënë me karakteristikën statike të saj.

KONTROLLONI DITURINË TUAJ

1. Defino termin diodë gjysmëpërçuese?
2. Vizato simbolin e diodës gjysmëpërçuese dhe shënoje atë!
3. Shpjego polarizimin e diodës!
4. Defino karakteristikën statike të diodës!
5. Vizato karakteristikën statike të diodës!
6. Sqaro konceptin diodë ideale dhe vizato karakteristikën statike të saj!

1.6.2. Karakteristika rrymë-tension e diodës zener

Dioda zener është një diodë silici me kalim sipërfaqësor, e dedikuar për stabilizimin e tensionit të vazhduar. Për dallim nga dioda drejtuese standarde, dioda zener ka një përqindje të shtuar të primesave kimike, si në zonën-N ashtu edhe në zonën-P. Me atë është përmirësuar karakteristika e saj rrymë-tension në fushën e tensionit të kundërt ku edhe është zona e saj e punës. Përmirësimi vërehet në pjerrtësinë e rritur në pjesën e karakteristikës dhe kthesën më të ashpër pas pikës së tensionit të shpimit. Karakteristika tipike rrymë-tension është dhënë në **figurën**

1.22.

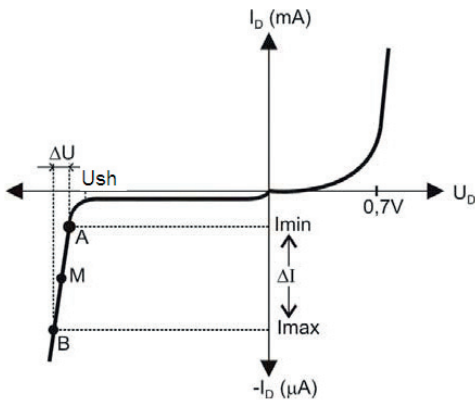


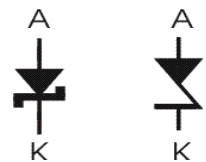
Figura 1.22: Karakteristika rrymë-tension e diodës zener.

Për stabilizimin e tensionit përdoret pjesa mes pikave A dhe B, e njohur si zonë e efektit zener. Për ndryshim të madh të rrymës ΔI fitohet ndryshim relativisht i vogël i tensionit të kundërt ΔU në skajet e diodës, që është karakteristike për pajisjet që kryejnë stabilizimin e tensionit. Në qarkun ku bëhet stabilizimi, pika M e punës (vlera e tensionit që stabilizohet) vendoset në mesin ndërmjet pikave A dhe B.

Diodat zener prodhohen për tensione të stabilizimit nga 3V deri në 75V, por janë të mundshme edhe tensione jashtë këtij brezi (deri në 200V). Për tensione më të vogla se 3V është e vështirë të prodhohen dioda zener me veti të mira stabilizimi. Për këto tensione përdoren dioda silici të lidhura në mënyrë serike me kalim sipërfaqësor, të polarizuar në drejtimin përçues (të drejtë) ($n \times 0,7V$).

Simboli elektrik i diodës zener është dhënë në **figurën 1.23**.

Figura 1.23: Simboli elektrik i diodës zener.



Parametrat bazë për zgjedhjen e diodave zener janë:

- tensioni zener në brezin nga 3,3V deri 75V;
- toleranca e tensionit të specifikuar, i cili mund të jetë 5% ose 10%, por në dispozicion janë edhe toleranca më precize siç është 0,05% për qëllime të veçanta;
- fuqia e diodës, e cila mund të jetë $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, 1, 5, 10 dhe 50W.

1.6.3. Zbatimi praktik i diodës ato zener

Dioda zener ka përdorim të gjerë si rregullator tensioni sipas **figurës 1.24**. Tensioni i hyrjes nga burimi i ushqimit U_{hyr} shndërrohet në tension dalës të stabilizuar U_{dal} .

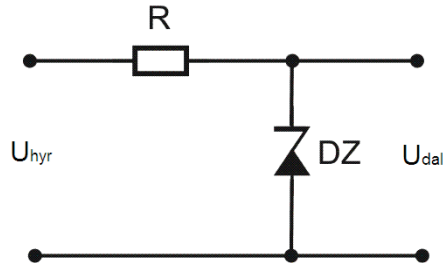


Figura 1.24: rregullatorit te tensionit me diodë zener.

Ky tension është në skajet e diodës dhe ai është i qëndrueshëm në një brez të gjerë të rrymës së ngarkesës. Stabilizimi kryhet edhe për disa ndryshime të tensionit të hyrjes. Rezistenca R ka për detyrë të kufizojë rrymën në qark, e cila mund të arrijë vlerë më të lartë për shkak të rezistencës së brendshme të ulët në zonën e tensionit zener. Ajo llogaritet sipas:

$$R = \frac{U_{hyr} - U_{dal}}{I_d}$$

Nga ana tjetër, vlera e rezistencës duhet të jetë mjaftueshëm e vogël për të mbajtur vlerën e rrymës së diodës në atë vlerë që e ka në zonën e shpimit. Vlerën e kësaj rryme e jep prodhuesi në katalogët e tij. Kështu, për shembull, për diodën zener BZX 79C5V6, për tension stabilizimi prej 5,6V 0,5 W, rryma e shpimit është 5mA. Për vlera më të mëdha të kësaj rryme për një periudhë të shkurtë mund të bëhet shkatërrimi i diodës. Ngarkesa lidhet paralelisht me diodën.

Dioda zener mund të lidhet edhe në mënyrë serike me ngarkesën. Kështu, për shembull, në qoftë se ne kemi burim ushqimi prej 12V, kurse duhet të furnizohet konsumator me tension më të ulët, thjesht dioda zener lidhet në seri me konsumatorin. Ajo zgjidhet për tension të barabartë me dallimin në mes tensionit të hyrjes dhe të konsumatorit dhe për rrymë të barabartë ose më të madhe se rryma e konsumatorit.

Përdorimi më i madh i diodës zener është në pajisjet për furnizimin e sistemeve të ndryshme elektronike në automjete.

MOS HARRO SE...!

- * **Dioda pikë ndërtohet nga germaniumi, tensioni i diodës së polarizuar drejtë është 0,3V, kapaciteti vetjak i saj është më i vogël se 1pF, përdoret në qarqe për frekuenca të larta.**
- * **Dioda drejtuese është diodë me kalim sipërfaqësor, mund të përballojë rryma me intensitet të madh dhe tension të kundërt relativisht të lartë, përdoret në burime të ushqimit.**
- * **Dioda zener punon në zonën e shpimit me tensione inverse, përdoret për stabilizimin e tensionit.**

KONTROLLONI DITURINË TUAJ

1. Çfarë lloje të diodave gjysmëpërçuese dallojmë sipas konstruksionit?
2. Shpjegoje prodhimin e diodave me kalim pikë?
3. Ku gjejmë zbatim diodat me kalim pikë?
4. Ku gjejmë zbatim diodat drejtuese?
5. Cilat kufizime i ka dioda drejtuese?
6. Si ndahen diodat drejtuese?
7. Shpjego veprimet stabilizuese të diodës zener përmes karakteristikës statike!
8. Vizato paraqitjen skematike të diodës zener!
9. Për çfarë tensioni të stabilizimit prodhohen diodat zener?
10. Cilat janë parametrat bazë për zgjedhjen e diodës zener?

VERIFIKIMI TEMATIK

I Pyetje me rrethim (Rretho përgjigjet e sakta)



1. Materialet me numër të madh të elektroneve të lira janë:
 - a) gjysmëpërçues
 - b) përçues
 - c) izolues

2. Gjysmëpërçues i llojit- P fitohet duke futur:
 - a) atome tre valente
 - b) atome katër valente
 - c) atome pesë valente

Në rrjetën kristalore të germaniumit ose silicit.

3. Kur poli pozitiv i burimit lidhet me zonën-N të kalimit-PN, atëherë ai:
 - a) është me polarizim të drejtë
 - b) nuk është i polarizuar
 - c) është me polarizim të kundërt

II Pyetje me lidhshmëri

4. Lidh simbolet skematike me diodat përkatëse:



a)



b)



c)

1. Dioda zener _____

2. Dioda drejtuese _____

5. Lidh grupin e materialeve me rezistencën e tyre specifike:

1. Gjysmëpërçuesit a) nga 10^{-6} deri në $10^{-5} \Omega\text{cm}$ _____

2. Izoluesit b) nga 10^6 deri në $10^8 \Omega\text{cm}$ _____

3. Përçuesit c) nga 10^{-3} deri në $10^7 \Omega\text{cm}$ _____

6. Lidh llojin e gjysmëpërçuesit me bartësit kryesorë:

1. Lloji P a) elektronet _____

2. Lloji N b) vrimat _____

7. Lidh veprimin e diodës ideale me polarizimin:

1. Çelës i mbyllur a) polarizim të drejtë _____

2. Çelës i hapur b) polarizim të kundërt _____

Elektronika - pjesa e rregullt

III Pyetje me plotësim

8. Në temperaturë të zeros absolute ($-273^{\circ}\text{C}=0\text{K}$) gjysmëpërçuesi sillet si _____
_____.
9. Duke futur atome pesë valente në rrjetën kristalore të germaniumit dhe silic fitohet gjysmëpërçues i llojit _____.
10. Gjysmëpërçues i llojit-N fitohet duke futur atome _____ valente në rrjetën kristalore të germaniumit apo silicit.
11. Nëse lidhet poli pozitiv i burimit me bashkimin e zonës-P të kalimit PN, kurse poli negativ me bashkimin e zonës-N të kalimit PN, atëherë kalimi PN do të jetë me polaritet _____.
12. Karakteristika rrymë-tension e diodës paraqet varësi të _____ të diodës nga _____, për vlerë të caktuar konstante të _____.

Ushtrime për mësim aktiv:

- ❖ Përpiqu të zbulosh në cilat pajisje të industrisë automobilistike kanë zbatim diodat.
- ❖ Hulumto në internet për zbatimin e diodave dhe në bazë të hulumtimit përpuno projekt.

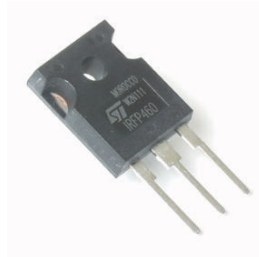
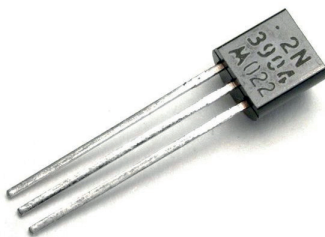


2.

TRANSISTORËT BIPOLARË

Duke studiuar përmbajtjen e kësaj teme, do të fitosh njohuri bazë për transistorët bipolarë dhe do të mund:

- të shpjegosh parimin e punës së transistorit bipolar;
- të dallosh llojet e transistorëve bipolarë sipas kriterëve të ndryshme;
- të vizatosh skema elektrike të lidhjes së transistorëve bipolarë të cilët përdoren në praktikë;
- të shpjegosh si realizohet polarizimi i transistorit bipolar;
- të njohësh parametrat themelor dhe relacionet e transistorit bipolar;
- të vizatosh diagramet e karakteristikave të caktuara të transistorëve bipolarë (karakteristikat U-I);
- të analizosh konstruksionin, parimin e punës dhe skemën elektrike të rregullatorit të tensionit me transistor tek alternatori.



Çka ndodh nëse kombinohen dy gjysmëpërçues me kalime-PN? Në këtë drejtim, qysh në vitin 1948 kanë punuar dy shkencëtarë amerikanë Bretejn dhe Berdin dhe patën sukses të konstruktojnë element të ri elektronik, të quajtur transistor. Emri transistor është fituar me bashkimin e dy fjalëve angleze **TRANS**fer res**ISTOR**, me kuptimin rezistencë e transferueshme, ose më saktë, rezistencë me të cilën mund të komandohet. Ngjashëm si edhe te dioda, transistori i parë ishte me kalim pikë, por shpejt në vitin 1951 fizikani amerikan Shokli propozoi zgjidhje të transistorit me kalim sipërfaqësor (në gjuhën angleze i njohur si Junction transistor).



John Bardeen



Walter Houser
Brattain

Transistorët mund të ndahen në dy grupe kryesore: transistorë bipolarë dhe transistorë me efekt fushe (FET - **F**ield **E**ffect **T**ranzitor). Të dy grupet janë me konstruktion të ngjashëm duke përdorur kalime-PN, por me parim të ndryshëm pune. Te transistorët bipolarë rryma e transistorit kalon nëpër të dy kalimet-PN, për dallim nga transistorët me efekt fushe, në të cilët rryma rrjedh vetëm përmes kanalit të njërit lloj të gjysmëpërçuesit.

Sipas regjimit të punës, transistorët e të dy grupeve mund të ndahet në përforcues-amplifikator dhe komutator-çelësa.

Transistorët bipolarë

Elementi gjysmëpërçues me dy kalime-PN dhe tre elektroda paraqet transistor. Emri transistor është fituar nga fjalët angleze **TRANS**fer res**ISTOR**, me kuptimin rezistencë e transferueshme, ose më saktë, rezistencë me të cilën mundet të komandohet.

Lloje të transistorëve bipolarë

Transistorët bipolarë mund të kategorizohen sipas më tepër kriterëve edhe atë sipas:

- shpërndarjes së kalimeve-PN: transistor-NPN, transistor-PNP;
- frekuencës së punës: frekuenca të ulëta, frekuenca të mesme, frekuenca të larta, radiovalësh, mikrovalor;
- përdorimit: përdorim të përgjithshëm, komutator, përforcues, audio përforcues, tensioni të lartë etj.;
- pamjes fizike: metalike, plastike e të ngjashme.

2.1. Parimi i punës së transistorit-NPN

Transistori-NPN është i përbërë nga dy kalime PN, që preken me zonat-P. Struktura e tij dhe shenja skematike janë dhënë në **figurën 2.1**.

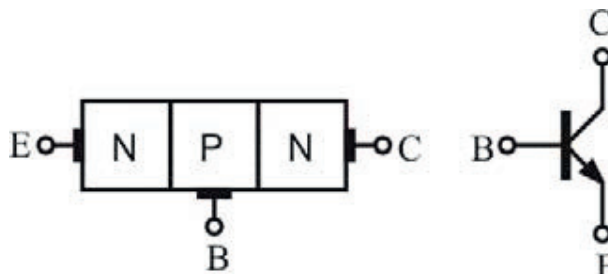


Figura 2.1: Struktura dhe shenja skematike e transistorit-NPN.

Zona e mesme e transistorit quhet **bazë (B)** dhe në ndërtimin e transistorëve kërkohet të jetë sa më e hollë. Gjerësia e saj, për disa lloje të transistorëve, mund të ketë vlerë rreth $50 \mu\text{m}$ (për krahasim, trashësia e kalimit është $1 \mu\text{m}$). Njëri skaj i zonës-N quhet **emiter (E)** dhe ka detyrë themelore të emetojë bartës të ngarkesës - elektrone, të cilat barten nëpërmjet bazës (B) dhe mbledhen në anën e kundërt të transistorit, të quajtur **kolektor (C)**. Përqindja e primesave në zonën-N është më e madhe se ajo e zonës-P.

Për të kuptuar më mirë proceset do të shërbehemi me paraqitjen grafike të transistorit-NPN, të dhënë në **figurën 2.2**.

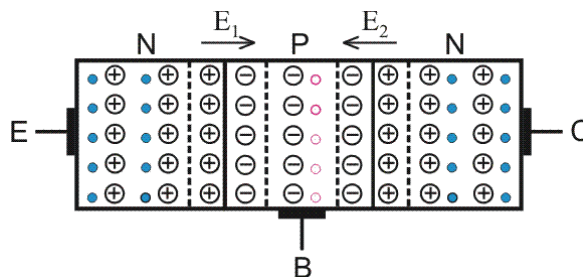


Figura 2.2: Paraqitja grafike e transistorit NPN.

Nga figura shihet se në procesin përfundimtar të formimit të kristalit të vetëm, krijohen dy barriera potenciale dhe dy zona të pengimit në fushat e brendshme E_1 dhe E_2 në drejtime të kundërta. Njëra është në kalimin emiter bazë, e cila quhet emetuese, kurse tjetra në kalimin mes bazës dhe kolektorit dhe quhet e kolektorit.

2.2. Polarizimi i transistorit-NPN

Për polarizimin e lidhjeve janë të nevojshme dy burime të vazhduara (**figura 2.3**). Burimi U_B është i lidhur në mes bazës dhe emiterit dhe burimi U_C në mes emiterit dhe kolektorit.

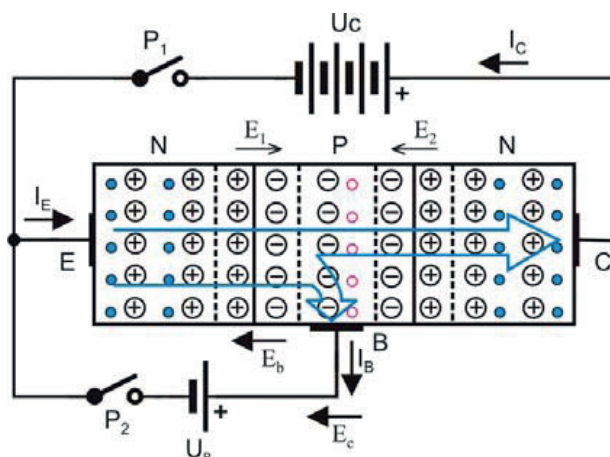


Figura 2.3: Polarizimi i transistorit NPN.

Kur ndërprerësi P_1 është i mbyllur, kurse P_2 i hapur, burimi U_C formon fushë të jashtme E_C , e orientuar nga kolektori drejt emiterit. Drejtimi i saj përputhet me drejtimin e fushës së brendshme E_2 dhe efekti i saj është të rritë veprimin e fushës E_2 , zgjerohet zona e barrierës në kalimin e kolektorit dhe rryma I_C nuk mund të rrjedhë.

Situata ndryshon në mënyrë drastike duke e mbyllur ndërprerësin P_2 . Burimi U_B krijon fushë të jashtme E_b në mes të bazës dhe emiterit, e orientuar nga baza drejt emiterit. Për vlerë të madhe të mjaftueshme të tensionit të burimit, fusha e jashtme E_b i kundërvihet fushës së brendshme E_1 dhe e bën kalimin e emiterin me polarizim të drejtë. Elektronet e lira në një numër të madh lëvizin nga zona e emiterit përmes kalimit të emiterit dhe futen në zonën e bazës. Por, pasi që zona e bazës është shumë e vogël dhe ka numër të vogël të vrimave, mundësia e rikombinimit të elektroneve dhe vrimave është shumë e vogël. Vetëm ato elektrone që rikombinohen me vrimat marrin pjesë në formimin e rrymës së bazës I_B . Numri i mbetur i elektroneve nuk mund të drejtohet për në kalimin e bazës, ato përmes rrugës së difuzionit vendosen në kufirin e zonës së pengesës mes bazës dhe kolektorit. Këtu, ato bien nën ndikimin e fushës E_C dhe E_2 , e kalojnë kalimin e kolektorit dhe kalojnë në zonën e kolektorit. Si rezultat, në qarkun emiter kolektor do të kalojë rryma I_C . Intensiteti i asaj rryme do të varet nga numri i elektroneve të lira të cilat kanë kaluar përmes kalimit të emiterit, gjegjësisht nga shkalla e

polarizimit të kalimit të emiterit. Domethënë, te transistori NPN do të rrjedhë rryma mes emiterit dhe kolektorit, vetëm nëse rrjedh rrymë në qarkun emiter baze, kurse kjo ndodh kur kolektori është me potencial më të lartë se potenciali i bazës ndaj emiterit ($U_{CE} \geq U_{BE} \approx (0,6 - 0,7)V$).

Polariteti i burimeve U_C dhe U_B është shumë i rëndësishëm për funksionimin e transistorit. Çka do të ndodhë nëse ndryshohet polariteti i njërit apo i të dy burimeve? Le të ndryshojmë vetëm polaritetin e burimit U_C , çelësi P_2 të jetë i hapur, kurse të mbyllim çelësin P_1 (figura 2.3). Së pari, kthehet drejtimi i fushës E_C dhe ajo përputhet me drejtimin e fushës E_1 . Barriera potenciale e kalimit të emiterit rritet, zgjerohet zona e bllokimit dhe transistori bëhet i bllokuar.

Nëse e mbyllim tash edhe çelësin P_2 , kalimi i emiterit bëhet me polarizim të drejtë dhe rrjedh rryma I_B nga emiteri drejt bazës. Por, në të njëjtën kohë rrjedh edhe rrymë e madhe nga emiteri, përmes zonës së bazës kah kolektori përmes kalimit të kolektorit në të cilin nuk ka asnjë lloj barriere potenciale. Barriera është shkatërruar nën ndikimin e fushës E_C dhe nuk ka asnjë veprim që do të kishte ndaluar kalimin e elektroneve nëpër kalimin e kolektorit, gjë që mund të shkaktojë shkatërrimin e transistorit. Nga ana tjetër, të dy burimet, në raport me qarkun bazë kolektor janë të lidhura në seri dhe tensioni i tyre, si shumë, e polarizon drejt kalimin e kolektorit, që kontribuon në rritjen e rrymës.

Nëse e kthejmë polaritetin edhe në burimin U_B , të dy burimet edhe më tej janë të lidhura në seri mes bazës dhe kolektorit, por tensionet e tyre zbriten. Tensioni bazë kolektor është: $U_{BC} = U_B - U_C$. Ky tension do të jetë pozitiv, d.t.th. baza do të jetë në potencial më të lartë nga kolektori dhe kalimi do të jetë me polarizim pozitiv vetëm kur $U_B > U_C$. Në këtë rast do të bëhet dëmtimi i transistorit.

Nëse e kthejmë polaritetin e burimit U_B , fusha E_b do të ndryshojë drejtimin dhe kalimi i emiterit do të jetë me polarizim të kundërt. Por, në qoftë se tensioni i burimit U_C është më i madh se tensioni i burimit U_B , fusha E_C do të eliminojë veprimin e fushës E_b dhe kalimi i emiterit do të jetë i polarizuar drejt, çka shkakton dëmtimin e transistorit. Vetëm nëse tensioni i burimit U_B është i barabartë ose më i madh se tensioni i burimit U_C , transistori do të jetë i mbrojtur.

Rryma mund të kufizohet edhe me shtimin e rezistencave në qarkun e jashtëm.

KONTROLLONI DITURINË TUAJ

1. Defino termin transistor.
2. Çfarë lloje të transistorëve ekzistojnë?
3. Vizato shenjën skematike të transistorit NPN.
4. Sa elektroda ka transistori dhe si quhen?
5. Si krijohet rryma gjatë polarizimit të transistorit NPN?
6. Cilët bartës e krijojnë rrymën në transistorin-NPN?

2.3. Parimi i punës dhe polarizimi i transistorit-PNP

Transistori PNP është i përbërë nga dy kalime PN, që takohen me zonën-N. Struktura dhe shenja e tij skematike janë dhënë në **figurën 2.4**.

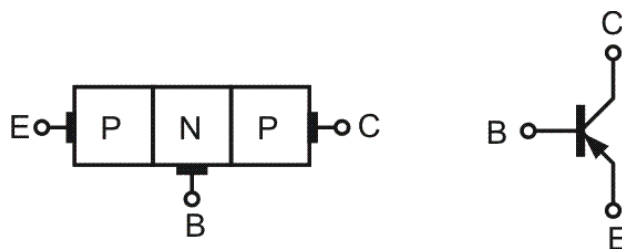


Figura 2.4: Struktura dhe shenja skematike e transistorit-PNP.

I gjithë ndërtimi i tij është i njëjtë me ndërtimin e transistorit-NPN, me atë dallim që gjysmëpërçuesit P dhe N i ndërrojnë vendet. Këtu, emiteri dhe kolektori janë të llojit P, kurse baza e llojit N. Kalimet PN janë të vendosura në atë mënyrë që tash fushat e brendshme E_1 dhe E_2 janë orientuara njëra kundrejt tjetrës dhe me drejtim të kundërt nga ajo e transistorit NPN. Përçindja e primesave është më

e lartë në zonën-P nga ajo në zonën-N, që do të thotë se këtu rrymë kryesore është rryma e vrimeve.

Për sqarimin e proceseve që ndodhin në transistorin-PNP do të shërbehemi me skemën, e dhënë në **figurën 2.5**. Vërehet se burimet U_C dhe U_B janë të vendosur në të kundërt në lidhje me skemën e ngjashme në figurën 2.3.

Me mbylljen e ndërprerësit P_1 , në brendësi të transistorit formohet fushë E_C me veprimin e burimit U_C . Kjo fushë është e drejtuar nga emiteri drejt kolektorit dhe e ndihmon veprimin e fushës E_2 , me çka rritet barriera potenciale dhe zgjerohet zona e pengimit në mes të bazës dhe kolektorit dhe transistori mbetet i bllokuar.

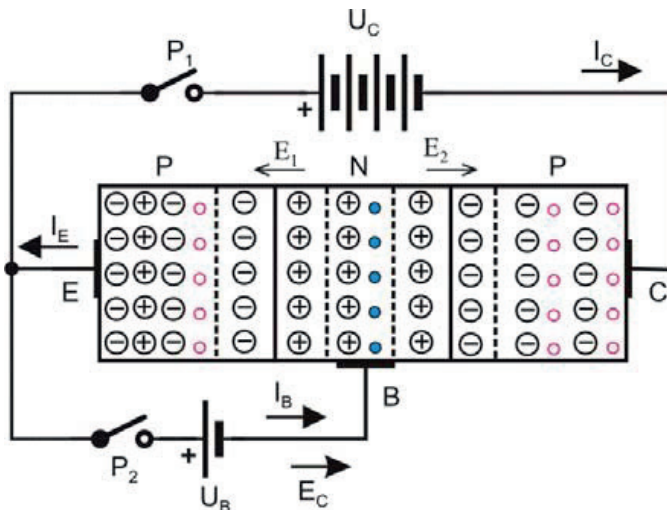


Figura 2.5: Paraqitja grafike e transistorit-PNP.

Me mbylljen e ndërprerësit P_2 , kalimi i emiterit polarizohet drejt. Shtresa e barrierës e kalimit të emiterit ngushtohet dhe eliminohet, një numër i madh i vrimeve futen në zonën e bazës. Përmes rrugës së difuzionit lëvizin drejt skajit të zonës së barrierës të kalimit të kolektorit, ku bien nën ndikimin e fushës rezultante E_C dhe E_2 , e kalojnë zonën e barrierës dhe drejtohen kah kolektori dhe lidhja e tij metalike, ku tërheqin elektrone nga burimi U_C përmes përçuesit që është i lidhur me kolektorin. Kjo analizë e shpejtë përkujton vetëm se kemi të bëjmë me procesin e njëjtë i cili tashmë është analizuar në transistorin-NPN.

Të njëjtat rreziqe të shkatërrimit të transistorit ekzistojnë edhe te transistori-PNP në qoftë se ndodh ndryshimi i polarizimit të burimeve të furnizimit.

KONTROLLONI DITURINË TUAJ

1. Vizato shenjën skematike të transistorit-PNP..
2. Çfarë drejtimi kanë fushat e brendshme E_1 dhe E_2 në transistorin-PNP në krahasim me transistorin-NPN?
3. Cili kalim quhet emiterial e cili kolektorial?
4. Në çfarë polarizimi mund të bëhet shkatërrimi i transistorit?
5. Cilët bartës krijojnë rrymë në transistorin-PNP?

2.4. Polarizimi i kalimeve të transistorit

Transistori është një element elektronike aktiv me hyrje dhe dalje. Në qarkun elektrik ai sillet si katër-polar. Por, pasi që ka vetëm tri dalje, njëra prej tyre do të jetë e përbashkët për hyrjen dhe daljen. Në varësi të asaj se cila dalje është e përbashkët për hyrjen dhe daljen, dallojmë tri lloje të lidhjeve të transistorëve:

- transistor në lidhje me emiter të përbashkët, ku hyrja është në mes bazës dhe emiterit, kurse dalja mes kolektorit dhe emiterit.
- transistor në lidhje me bazë të përbashkët, ku hyrja është mes emiterit dhe bazë, kurse dalja mes kolektorit dhe bazë;
- transistor me lidhje me kolektor të përbashkët, ku hyrja është në mes bazës dhe kolektorit, kurse dalja mes emiterit dhe kolektorit.

Në **figurën 2.6** është treguar polarizimi i kalimeve të transistorit.

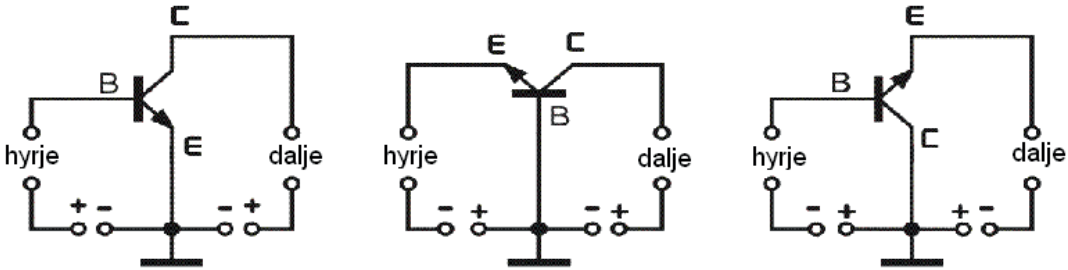


Figura 2.6: Polarizimi i kalimeve të transistorit.

MOS HARRO SE ...!

- * Transistori bipolar është element elektronik i kontrolluar përmes rrymës me tri dalje: kolektor, bazë dhe emiter, në të cilin rryma kalon përmes dy kalimeve PN.
- * Sipas renditjes së kalimeve, transistori mund të jetë i llojit NPN ose PNP.
- * Transistori NPN është i përbërë nga dy gjysmëpërçues N me gjysmëpërçues P të ngulitur mes tyre. Bartës kryesor të ngarkesës elektrike janë elektronet.
- * Transistori PNP është i përbërë nga dy gjysmëpërçues P me gjysmëpërçues N të ngulitur mes tyre. Bartës kryesor të ngarkesës janë vrimat.
- * Në qarkun e kolektorit të transistorit rrjedh rrymë vetëm nëse rrjedh edhe rryma e bazës.
- * Rryma inverse - e kundërt e transistorit është rryma e bartësve dytësor të ngarkesës, ajo rrjedh nga kolektori drejt emiterit te transistori NPN dhe nga emiteri drejt kolektorit për transistorin PNP, gjatë qarkut të hapur të bazës.

2.5. Karakteristika të transistorit bipolar

Te transistori ekzistojnë dy regjime pune: statik dhe dinamik. Regjim statik të punës kemi kur në qarkun e transistorit ekzistojnë vetëm tensione dhe rryma të vazhduara me të cilat polarizohet transistori. Transistori polarizohet ashtu që

kalimi i emiterit do të jetë me polarizim të drejtë, kurse kolektori me të kundërt. Në regjimin dinamik të punës, përkrah tensionit dhe rrymës së vazhduar, kemi edhe tension dhe rrymë të sinjalit alternativ, i cili duhet të përforcohet.

2.5.1. Regjimi statik i punës

Qarku i transistorit në regjimin statik të punës është paraqitur në **figurën 2.7.**

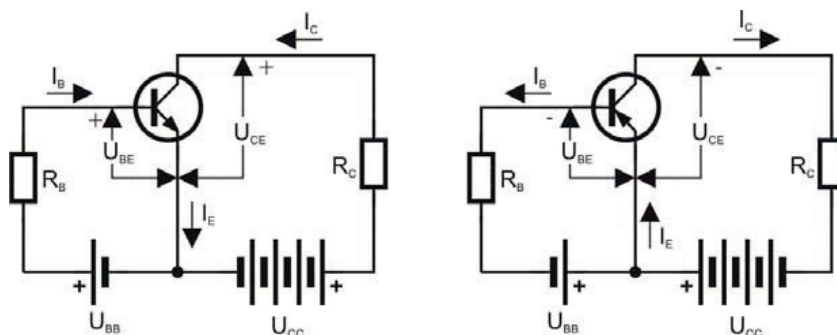


Figura 2.7: Qarku i transistorit në regjimin statik të punës.

Për analizë e përdorim qarkun me transistor-NPN, që vlen edhe për qarkun me transistor-PNP, vetëm me drejtime të kundërta të rrymave dhe tensioneve. Në qarkun e kolektorit dhe bazës janë vendosur rezistencat R_B , me të cilat përcaktohet rryma e bazës dhe rezistenca R_C , me të cilën përcaktohet rryma e kolektorit.

Në analizë do të përdorim emërtimet e mëposhtme:

- U_{CE} – tensioni kolektor-emiter
- U_{BE} – tensioni bazë-emiter
- U_{CC} – tensioni i burimit të ushqimit të kolektorit
- U_{BB} – tensioni i burimit të ushqimit të bazës
- I_C – rryma e kolektorit
- I_B – rryma e bazës
- I_E – rryma e emiterit

Në analizën e parimit të punës së transistorëve është përdorur metoda e drejtimit elektronik të rrymave. Në llogaritjet, megjithatë, është e zakonshme të përdoret metoda e drejtimit teknik, me çka do të thotë vetëm ndryshohen shenjat e rrymave në raport me ato të drejtimit elektronik.

2.5.2. Karakteristikat statike

Nga të lartpërmendurat, katër madhësi janë me varësi reciproke të shprehura qartë. Këto janë: rryma e bazës I_B dhe tensioni bazë – emiter U_{BE} , si madhësi hyrëse dhe rryma e kolektorit I_C dhe tensioni kolektor – emiteri U_{CE} , si madhësi dalëse. Varësitë e tyre mund të paraqiten grafikisht përmes karakteristikeve statike të transistorit. Numri i këtyre karakteristika është mjaft i madh, por nuk ka nevojë për të gjitha për llogaritjen e qarkut të transistorit me metodë grafike.

Karakteristikat e plota i jep prodhuesi i transistorit, ose fitohen me qark të thjeshtë për matje. Një qark i tillë është paraqitur në **figurën 2.8**.

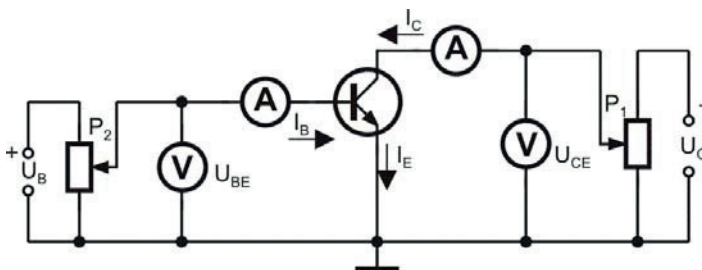


Figura 2.8: Qarku për matje e karakteristikave statike të transistorit-NPN në lidhje me emiter të përbashkët.

Në **figurën 2.9** tregohen karakteristikat e ndryshimit të rrymës së kolektorit në raport me ndryshimin e tensionit U_{CE} për vlera të ndryshme të rrymës së bazës I_B , në bazë të funksionit:

$$I_C = f(U_{CE}) \text{ për } I_B = \text{const.} \dots\dots\dots(2.1)$$

Kjo karakteristikë quhet dalëse dhe mund të fitohet me qarkun nga **figura 2.8**. Tensioni U_{CE} matet me voltmetër, të lidhur në mes kolektorit dhe emiterit, kurse rryma e kolektorit I_C me miliampermetër, të lidhur në seri me qarkun e kolektorit.

Duhet të matet edhe rryma e bazës I_B me miliampermetër, të lidhur në seri në qarkun e bazës.

Karakteristika e parë matet ashtu që me potenciometrin P_2 rregullohet rryma I_B të jetë 0, kurse me potenciometrin P_1 ndryshohet tensioni U_{CE} me hapa nga 1V, duke filluar nga 0 deri në 10V dhe për çdo hap shënohet vlera e rrymës I_C , gjatë së cilët kujdesemi që rryma I_B të mos ndryshohet. Rezultatet e fituara vendosen në sistemin koordinativ $I_C - U_{CE}$ dhe me bashkimin e pikave fitohet lakorja $I_C=f(U_{CE})$ për $I_B=0$.

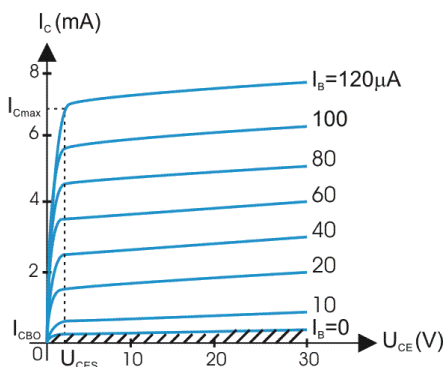


Figura 2.9: Karakteristika dalëse

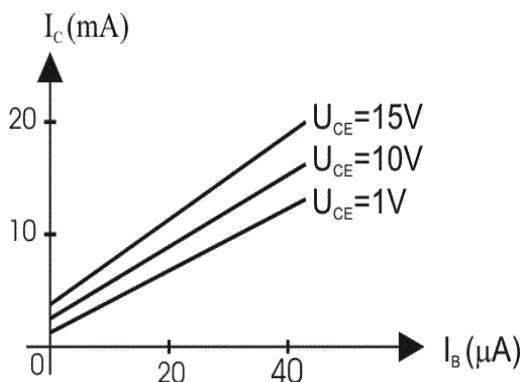


Figura 2.10: Karakteristika kalimtare

Pastaj vjen regjistrimi i lakores tjetër, ashtu që me P_2 rregullohet të fitohet rrymë I_B prej 10mA, kurse e gjithë procedura përsëritet si më parë. Me ndryshim të mëtejshëm të rrymës I_B në vlerat 20, 40, 60, 80, 100,120 dhe 140 μA fitohen të gjitha lakoret tjera të diagramit.

Karakteristika:

$$I_C=f(I_B) \text{ për } U_{CE}=\text{const.} \dots\dots\dots(2.2)$$

i jep ndryshimet e rrymës së kolektorit I_C në varësi të ndryshimeve të rrymës së bazës I_B për vlera të ndryshme të tensionit U_{CE} . Ajo është dhënë në **figurën 2.10** dhe quhet karakteristikë kalimtare-transferuese. Kjo karakteristikë përcakton se si ndryshon rryma dalëse me ndryshimin e rrymës së hyrjes, kurse kjo do të thotë se si është ndikimi i hyrjes në daljen.

Matja edhe e këtyre karakteristikave mund të bëhet me qarkun e njëjtë matës nga figura 2.8. Tensioni U_{CE} përshtatet me potenciometrin P_1 në një vlerë,

Elektronika - pjesa e rregullt

për shembull 1V, pastaj me P_2 ndryshohet rryma e bazës me hapa nga $20 \mu\text{A}$ dhe në miliampermetër lexohen vlerat e rrymës së kolektorit. Gjatë kësaj, merret parasysh se vlera e tensionit U_{CE} të mos ndryshohet. Në qoftë se ndryshohet, bëhen korigjime të atij tensioni me P_1 dhe pastaj bëhet leximi i vlerave të rrymës I_C . Matja e ardhshme është me vlerë më të madhe të U_{CE} , si, për shembull, 10V, tjetra 15V, etj. Me futjen e rezultateve, fitohen karakteristikat si në figurën 2.10.

Karakteristika:

$$I_B = f(U_{BE}) \text{ për } U_{CE} = \text{const.} \dots\dots\dots (2,3)$$

përfaqëson ndryshimin e rrymës së bazës I_B në raport me ndryshimin e tensionit bazë – emiter U_{BE} për vlera të ndryshme të tensionit kolektor- bazë U_{CE} dhe është e njohur si karakteristikë hyrëse.

Matja është bërë në qarkun në figurën 2.8, në të cilin tensioni bazë – emiter rregullohet me potenciometrin P_2 , kurse tensioni U_{CE} me potenciometrin P_1 .

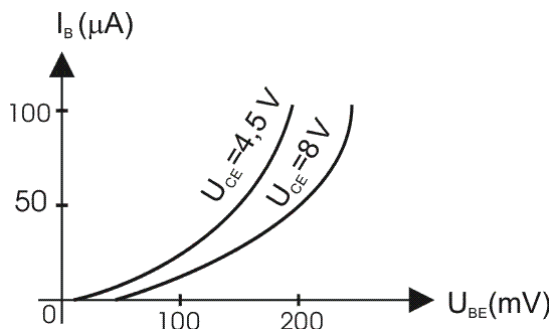


Figura 2.11: Karakteristika hyrëse.

Me ndryshimin e tensionit U_{BE} ndryshon rryma, me çka duhet të kujdesemi që tensioni U_{CE} të ketë vlerë të njëjtë. Matja e ardhshme bëhet me vlerë konstante më të madhe të U_{CE} etj. Nëse futen rezultatet e matura në boshtet e sistemit koordinativ $I_B - U_{BE}$, fitohet rezultat si në **figurën 2.11**.

Karakteristika e fundit me interes është karakteristika:

$$U_{BE} = f(U_{CE}) \text{ për } I_B = \text{const.} \dots\dots\dots (2.4)$$

Ajo e përfaqëson ndryshimin e tensionit bazë – emiter U_{BE} në varësi të ndryshimit të tensionit kolektor – emiter U_{CE} për vlera të ndryshme të rrymës së bazës I_B . Me të

përcaktohet reagimi i qarkut dalës ndaj qarkut hyrës të transistorit. Matja bëhet me qarkun e njëjtë matës si edhe deri tani. Rezultatet e matjes e japin **figurën 2.12**.

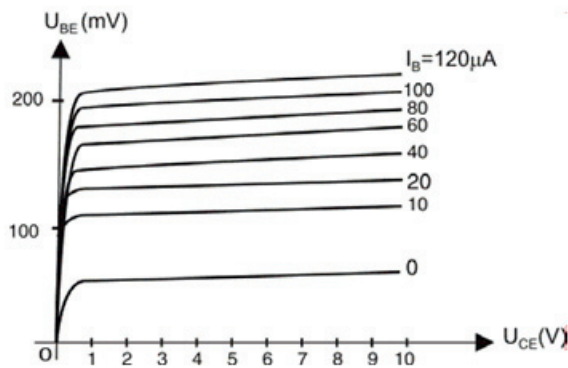


Figura 2.12: Varësia e tensionit U_{BE} nga tensioni U_{CE} .

2.6. Parametra të transistorit bipolar

Karakteristikat statike të transistorit japin mundësi për përcaktimin dhe studimin e parametrave statik të transistorëve. Ato quhen statik, sepse definoohen në kushtet kur ekzistojnë vetëm tensione dhe rryma të vazhduara në qarkun e transistorit.

Karakteristika dalëse $I_C = f(U_{CE})$ për $I_B = \text{const.}$, jep mundësinë e studimit të tre parametrave të rëndësishëm të transistorit:

- rezistencës dalëse,
 - përforcimit të rrymës,
- si dhe përcaktimit të pozitës së drejtëzës së punës,

2.6.1 Rezistenca dalëse e transistorit

Pika statike e punës së transistorit është e definuar me tri madhësi: tensionin U_{CE} , rrymën I_C dhe rrymën I_B dhe ajo shtrihet në njërën nga

karakteristikat. Karakteristika dalëse e transistorit jep mundësinë të përcaktohet rezistenca dalëse R_{dal} në pikën e punës, siç është treguar në **figurën 2.13**.

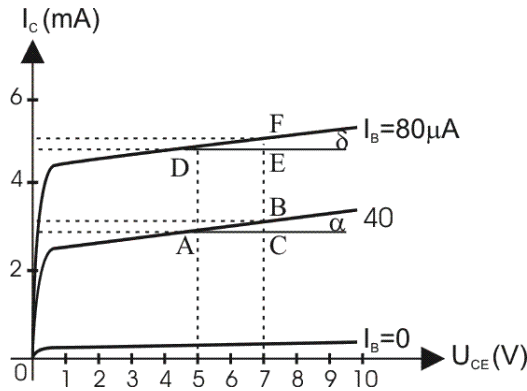


Figura 2.13: Përcaktimi i rezistencës dalëse të transistorit

Për shembull, për tensionin $U_{CE}=5V$ dhe rrymën e bazës $I_B =40\mu A$ fitohet pika e punës A, kështu që nga pika 5V në boshtin e abshisë ngrihet vertikale deri në prerjen me karakteristikën e rrymës së bazës prej $40\mu A$. Asaj pike i përgjigjet rryma e kolektorit prej 4,5mA. Nëse nga pika A tërheqim vijë horizontale, ajo me karakteristikën krijon kënd α . Ky kënd definohet përmes tangjentes së tij si:

$$tg \alpha = \frac{CB}{CA} = \frac{\Delta I_C}{\Delta U_C} = \frac{1}{R_{dal}} \text{ .(në pikën A).....(2.5)}$$

Tangjenta e këndit α e përcakton rezistencën dalëse R_{dal} të transistorit në pikën A. Ndryshimi i tensionit të kolektorit prej 2V do të japë ndryshimin e rrymës së kolektorit prej 0,2 mA, e cila është e përcaktuar nga karakteristika. Rezistenca dalëse në këtë shembull do të jetë:

$$R_{dal}(A) = \frac{\Delta U_{CE}}{\Delta I_C} = \frac{2}{2 \cdot 10^{-4}} = 10000\Omega.$$

Nëse rritet vlera e rrymës së bazës në $80\mu A$, për tension të njëjtë U_{CE} prej 5V, fitohet pika D. Këndi i karakteristikës me horizontalen e përcakton rezistencën dalëse të transistorit në pikën D:

$$tg \delta = \frac{EF}{DE} = \frac{\Delta I_C}{\Delta U_C} = \frac{1}{R_{dal}} \text{ .(në pikën D).....(2.6)}$$

Tash ndryshimi i rrymës së kolektorit ΔI_C është 0,3mA, kurse rezistenca dalëse do të jetë:

$$R_{dal}(D) = \frac{\Delta U_{CE}}{\Delta I_C} = \frac{2}{0,3 \cdot 10^{-3}} = 6666\Omega.$$

Përkufizimi i saktë është se vlera reciproke e tangjentës së këndit të tangjentës për pikë të caktuar paraqet rezistencën dalëse të transistorit në atë pikë, por për shkak të pjesës lineare të karakteristikës, ai përputhet me këndin e vetë karakteristikës. Kjo rezistencë zvogëlohet me zmadhimin e rrymës së kolektorit.

2.6.2. Koeficienti i përforcimit të rrymës të transistorit

Përforcimi i rrymës definohet si raport i ndryshimit të rrymës së kolektorit ΔI_C , i shkaktuar nga ndryshimi i rrymës së bazës ΔI_B , shënohet me β ose h_{FE} dhe paraqet numër të panjohur:

$$\beta = h_{FE} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \dots\dots\dots(2.7)$$

Kur ndryshimet në rrymën e bazës dhe kolektorit janë të njëjta, gjegjësisht kur karakteristika është lineare, shprehja për përforcimin e rrymës mund të shkruhet si:

$$\beta = h_{FE} = \frac{I_C}{I_B} \dots\dots\dots(2.8)$$

Nëse zgjedhim një vlerë të tensionit U_{CE} në boshtin e abshisës të karakteristikës dalëse (p.sh., 5V) dhe tërheqim vijë vertikale, ajo vijë do të ketë më tepër pika prerëse me karakteristikën për vlera të ndryshme të rrymës së bazës (**figura 2.14**).

Me bartjen e këtyre pikave në horizontale në boshtin e koordinatës do të fitojmë ndryshime të rrymës së kolektorit, të shkaktuar nga ndryshimi i rrymës së bazës.

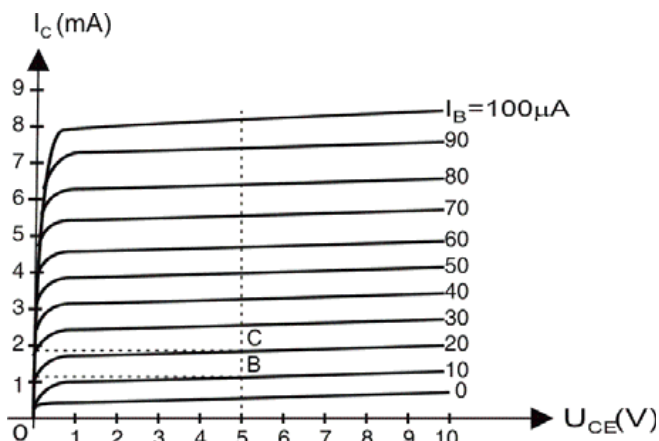


Figura 2.14: Përcaktimi i përforcimit të rrymës.

Nëse zhvendoset pika statike e punës nga pika B, në të cilën ka rrymë të bazës prej 10mA, në pikën C me rrymë të bazës prej 20mA, rryma e kolektorit do të zmadhohet nga 1200mA në 1800mA, kështu që për përforcimin e rrymës fitojmë:

$$\beta = h_{FE} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} = \frac{(1800 - 1200)}{20 - 10} = \frac{600}{10} = 60.$$

Ndryshimi i përforcimit të rrymës varet nga lloji i transistorëve. Për transistorët me fuqi të ulët, distanca mes karakteristikave, për ndryshim të njëjtë të rrymës së bazës është konstante, çka do të thotë se përforcimi i tyre i rrymës nuk varet nga intensiteti i rrymës së kolektorit. Përforcimi i rrymës te transistorët me fuqi të madhe ka vlerë më të vogël dhe bie me rritjen e rrymës së kolektorit.

2.6.3. Drejtëza e punës

Në praktikë, kolektori i transistorit shumë rrallë lidhet direkt me burimin e furnizimit. Në mes të kolektorit dhe burimit shpesh vendoset rezistencë R_C (si në figurën 2.7), me të cilën rregullohet vlera e tensionit U_{CE} dhe shërben si një ngarkesë e qarkut të kolektorit. Kjo rezistencë mund të përfaqësohet me një drejtëz në karakteristikat dalëse të transistorit. Pozita e drejtëzës varet nga vlera e

tensionit të burimit dhe vlera e rezistencës së ngarkesës dhe mund të përcaktohet përmes rrugës matematikore.

Për përcaktimin matematikor përdoret shprehja e drejtëzës së punës, e fituar me zbatimin e Ligjit të II të Kirkofit për qarkun dalës të transistorit:

$$U_{CC} - R_C I_C - U_{CE} = 0 \dots\dots\dots(2.9)$$

ose në formë tjetër, si:

$$U_{CE} = U_{CC} - R_C I_C \dots\dots\dots(2.10)$$

Tash duhet të përcaktojmë dy pika edhe atë si më poshtë:

për $I_C = 0$, $U_{CE} = U_{CC}$

dhe për $U_{CE} = 0$, $I_C = \frac{U_{CC}}{R_C}$,

t'i vendosim në sistemin e karakteristikave dalëse I_C - U_{CE} dhe t'i lidhim.

Kështu, për shembull, nëse janë dhënë vlerat për $U_{CC} = 10V$ dhe $R_C = 1K\Omega$, koordinatat e pikave do të jenë:

$I_C=0$, $U_{CE}=10V$, për pikën A

$U_{CE} = 0$, $I_C = \frac{10}{1000} = 10mA$, për pikën B.

Situata e fituar shihet në **figurën 2.15**. drejtëza e punës formon kënd α me boshtin e abshisës dhe është:

$$tg\alpha = \frac{U_C}{R_C} = \frac{1}{R_C} \dots\dots\dots(2.11)$$

Pika e punës statike M e transistorit mund të gjendet vetëm në drejtëzën e punës. Me zvogëlimin e rezistencës, këndi rritet dhe fitohet vlera maksimale prej 90° , kur rezistenca e hyrjes është 0.

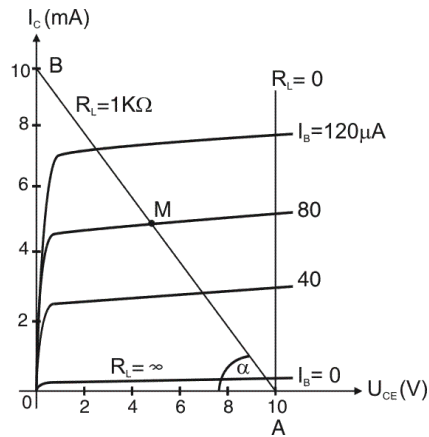


Figura 2.15: Pozita e drejtëzës së punës.

Ashtu siç zmadhohet rezistenca, ashtu zvogëlohet edhe këndi dhe ai përputhet me boshtin e abshisës kur rezistenca është pafundësisht e madhe, gjegjësisht kur qarku i kolektorit është i hapur dhe nuk rrjedh rryma e kolektorit.

KONTROLLONI DITURINË TUAJ

1. Defino regjimin statik dhe dinamik të punës së transistorit.
2. Cilat madhësi janë hyrëse dhe cilat dalëse te transistori me lidhje me emiter të përbashkët?
3. Si definohet karakteristika dalëse, hyrëse, kalimtare dhe direkte kalimtare?
4. Cilët janë parametrat më të rëndësishëm të transistorit?
5. Çka përfaqëson β .
6. Nga çka varet pozita e drejtëzës së punës së transistorit dhe si përcaktohet?

MOS HARRO SE ...!

- * Në regjimin statik të punës, në qarkun e transistorit janë të pranishëm vetëm vlera të rrymës dhe tensionit të vazhduar.
- * Me polarizimin e transistorit, kalimi i emiterit është i polarizuar drejt, kurse i kolektorit me polarizim të kundërt.
- * Pozita e pikës së punës përcaktohet me tensionin U_{CE} dhe rrymat I_C dhe I_B , në mënyrë që të gjendet në drejtëzën e punës.
- * Karakteristika dalëse i jep ndryshimet e rrymës së kolektorit I_C në varësi nga ndryshimet e tensionit U_{CE} për vlera të ndryshme të rrymës së bazës I_B .
- * Karakteristika hyrëse paraqet ndryshimet e rrymës së bazës I_B në varësi nga ndryshimet e tensionit U_{BE} për vlera të ndryshme të tensionit U_{CE} .
- * Karakteristika kalimtare i jep ndryshimet e rrymës së kolektorit I_C në varësi të ndryshimeve të rrymës së bazës I_B për vlera të ndryshme të tensionit U_{CE} .
- * Faktori i përforcimit të rrymës β ose h_{FE} tregon sa herë rryma e kolektorit është më e madhe se rryma e bazës dhe definohet si raport i ndryshimit të rrymës së kolektorit ΔI_C , i shkaktuar nga ndryshimi i rrymës së bazës ΔI_B dhe paraqet numër të panjohur.
- * Vlera reciproke e tangjentës së këndit të tangjentës për pikë të caktuar e paraqet rezistencën dalëse të transistorit në atë pikë.

2.7. Zbatimi i transistorit bipolar në industrinë automobilistike

2.7.1. Rregullatori i tensionit me transistor në alternator

Alternatori paraqet gjenerator të rrymës alternative të paraqitur me përshtatje trefazore të statorit. Përshtatja eksituese është e vendosur në rotor. Rregullimi i tensionit të alternatorit, në llojet më të vjetra të automjeteve, bëhet me rregullator elektromagnetik klasik (axhusStator). Dalja pozitive e alternatorit lidhet direkt me akumulatorin-baterinë, i cili nuk mund të shkarkohet nëpërmjet alternatorit për shkak të polarizimit invers të diodave drejtuese.

Tensioni për rregullim fitohet, gjithashtu, përmes tri diodave drejtuese dhe ai ka shenjën D+ për polin pozitiv, kurse D- për polin negativ. Tensioni për përshtatjen eksituese të alternatorit bartet nga dalja pozitive përmes kontaktit të relesë kah dalja e shënuar me DF. Midis daljeve D+ dhe B+ lidhet llambë indikatore, e cila tregon se si mbushet akumulatori. Dalja për llambën indikatore shënohet me 61. Këto shënime-etiketa janë të përcaktuara nga standardet ekzistuese.

Me axhustatorin-montatorin elektronik, të dhënë në **figurën 2.16**, zëvendësohen kontaktet e recesë së axhustatorit elektromekanik me komutator transistori.

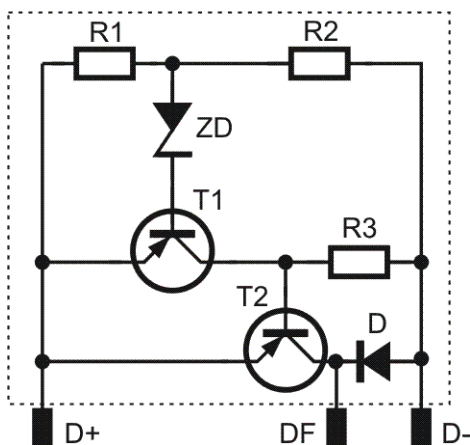


Figura 2.16: Skema elektrike e rregullimit të tensionit.

Mes lidhjes pozitive D+ dhe lidhjes negative D- lidhet ndarës i tensionit R1/R2. Nga ky ndarës bartet tension për bazën e transistorit T1 përmes diodës zener ZD, kurse në qarkun e kolektorit të këtij transistori gjendet rezistenca R3. Kur tensioni mes D+ dhe D- është më i vogël se 14V, transistori T1 është i bllokuar, kurse T2 është i përçueshëm, sepse mbyllet qark prej D+ përmes kalimit kolektor - bazë, rezistencën R3 në D-. Në atë mënyrë daljet D+ dhe DF janë të lidhura, kurse akumulatori mbushet.

Kur tensioni ndërmjet D + dhe D- e kalon vlerën e 14V, transistori T1 bëhet i përçueshëm, baza e transistorit T2 vjen në tensionin D+, transistori T2 bllokohet dhe shkyçet rryma për përshtatjen eksituese. Tani tensioni i alternatorit bie deri në ri-blokimin e transistorit T1 dhe në këtë mënyrë procesi përsëritet. Mbushja e akumulatorit zhvillohet në procesin e kyçjes dhe shkyçjes së vazhdueshme të transistorëve T1 dhe T2. Dioda D është e lidhur në mënyrë paralele me përshtatjen eksituese të alternatorit, ajo e mbron transistorin nga tensionet më të mëdha të përshtatjes eksituese.

Në **figurën 2.17** është dhënë varianti, në të cilin përshtatjes eksituese e alternatorit lidhet në daljet DF dhe D- përmes çiftit të transistorëve të Darlingtonit T2.

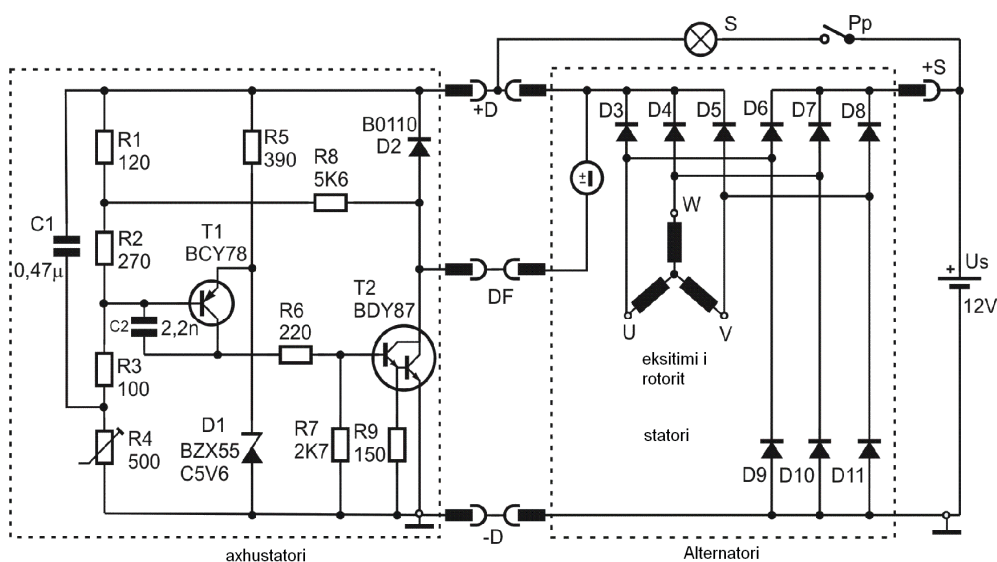


Figura 2.17: Skema elektrike e qarkut për rregullimin e tensionit të alternatorit.

Për sa kohë që tensioni midis D+ dhe D- është më i vogël se 14V, baza e transistorit T1 merr, me anë të një ndarësi të tensionit, polarizim negativ, kështu që transistori T1 përçon. Tensioni i rezistencës R6 rritet dhe e sjell transistorin T2 në gjendjen përçuese. Rryma eksituese prej rreth 4,5A kalon përmes daljes DF dhe përmes T2 në D-.

Në momentin kur tensioni mes D+ dhe D- arrin në vlerën 14V, bllokohen të dy transistorët T1 dhe T2, me çka zvogëlohet rryma e eksitimit, e me të edhe tensioni ndërmjet D+ dhe masës (D-).

Me diodën zener D1 fitohet tension referent i stabilizuar në emiterin e transistorit T1. Me këtë mundësohet tensioni nga pjesa drejtuese e alternatorit të oshilojë me dy vlerave nga 13,8 deri në 14V. Me trimerin R4 rregullohet tensioni i stabilizuar nga alternator të mund të ndryshojë mes 14 dhe 16V. Me diodën D2, e cila është e lidhur në paralel me përshtatjen eksituese të alternatorit mbrohet transistori T2 nga tensione më të mëdha të induksionit, të krijuara në momentin e shkyçjes së rrymës së eksitimit.

Versioni më i ri i rregullimit të tensionit të alternatorit është dhënë në figurën 2.18.

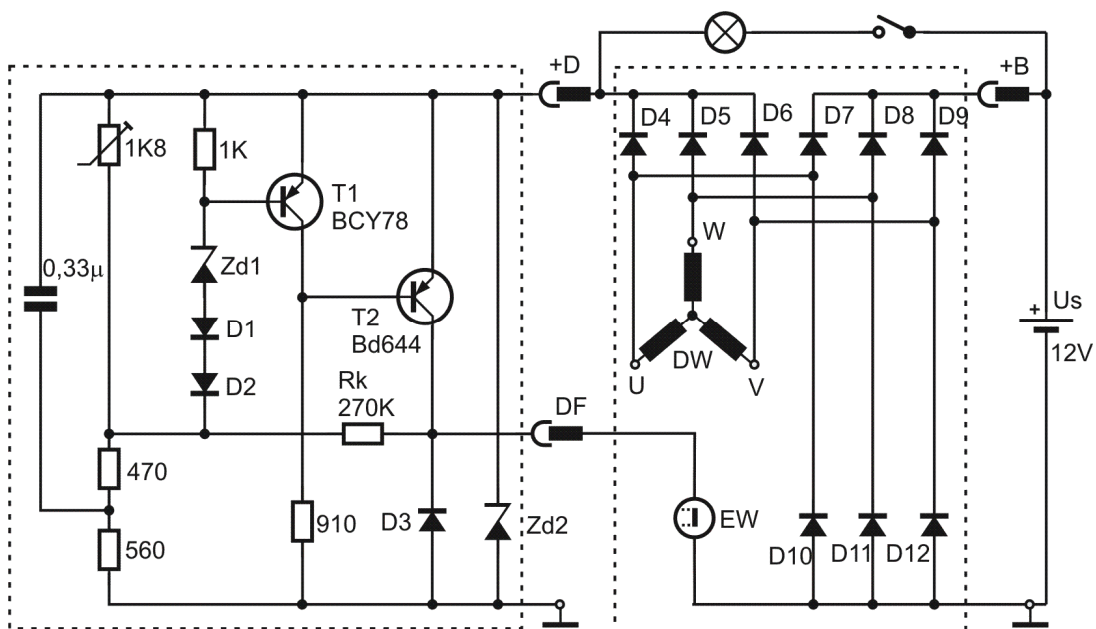


Figura 2.18: Skema elektrike qarkore për rregullimin e tensionit të alternator.

Parimi i punës është identik me atë tashmë të përshkruar në shembujt e mëparshëm. Këtu vërehet një diodë e fuqishme ZD2 me të cilën mbrohet çifti i transistorëve të Darlingtonit T2 nga paratensioni dhe kufizohet tensioni në rreth 39V i transistorit T2. Diodat D1 dhe D2 e plotësojnë veprimin e diodës zener me rënie të tensionit për rreth 1,7V.

Në të gjithë shembujt vërehet se rregullatori nuk duhet të punojë pa akumulator, si dhe të mos shkëputjen kabllot për lidhje me alternatorin, që të mos vijë deri te dëmtimi i diodave drejtuese në alternator nga kërcimet e mëdha të tensionit.

2.7.2. Indikatorit elektronik

Me këtë indikator-tregues fitohen tri nivele të tensionit me të cilat alarmohet se:

1. komponentët kryesorë të sistemit elektrik nuk janë në rregull;
2. tensioni i akumulatorit është i vogël;
3. tensioni i akumulatorit është në gjendje që t'i furnizojë sistemet në automobil.

Skema e indikatorit është dhënë në figurën 2.19.

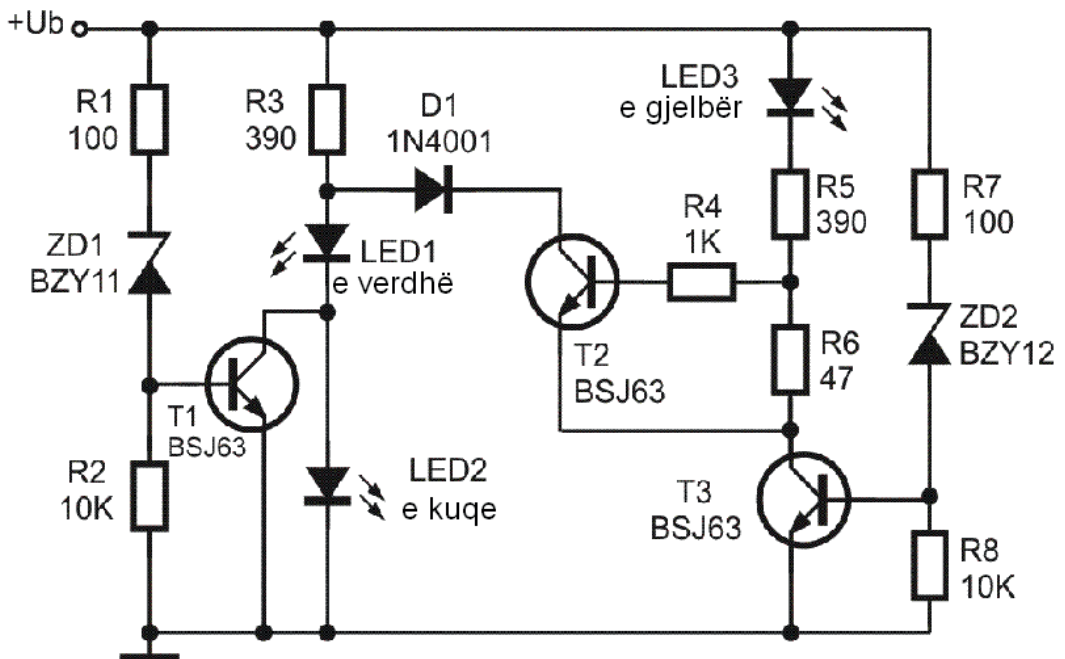


Figura 2.19: Skema elektrike e indikatorit elektronik.

Si indikator-tregues vizual përdoren tri LED dioda (e verdhë, e kuqe dhe e gjelbër). Kur ndriçojnë diodat LED e kuqe dhe e verdhë, tensioni i akumulatorit është më i vogël se 11,7V. Dioda LED e verdhë e aktivizuar regjistron brez prej 11,7 deri në 12,7V dhe vetëm dioda LED e gjelbër tregon se tensioni është 12,7V ose më i madh.

Kur tensioni i akumulatorit është më i vogël se 11,7V, të gjithë transistorët janë të bllokuar, kurse rryma rrjedh përmes rezistencës R3, LED1 dhe LED2. Në këtë mënyrë tregohet se akumulatori, rregullatori i tensionit, alternatori ose cilido qoftë kombinim i tyre, nuk funksionon.

Kur tensioni është në brezin 11,7 - 12,7V, transistorët T2 dhe D3 janë të bllokuar dhe dioda zener ZD1 fillon të përçojë, transistori T1 kalon në gjendjen e përçueshmërisë dhe krijon lidhje të shkurtër për diodën LED 2. Ngelet të ndriçojë vetëm dioda LED 1 (e verdhë) dhe tregon se tensioni i akumulatorit është nën 12,7V.

Kur tensioni shpejt e fiton vlerën prej 12,7V ose më të madhe, transistori T3 zhblokohet, kështu që rrjedh rryma në bazë përmes R7, diodën zener ZD2 dhe kalimin emiterial të transistorit. Me rrymën e kolektorit të T3 ndriçohet dioda LED 3, kurse në të njëjtën kohë dhe transistori T2 bëhet i përçueshëm me çka tejkalohet LED 2. Mbetet të ndriçojë vetëm dioda LED 3 që tregon se situata është normale.

VERIFIKIMI TEMATIK

I Pyetje me rrethim (Rretho përgjigjet e sakta)



1. Bartës kryesor të ngarkesës elektrike në transistorin-PNP janë:
 - a) elektronet
 - b) vrmat
 - c) donorët
 - d) akceptorët
2. Njësia matëse e parametrin h_{FE} është:
 - a) numër i paidentifikuar
 - b) A
 - c) V.
3. Bartës dytësor të ngarkesës elektrike në transistorin-PNP janë:
 - a) elektronet
 - b) vrmat
 - c) donorët
 - d) akceptorët
4. Varësia e rrymës I_C nga U_{CE} për rrymë I_B konstante te transistori në lidhje me emiter të përbashkët paraqitet me:
 - a) karakteristikën kalimtare
 - b) karakteristikën hyrëse
 - c) karakteristikën dalëse

Elektronika - pjesa e rregullt

5. Te transistori në lidhje baze të përbashkët rryma e hyrjes është:

- a) I_C
- b) I_B
- c) I_E .

6. Karakteristika dalëse e transistorit në lidhje me emiter të përbashkët është e përfaqësuar nga:

- a) $I_C = f(U_{CE})$ për $I_B = \text{const.}$
- b) $I_B = f(U_{BE})$ për $U_{CE} = \text{const.}$
- c) $U_{BE} = f(U_{CE})$ për $I_B = \text{const.}$

7. Gjeneratori i rrymës alternative e krijuar me përshtatje trefazore të statorit paraqet:

- a) diodë zener
- b) alternator
- c) akumulator

II Pyetje me lidhshmëri

8. Lidh simbolet elektrike me llojet e transistorëve:



a)

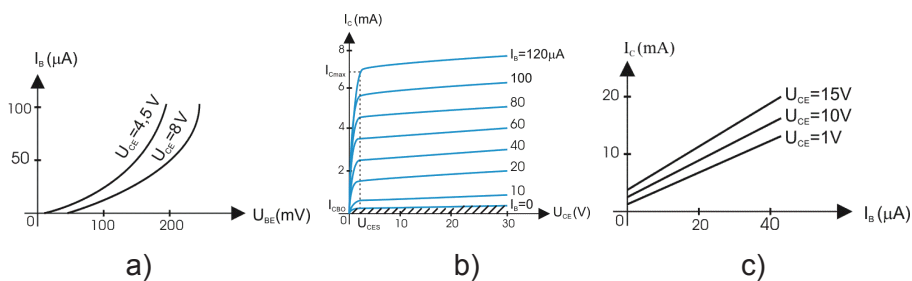


b)

1. Transistor - NPN _____

2. Transistor -PNP _____

9. Lidh grafikonët me llojet e karakteristikave statike të transistorit:



1. Karakteristika dalëse _____
2. Karakteristika hyrëse _____
3. Karakteristika kalimtare _____.

III Pyetje me plotësim

10. Me raportin e ndryshimit të rrymës së kolektorit ΔI_C dhe ndryshimin e rrymës së bazës ΔI_B definohet _____.

11. Gjatë polarizimit të transistorit, kalimi i emiterit duhet të jetë i polarizuar _____, kurse i kolektorit me polarizim _____.

12. Në transistorin në lidhje me emiter të përbashkët, me relacionin:

$I_C = f(U_{CE})$ për $I_B = \text{const.}$ definohet Karakteristika _____ e transistorit.

Elektronika - pjesa e rregullt

13. Faktori i përforcimit të rrymës β ose h_{FE} tregon sa herë rryma e _____ është më e madhe se rryma e _____.

14. Karakteristika e cila e jep ndryshimin e rrymës së bazës I_B në varësi nga ndryshimi i tensionit U_{BE} për vlera të ndryshme të tensionit U_{CE} në lidhjen me emiter të përbashkët quhet karakteristikë _____.

Ushtrime për mësim aktiv:

- ❖ Hulumto në internet për transistor-skema elektrike për realizim praktik.
- ❖ Përpuno projekt për zbatimin e transistorëve në industrinë automobilistike.

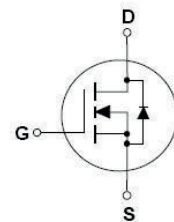
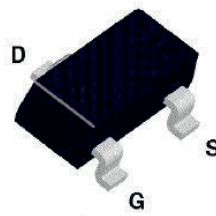
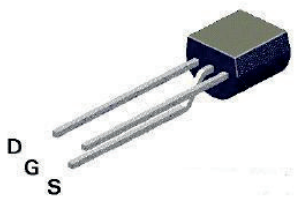


3.

TRANSISTORËT MOSFET

Duke studiuar përmbajtjen e kësaj teme, do të fitosh njohuri për transistorët MOSFET dhe do të mund:

- të shpjegosh parimin e punës së transistorit MOSFET;
- të njohësh funksionet dhe karakteristikat e MOSFET-it;
- të njohësh llojet e ndryshme të MOSFET-it;
- të kuptosh zbatimin e MOSFET-it në industrinë automobilistike.



Elektronika - pjesa e rregullt

Teoria e **transistorëve me efekt fushe** ose **FET** (**F**ield **E**ffect **T**ranzitor) është përpunuar mes viteve 1920 dhe 1930, që është shumë përpara zbulimit të transistorëve bipolar. Modeli i parë origjinal i FET kishte një pllakë alumini në të cilën ishin të vendosura dy pllaka gjysmëpërçuesish. Në anën tjetër të pllakave janë vendosur kontaktet metalike. Në mesin e pllakës së aluminit dhe kontaktit vendoset tension i cili formon fushë elektrike në sipërfaqen e gjysmëpërçuesit. Me këtë tension mundësohet kontrollimi i rrjedhës së rrymës elektrike mes kontakteve metalike. Teknologjia jo shumë e zhvilluar e pastrimit të materialeve gjysmëpërçuese pamundësoi që ideja të realizohet deri në fund.

Vetëm në vitin 1952 fizikani amerikan Uilliam Shokli (**William Shockley**) prezanton **FET** të bashkuar (**JFET – Junction Field Effect**), në të cilën pllaka e aluminit është zëvendësuar me kalimin-PN. Karakteristika kryesore e këtij transistori është rryma, e cila është e formuar vetëm nga një lloj i bartësve të ngarkesës. Prandaj, edhe për dallim nga transistorët bipolar, ato janë quajtur **unipolar**. Një ndryshim tjetër nga transistorët bipolar është edhe mënyra e kontrollimit të rrymës. Rryma dalëse në transistorin bipolar kontrollohet me rrymën hyrëse, kurse në transistorët unipolar me fushë elektrike, të krijuar me tensionin hyrës. Gjatë kësaj, rryma hyrëse ka intensitet shumë të vogël. Rezistenca hyrëse e transistorit unipolar është shumë e madhe, që do të thotë se ai kërkon fuqi shumë të vogël nga stadi i mëparshëm.

Ekzistojnë dy lloje të transistorëve unipolar: **FET me kalim** dhe **MOSFET** (**M**etal - **O**xide – **S**emiconductor **F**ET).

Transistorët me efekt fushe kanë disa veti që i bëjnë ata më superiorë ndaj transistorëve bipolar. Këto janë: rezistencë më të madhe hyrëse, zhurma më të vogla vetjake, dimensione më të vogla dhe procedura të thjeshta të prodhimit. Transistorë bipolar kanë përparësi në shpejtësi, si qarqe komutuese, dhe përforsim të tensionit më të madh, si stade dalëse.

MOSFET-i

Modeli më tepër i përdorur i transistorit me efekt fushe në sferën e qarqeve elektronike digjitale moderne ka strukturë të përbërë nga një lidhje metalike në fillim, dioksid silici në mes dhe gjysmëpërçues, zakonisht silic, në pjesën e poshtme, prej nga edhe e merr emrin **MOSFET** (**M**etal - **O**xide – **S**emiconductor **F**ET). Kështu ishte në fillim, kurse në strukturën moderne me teknologjitë e reja në vend të metalit në pjesën e sipërme aplikohet shtresë nga polisilici. Megjithatë, shenja e vjetër MOS vazhdon të përdoret edhe më tej.

MOSFET-ët mund të jetë me kanal-N ose me kanal-P dhe ata mund të jenë me kanal të induktuar ose inkorporuar, që do të shpjegohet më tej. Në analiza do të thirremi në llojin me kanal-N me kanal të induktuar, i cili është më i përdorshëm në praktikë. Llojet e tjera dhe strukturat e tyre do të kuptohen lehtë përmes rrugës së analogjisë.

3.1. Struktura dhe parimi i punës së MOSFET-it me kanal të induktuar

Struktura e MOSFET-i me kanal-N me kanal të induktuar është treguar në **figurën 3.1**. Baza ose trupi është nga gjysmëpërçues i silicit i llojit P, me numër të vogël të primesave akceptore me trashësi prej disa qindra μm . Me procesin teknologjik, të quajtur tërheqje, në sipërfaqen e sipërme të bazës formohet shtresë e hollë e izoluesit nga dioksid-silici (qelqi) me trashësi prej rreth $0,1 \mu\text{m}$. Pa marrë parasysh trashësinë e vogël, vetitë izoluese të dioksid-silicit janë shumë të mira dhe rezistenca e kësaj shtrese është e madhe.

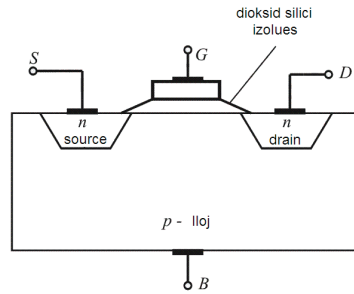


Figura 3.1: Struktura e MOSFET-it me kanal-N.

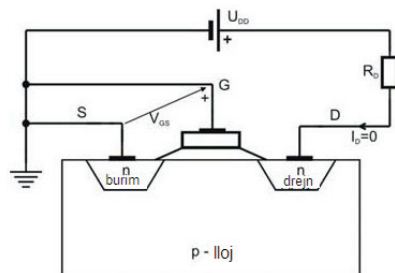
Me procedurën e mëtejme, në sipërfaqen e sipërme të bazës, të mbuluar me shtresë izoluese, hapen dy “dritare” në një distancë rreth 10 μm dhe në to futen primesa të donorëve. Në këtë mënyrë formohen dy rajone të llojit-N me koncentrim të madh të donorëve në thellësi prej disa μm , të destinuara për burimin dhe drejnin. Mbi këto zona vendoset një shtresë e hollë prej metali për lidhjet elektrike të burim dhe drejnit.

Në sipërfaqen e shtresës izoluese, duke mbuluar hapësirën në mes burimit dhe drejnit, vendoset shtresë metalike për daljen e gejtit. Baza, gjithashtu, ka kontaktin e saj elektrik, të shënuar me B. Për shumicën e qarqeve digjitale, kjo dalje është e lidhur për burimin dhe detyra e saj është të izolojë njërin transistor nga tjetri kur janë në të njëjtin çip të silicit. Përveç këtij lloji me tri dalje, hasen edhe transistorë me katër dalje, ku dalja B shërben si gejt i dytë.

Në këtë strukturë nuk ka të ndërtuar kanal mes burimit dhe drejnit. Në rrugën mes tyre qëndrojnë dy kalim-PN, të kthyer në drejtime të kundërta njëri kah tjetri. Njëri kalim-PN është mes burimit dhe bazës, kurse tjetri mes bazës dhe drenit.

Siç shihet nga **figura 3.1**, është formuar struktura e kondensatorit, e përbërë nga lidhja e gejtit dhe bazës, si pllaka dhe shtresa e oksidit, si dielektrik.

Figura 3.2: Sjellja e MOSFET-it me kanal-N në $U_{GS} = 0$



Tani do të vendosim strukturën e figurës 3.1 në qarkun e **figurës 3.2** në përpjekje për të zhvendosur elektronet nga burimi drejt drejnit. Tensioni mes gejtit dhe burimit është vendosur në zero me lidhje të shkurtër të gejtit dhe burimit. Në këtë gjendje nuk ekziston mënyrë për të rrjedhur rryma mes drejnit dhe burimit për shkak të ekzistimit të dy kalimeve-PN, të cilat veprojnë si dy dioda me drejtime të kundërta të lidhura në seri. Kur drejti është me potencial pozitiv në raport me burimin, mes tyre rrjedh vetëm rryma inverse e njërit kalim-PN dhe ajo është më e vogël se 1nA. Ky lloj i MOSFET-it është quajtur jopërçues normal.

Megjithatë, në qoftë se vendoset tension i madh pozitiv i mjaftueshëm në gejt ($U_{GS} > U_T$) (**figura 3.3**), rryma do të rrjedhë në qarkun mes drejnit dhe burimit.

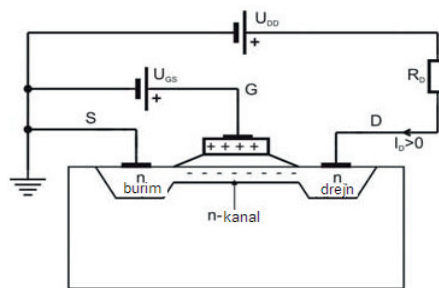


Figura 3.3: Formimi i kanalit të induktuar.

Rryma nuk do të rrjedhë përmes daljes së gejtit pasi që ai është totalisht i izoluar elektrikisht nga pjesa tjetër.

Që të kuptohet se çfarë ndodh, do të thirremi në strukturën e përshkruar më parë të kondensatorit. Tensioni pozitiv i vendosur në gejt do të shkaktojë mbushjen e atij kondensatori, i cili është ekuivalent me grumbullimin e ngarkesave pozitive në gejt dhe tërheqja e po atë, por me shenjë të kundërt ngarkesa elektrike në pllakën kundrejt, gjegjësisht në brezin e bazës mes drejnit dhe burimit. Ai brez pasurohet me elektrone, boshatiset nga vrmat dhe nga gjysmëpërçues i llojit-P kalon në gjysmëpërçues të llojit-N dhe kështu formohet kanali. Ky parim i punës e përcakton MOSFET-in me kanal të induktuar me procedurën e “pasurimit”.

Simboli elektrik i këtij lloji MOSFET-i është treguar në **figurën 3.4 (a)**.

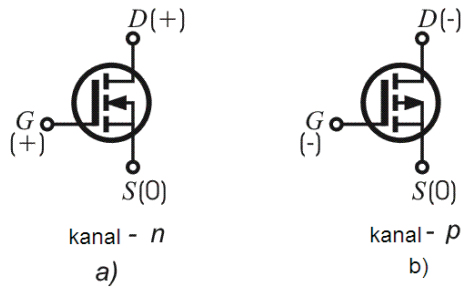


Figura 3.4: Simboli elektrik i MOSFET-it me kanal të induktuar në regjimin e pasurimit.

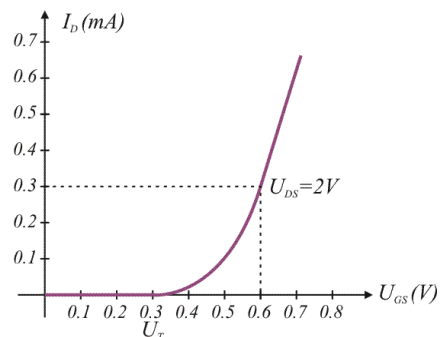
MOSFET-i me kanal-P është komplement i saktë i MOSFET-it me kanal-N, i cili tashmë është analizuar. Ai formohet me futjen e dy zonave të llojit-P në bazën e llojit-N dhe me shtresë izoluese okside përballë gejtit. Sa për krahasim, struktura e tij është treguar në **figurën 3.4(b)**. Të gjitha tensionet dhe rryma janë me polaritet të kundërt në krahasim me MOSFET-in me kanal-N, kurse analiza mbetet e pandryshuar, me atë që bartës të ngarkesës janë vrimat.

3.2. Karakteristikat statike të MOSFET-it me kanal të induktuar

Nga karakteristikat statike të MOSFET-it me kanal të induktuar në regjimin e "pasurimit", më e rëndësishme është vetëm karakteristika kalimtare dhe dalëse.

Varësia e rrymës së drejnit I_D nga tensioni mes gejtit dhe portës është dhënë me **karakteristikën kalimtare** në **figurën 3.5**.

Figura 3.5: Karakteristika kalimtare statike e MOSFET-it



Për tensionin $U_{GS}=0$, nuk ka rrymë në qarkun drejn-burim. Me zmadhimin e tensionit U_{GS} është e nevojshme ai të arrijë vlerë të caktuar, që rryma I_D të mund të fillojë të rrjedh. Ajo rritet linearisht me rritjen e tensionit pozitiv të gejtit, sepse kanali gjithnjë e më tepër pasurohet me bartës shumicë të ngarkesës dhe rezistenca e tij zvogëlohet. Ky tension quhet **tensioni i pragut** (U_T) dhe për MOSFET-ët e kohës së sotme të këtij lloji lëviz në brezin 0,3 deri 0,8 V.

Karakteristika dalëse $I_D = f(U_{DS})$ për $U_{GS} = \text{const}$, me drejtëz pune të futur është paraqitur në **figurën 3.6**. Vërehet se lakorja për $U_{GS} = 0$ nuk është futur, ajo përputhet me boshtin e abshisë. MOSFET-i me kanal të induktuar përçon rrymë vetëm kur $U_{GS} > U_T$.

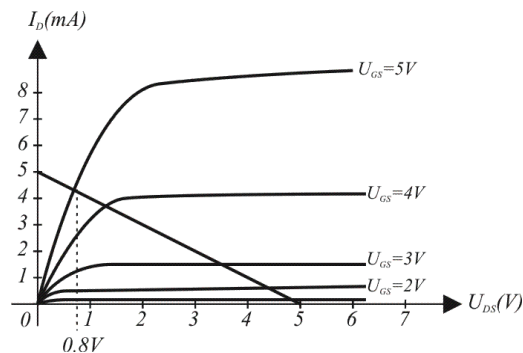


Figura 3.6: Karakteristika dalëse statike e MOSFET-it me kanal të induktuar

3.3. MOSFET-i me kanal të ndërtuar

Struktura e këtij lloji të MOSFET-it ndryshon me atë që rajoni i kanalit përçues ndërtohet me shtimin e primesave në zonën nën gejt gjatë kohës së ndërtimit të tij. Kanali i lidh rajonet e burimit dhe drejnit dhe ekziston pa marrë parasysh se çfarë është polarizimi i transistorit (**figura 3.7**).

Elektronika - pjesa e rregullt

Kur ky transistor vendoset në qark, si në figurën 3.3, në qark do të rrjedhë rryma edhe në tensionin $U_{GS} = 0$. Intensiteti i asaj rryme varet nga tensioni U_{DS} dhe nga rezistenca e kanalit.

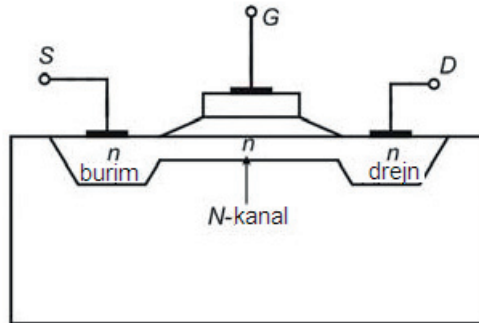


Figura 3.7: Struktura e MOSFET me kanal të ndërtuar.

Për tensione pozitive të gejtit në raport me burimin, në qark krijohen kushte të tilla që të rrjedhë rryma, ashtu siç është përshkruar tashmë te MOSFET-i me kanal të induktuar. Me rritjen e tensionit pozitiv U_{GS} , pasurohet kanali me elektrone të lira, rritet përçueshmëria e kanalit dhe me këtë edhe intensiteti i rrymës së drejtit I_D . Në këtë rast, MOSFET-i punon në regjimin e “pasurimit”.

Për vlera negative të tensionit të gejtit, sipas parimit të mbushjes së kondensatorit, në kanal grumbullohen vrime, që është ekuivalente me zbrazjen e kanalit nga elektronet. Me këtë zvogëlohet përçueshmëria e kanalit dhe rryma e drejtit I_D . Në vlera më të larta të tensionit negativ të gejtit kanali aq boshatiset nga elektronet sa që rryma ndalon të rrjedhë.

Karakteristika dalëse e MOSFET-it me kanal të ndërtuar është dhënë në **figurën 3.8**, kurse **kalimtare** në **figurën 3.9**. Nga karakteristikat mund të shihet se për $U_{GS}=0$ rrjedh rrymë e konsiderueshme I_D dhe se ky transistor punon sikurse në regjimin e "pasurimit", ashtu edhe në regjimin e "varfërimit".

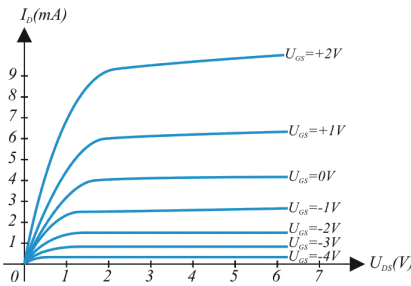


Figura 3.8: Karakteristika dalje e MOSFET me kanal të ndërtuar

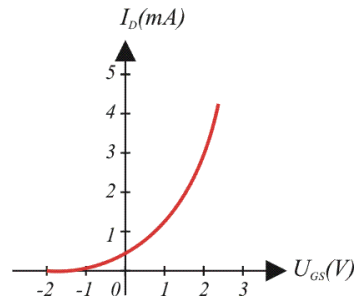


Figura 3.9: Karakteristika kalimtare e MOSFET me kanal të ndërtuar

Simbolet elektrike të MOSFET-it me kanal të ndërtuar janë dhënë në figurën 3.10.

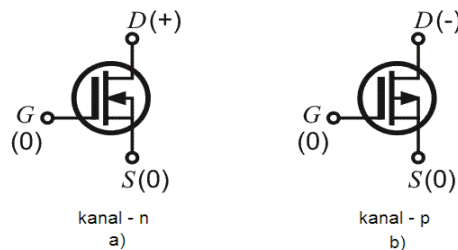


Figura 3.10: Simbolet elektrike të MOSFET-ëve me kanal të ndërtuar.

Ky lloj i MOSFET-it është më i komplikuar për t'u përpunuar, për shkak të hapave shtesë për formimin e rajonit të kanalit. Kjo e bën atë më të shtrenjtë dhe përdorimi i tij është i kufizuar në disa qarqe të veçanta.

KONTROLLONI DITURINË TUAJ

1. Cilat lloje të MOSFET-ve ekzistojnë?
2. Sqaro procesin e formimit të kanalit të induktuar me procedurën e pasurimit në MOSFET-it.
3. Vizato shenjat skematike të llojeve të MOSFET-ve.
4. Cilat janë karakteristikat statike më të rëndësishme të MOSFET-ëve?
5. Në çfarë tensione U_{GS} , MOSFET me kanal të induktuar përçon rrymë?
6. Cili është dallimi mes MOSFET dhe kanal të induktuar dhe kanal të ndërtuar?
7. A rrjedh rryma nëpër MOSFET me kanal të ndërtuar për $U_{GS} = 0$?

MOS HARRO SE...!

- * MOSFET-i është një FET teknologjikisht i avancuar me zbatim të dyoksidit metal-silic.
- * Për MOSFET me kanal të induktuar, kanali në të cilin rrjedh rryma formohet me polarizim të MOSFET-it.
- * Te MOSFET-i me kanal të ndërtuar, kanali formohet gjatë kohës së prodhimit të MOSFET-it.
- * Në qarkun e gejtit nuk rrjedh rryma, rezistenca hyrës është pafundësisht e madhe.
- * Varësia e rrymës së drejnit I_D nga tensioni mes gejtit dhe burimit është dhënë me karakteristikën kalimtare: $I_D=f(U_{GS})$ për $U_{DS}=\text{const}$.
- * Karakteristika dalëse është varësi e rrymës së drejnit I_D nga tensioni mes drejnit dhe burimit : $I_D=f(U_{DS})$ për $U_{GS}=\text{const}$.

3.4. Zbatimi i MOSFET-it në industrinë automobilistike

- Ndrichiimi i brendshëm i automobilit

Në figurën 3.11 është dhënë skema elektrike e qarkut me MOSFET për ndaljen graduale të ndrichiimit të brendshëm.

Çelësi, i cili është i vendosur në derë, e lidh telin e dritës me masën, gjegjësisht me konstruktin metalik e automobilit. Me hapjen e derës mbyllet çelësi dhe ndizet drita. Me ndërtimin këtij qarku, çelësi duhet të lidhet me bazën e transistorit T1, kurse teli i dritës në drejtin e transistorit T2. Në pikën e përbashkët të rezistencave R1 dhe R3 duhet të vendoset tension prej +12V, të cilin kjo pikë e ka vazhdimisht, kurse pika M të lidhet me konstruktin metalik të automobilit.

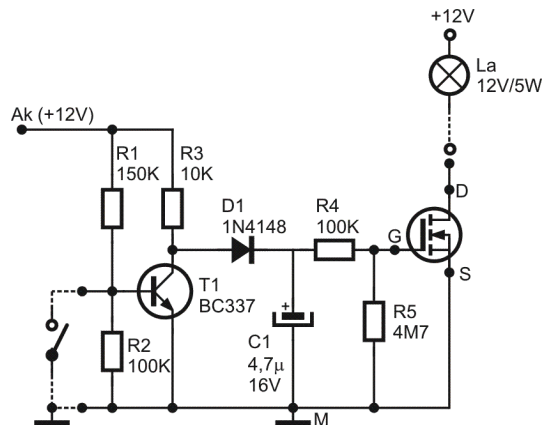


Figura 3.11: Skema elektrike e qarkut me MOSFET për ndalje graduale të dritës së brendshme.

Kur do të hapet dera çelësi mbyllet, baza e transistorit T1 lidhet me masën dhe transistori T2 nuk do të përçojë, pasi nuk rrjedh rryma e tij e bazës. Kondensatori C1 fillon shpejt të mbushet përmes R3 dhe D1, deri në momentin kur arrihet tensioni me të cilin polarizohet transistori T2 të bëhet i përçueshëm, me çka kyçet drita. Kur dera mbyllet, çelësi hapet, transistori T1 bëhet i përçueshëm, kurse kondensatori C1 shkarkohet përmes R4 dhe R5, por me shpejtësi shumë më të vogël. Në momentin kur potenciali i gejit të transistorit T2 do të bjerë nën pragun e mbajtjes së transistorit T2 në gjendjen e përçueshmërisë, T2 bllokohet dhe drita shkyçet.

Koha e mbajtjes së dritës mund të ndërrohet me ndryshimin e vlerave të R5 dhe C1. Transistori T2 mund të jetë cilido lloj MOSFET me kanal-N, i cili mund të durojë tension U_{DS} më të madh se 50V dhe rrymë prej 12 A, me çka ka rezistencë $R_{DS}=0,12 \Omega$ mes drejnit dhe burimit.

VERIFIKIMI TEMATIK

I Pyetje me rrethim (Rretho përgjigjet e sakta)



1. Bartës të ngarkesës në MOSFET-in me kanal-P janë:

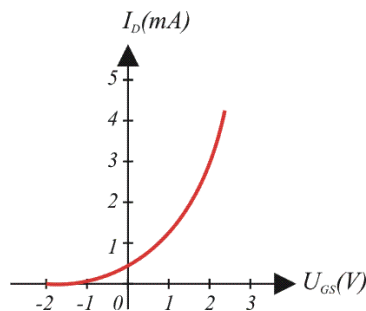
- a) elektronet
- b) vrimat
- c) protonet

2. Me relacionin a) $I_D = f(U_{GS})$ për $U_{DS} = \text{const.}$, është dhënë:

- c) karakteristikën dalëse
- a) karakteristikën kalimtare

karakteristika statike e MOSFET-it me burim të përbashkët.

3. Në figurë është dhënë karakteristika statike e MOSFET-it:



- a) karakteristika dalëse me kanal të ndërtuar
- b) karakteristika kalimtare me kanal të induktuar
- c) karakteristika dalëse me kanal të induktuar
- d) karakteristika kalimtare me kanal të ndërtuar

4. Varësia e rrymës I_D nga tensioni U_{DS} për tension U_{GS} konstant tek MOSFET-i me burim të përbashkët paraqet:

- a) karakteristikën kalimtare
- b) karakteristikën hyrëse
- c) karakteristikën dalëse

II Pyetje me lidhshmëri

5. Lidh simbolet elektrike me llojet e transistorëve:



a)



b)



c)



d)

- 1. MOSFET me kanal-N me kanal të induktuar _____
- 2. MOSFET me kanal-P me kanal të induktuar _____
- 3. MOSFET me kanal-N me kanal të ndërtuar _____
- 4. MOSFET me kanal-P me kanal të ndërtuar _____

6. Lidh gjendjen e MOSFET-it me kushtin:

- 1. Çelës i mbyllur
- 2. Çelës i hapur

a) $U_{GS} \ll U_T$ _____.

b) $U_{GS} \gg U_T$ _____.

III Pyetje me plotësim

7. Për $U_{DS} > (U_{GS} - U_T)$ MOSFET-ti punon në regjimin _____.
8. Me relacionin $I_D = f(U_{DS})$ për $U_{GS} = \text{const.}$ është e definuar karakteristika _____ e MOSFET-it në lidhje me burim të përbashkët.
9. Në MOSFET-in me kanal të induktuar, kanali në të cilin rrjedh rryma formohet _____.
10. Në MOSFET-in me kanal të ndërtuar, kanali formohet _____.

Ushtrime për mësim aktiv:

- Hulumto në internet për MOSFET-ët - skema elektrike për realizim praktik.
- Përpuno projekt për zbatimin e MOSFET-ëve në industrinë automobilistike.

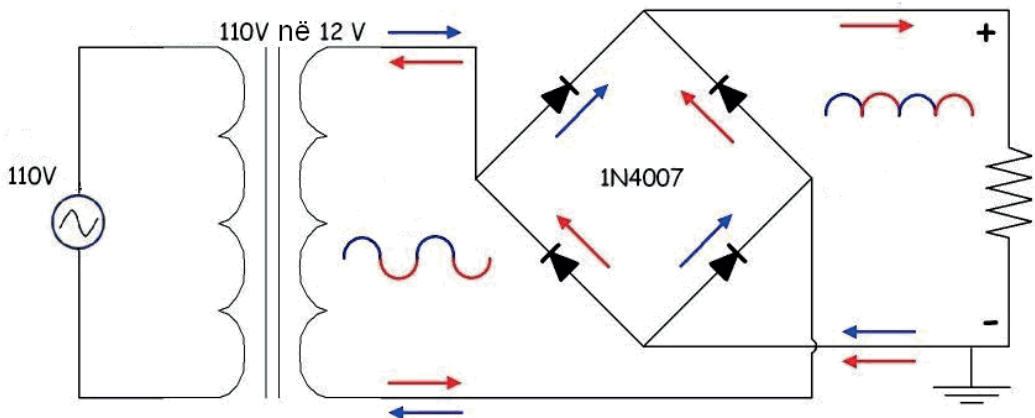


4.

QARQET THEMELORE TË RRYMËS DHE ZBATIMI I ELEMENTEVE GJYSMËPËRÇUESE NË QARQET E RRYMËS

Duke studiuar përmbajtjet e kësaj teme do të fitosh njohuri bazë për qarqet e rrymës, zbatimin e tyre dhe do të mund:

- të sqarosh qarqet themelore të rrymës me dioda drejtuese – radrizator.
- të dallosh lloje të drejtuesve.
- të njohësh qarqet themelore të rrymës me transistor tek automjetet.



Elektronika - pjesa e rregullt

Për funksionimin e pajisjeve elektronike janë të nevojshme tensione të vazhduara të ushqimit. Tensionet e vazhduara fitohen nga pajisje të quajtura burime të ushqimit (furnizimit). Deri tani përdorim më masiv kanë pajisjet e furnizimit nga rrjeti i qytetit i tensionit alternativ, i cili është në dispozicion pothuajse në çdo hap. Tensioni i rrjetit të qytetit, në rastin më të mirë, te ne është 220V - 240V.

Në **figurën 4.1** është dhënë bllok-skema e një pajisjeje komplekse për furnizim nga rrjeti i tensionit alternativ me zbatim të transformatorit të rrjetit. Me këtë pajisje realizohen tri funksione kryesore: ndryshimi i tensionit të rrjetit me transformator, drejtimi dhe stabilizimi i tensionit të daljes.



Figura 4.1: Bllok-skema e burimit të ushqimit nga tensioni i rrjetit.

Me transformator të rrjetit zvogëlohet, kurse më rrallë rritet, vlera e tensionit të rrjetit e cila i përgjigjet vlerës së duhur të tensionit në dalje. Transformatori ka një dalje primare dhe një ose më shumë dalje sekondare, nga të cilat fitohen tensione të ndryshme sekondare.

Tensionet sekondare fitohen si produkt i tensionit primar dhe në raportin e transformimit

$$n = \frac{N_{SEK}}{N_{PRIM}}$$

Transformatori ka edhe një detyrë, e ajo është të bëjë ndarjen galvanike mes pajisjes që furnizohet dhe rrjetit.

Tensioni sekondar është alternativ dhe ai me bllokun e drejtimit drejtohet dhe bëhet i vazhduar. Kështu tensioni i vazhduar i marrë menjëherë nuk mund të përdoret si tension për furnizim, ai paraprakisht duhet të filtrohet me qark filtrues. Ky tension quhet tension i pastabilizuar i furnizimit. Shumë pajisje elektronike kërkojnë që tensioni i furnizimit të ketë vlerë konstante dhe për këtë qëllim përdoret qark për stabilizim.

4.1. Drejtuesi (radrizatori) gjysmëvalor

Drejtuesit shërbejnë për transformimin e energjisë elektrike alternative njëfazore ose trefazore në të vazhduar-njëkahëshe. Parimi i drejtimit mund të shikohet përmes shembullit të drejtuesit të thjeshtë gjysmëvalor njëfazor.

Drejtimi gjysmëvalor është proces më i thjeshtë me të cilin tensioni alternativ shndërrohet në të vazhduar. Kjo realizohet me qark në të cilin një diodë drejtuese e lëshon vetëm njërën gjysmëperiodë të tensionit alternativ, kurse gjysmëperiodën tjetër e bllokon.

Qarku i drejtuesit gjysmë-valor është dhënë në **figurën 4.2**.

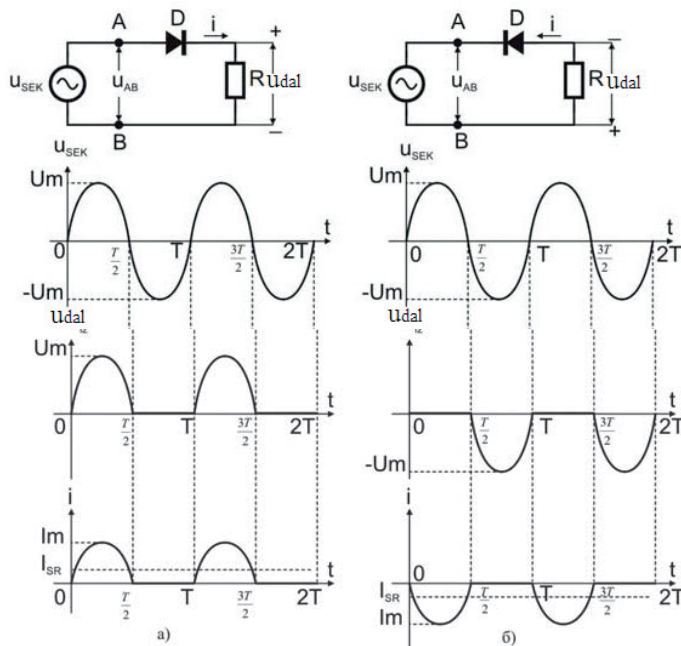


Figura 4.2: Drejtues gjysmëvalor.

Në këtë skemë tensioni i sekondarit është treguar me shenjë skematike të burimit të thjeshtë të tensionit alternativ. Për qarkun nën a), kur pika A është në potencial më të lartë nga pika B, e kjo është gjatë kohës së gjysmëperiodës pozitive të tensionit alternativ, dioda është e polarizuar direkt dhe nëpër rezistencën R rrjedh rryma në drejtimin, siç është treguar në skemë.

Elektronika - pjesa e rregullt

Për këtë shembull, rryma e ka të njëjtën formë me tensionin u_{dal} . Gjatë kohës së gjysmëperiodës negative, pika A është në potencial më të ulët nga pika B (figura 4.2 b), kurse dioda është e polarizuar invers dhe nëpër rezistencën R nuk rrjedh rrymë. Në qark, në kohëzgjatjen e një periode, rrjedh njëfarë rryme e vazhduar me vlerë mesatare, e cila llogaritet sipas:

$$I_{MES} = \frac{I_m}{\pi} = 0.32I_m \quad (4.1)$$

ku I_m është amplituda e rrymës, kurse tensioni i vazhduar sipas:

$$U_{DAL} = \frac{U_m}{\pi} \quad (4.2)$$

ku U_m është amplituda e tensionit alternativ të sekondarit.

Kjo rrymë mund të paraqiten sikur të jetë e përbërë nga një komponent i vazhduar I_{MES} dhe nga më tepër komponentë harmonik, nga të cilët i pari ka amplitudë më të madhe. Raporti i këtyre dy komponentëve e përcakton **koeficientin valor (të pulsimit)** si masë për kualitetin e pajisjes për furnizim. Për drejtues të mirë, koeficienti valor duhet sa më i vogël që të jetë e mundur.

Drejtuesi gjysmëvalor ka koeficient valor 1,21 dhe rrymë mesatare të vogël, gjë që e bën drejtues të klasës më të ulët. Rryma mesatare, si komponent i vazhduar, e magnetizon bërthamën e transformatorit dhe e çon në ngopje, me çka zmadhohen humbjet në hekur.

4.2. Drejtuesi i valës së plotë

Drejtuesi i valës së plotë mund të bëhet në dy variante: me 2 dioda drejtuese dhe me 4 dioda drejtuese mes tyre të lidhura në konfiguracionin e urës, të njohur si **lidhja e Grecit**. Në **figurën 6.3** është treguar drejtuesi i valës së plotë me 2 dioda. Për këtë konfiguracion përdoret transformator me sekondar i cili ka dalje të mesme B, të lidhur në masën. Tensionet sekondare U_{AB} dhe U_{CB} kanë amplituda të njëjta dhe faza të kundërta, kështu që kur në pikën A është

gjysmëperioda pozitive, në të njëjtën kohë, në pikën C kemi gjysmëperiodën negative të tensionit alternativ të sekondarit.

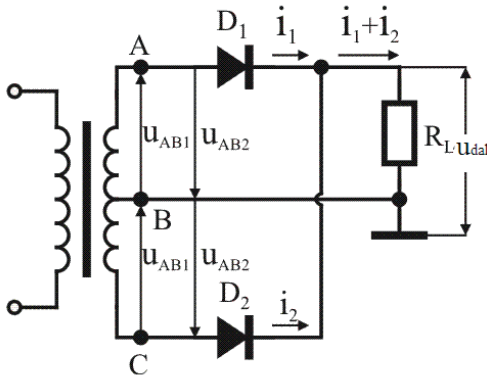


Figura 4.3: Drejtuesi i valës së plotë me dy dioda.

Gjatë kohës së gjysmëperiodës pozitive të tensionit U_{AB} , dioda D_1 është e polarizuar direkt dhe përçon rrymën i_1 përmes rezistencës R_L . Në të njëjtën kohë, në pikën C është gjysmëperioda negative e tensionit U_{CB} , për të cilën dioda D_2 është me polarizim invers dhe rryma i_2 është zero. Në gjysmëperiodën e ardhshme situata ndryshon, kështu që në pikën A kemi gjysmëperiodë negative dhe diodën D_1 me polarizim invers, kurse në pikën C gjysmëperiodën pozitive dhe diodën D_2 me polarizim direkt me rrymë i_2 e cila rrjedh në rezistencën R_L . Të dy rrymat i_1 dhe i_2 rrjedhin në drejtimin e njëjtë, secila në çdo gjysmëperiodë (figura 4.4).

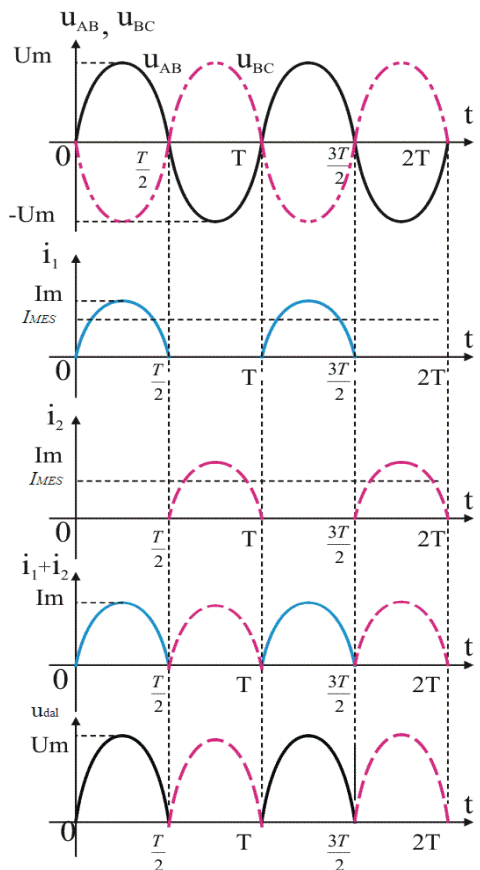


Figura 4.4: Format valore të drejtuesit të valës së plotë.

Elektronika - pjesa e rregullt

Rryma e plotë në kohëzgjatjen prej një periode e tensionit alternativ, është:

$$i = i_1 + i_2, \dots \dots \dots (4.3)$$

kurse vlera mesatare është:

$$I_{mes} = \frac{2I_m}{\pi} = 0,64I_m \dots \dots \dots (4.4)$$

Kjo rrymë është dy herë më e madhe se rryma mesatare e drejtuesit gjysmëvalor, që do të thotë se ka edhe koeficient valor më të mirë, i cili është 0,48.

Këto karakteristika tregojnë se drejtuesi i valës së plotë është shumë më i mirë nga ai gjysmëvalor, me atë dallim që përdor sekondar diç më të shtrenjtë me dalje të mesme. Por, përsëri, transformatori nuk ka "rrjedhje - të kotë", në sekondarin e transformatorit rrjedh rryma në të dy gjysmëperiodat edhe atë në kahe të kundërta, me çka bërthama e transformatorit magnetizohet me njërën dhe demagnetizohet me rrymën tjetër gjatë secilës periodë të tensionit. Në këtë mënyrë zvogëlohen humbjet në hekurin dhe për fuqi të njëjtë ky transformator ka dimensione më të vogla dhe peshë në krahasim me transformatorin e drejtuesit gjysmëmalor.

Varianti i dytë i drejtuesit të valës së plotë me 4 dioda është treguar në **figurën 4.5**.

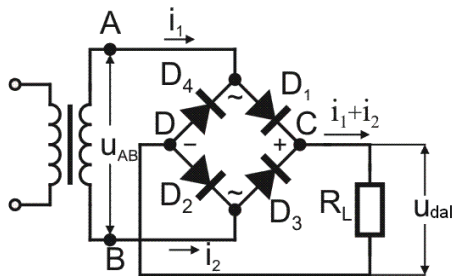


Figura 4.5: Drejtuesi i valës së plotë me katër dioda.

Përparësia e këtij drejtuesi është në atë që ka vetëm një sekondar. Diodat janë të lidhura në urë, me çka në njërën diagonale të urës lidhen skajet e sekondarit të transformatorit, kurse në diagonalen tjetër rezistenca e ngarkesës R_L .

Qarqet themelore të rrymës dhe zbatimi

Gjatë kohës së gjysmëperiodës pozitive në pikën A, dioda D1 është e polarizuar direkt dhe përçon rrymë i_1 në njërin skaj të rezistencës R_L . Qarku i rrymës mbyllet përmes rezistencës R_L dhe diodës D2, e cila gjithashtu, është e polarizuar direkt. Dy diodat tjera janë me polarizim invers.

Gjatë kohës së gjysmëperiodës negative në pikën A, diodat D3 dhe D4 janë me polarizim direkt dhe në qark rrjedh rryma i_2 , kurse diodat D1 dhe D2 janë me polarizim invers.

Rryma nëpër ngarkesën R_L është shumë e rrymës i_1 dhe i_2 , dhe ajo ekziston gjatë gjithë periodës së tensionit alternativ. Grafiku i rrymës nëpër ngarkesë është i njëjtë si në figurën 4.5, kurse e njëjtë është edhe vlera mesatare e saj dhe koeficienti valor, sikur te drejtuesi me dy dioda.

Konfiguracioni i urës së diodave është i njohur si lidhje e Grecit dhe ai vendoset në një shtëpizë me katër dalje: dy të shënuara me shenjën " \sim ", kurse dy të tjerat me "+" dhe "-". Në dalje të shenjës " \sim " lidhet tensioni alternativ, kurse mes daljeve me shenjat "+" dhe "-" fitohet tensioni i vazhduar.

KONTROLLONI DITURINË TUAJ

1. Cila janë funksionet kryesore të pajisjeve për furnizim nga rrjeti me tension alternativ?
2. Cila është detyra e transformatorit të rrjetit?
3. Vizato drejtues gjysmëvalor dhe sqaro parimin e punës së tij.
4. Defino termin "koeficient valore (të pulsimit)".
5. Sa është vlera e koeficientit valor te drejtuesi gjysmëvalor, e sa te ai i valës së plotë.
6. Vizato lidhjen e Grecit dhe shpjego se si funksionon.
7. Cila është përparësia e drejtuesit të valës së plotë me katër dioda në krahasim me drejtuesin e valës së plotë me dy dioda?

MOS HARRO SE...!

- * Drejtimi gjysmëvalor bëhet me një diodë drejtuese;
- * Drejtimi i valës së plotë bëhet me dy ose katër dioda drejtuese në lidhjen e Grecit;
- * Me drejtimin e valës së plotë fitohet shfrytëzim më i mirë i transformatorit dhe koeficient valor më i vogël;
- * Drejtuesi gjysmëmalor e ka koeficientin valor 1,21;
- * Drejtuesi i valës së plotë e ka koeficientin valor 0,48.

4.3. Drejtuesit shumëfazor

Drejtesit njëfazor të valës së plotë nuk mund të japin tension më të lartë se 63,7% e amplitudës së tensionit të hyrjes. Gjithashtu, për shkak të koeficientit të dobishëm - rendimentit relativisht të ulët dhe koeficientit valor të madh, këta drejtues përdoren në kushtet e fuqisë relativisht të vogël, deri në 15 kW. Për punë me fuqi më të madhe përdoren drejtuesit tre e më tepër fazor, të cilët mund të ndërtohen si qarqe me dalje të mesme ose si ura drejtuese.

Në **figurën 4.6** tregohet skema parimore e drejtuesit shumëfazor me dalje të mesme, ndërsa diagramet përkatëse janë dhënë në **figurën 4.7**.

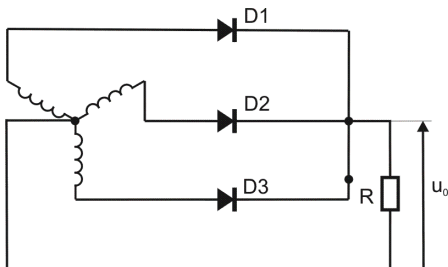


Figura 4.6: Drejtuesi shumëfazor me dalje të mesme

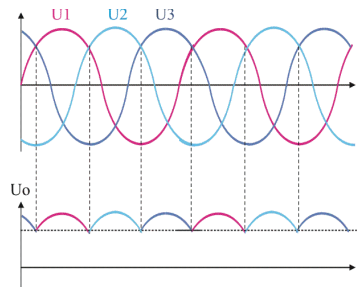


Figura 4.7: Forma valore e drejtuesit shumëfazor

Vera mesatare e rrymës nëpër një rënë diodë do të jetë 3 herë më e vogël se mesatarja e rrymës nëpër ngarkesë dhe përcaktohet nga raporti:

$$I_{D(1)} = \text{Im} \frac{1}{\pi} \sin \frac{\pi}{3} \dots \dots \dots (4.5)$$

Njëri nga problemet kryesore që paraqitet në drejtuesit trefazor me dalje të mesme është që nëpër çdo mbështjellëse të transformatorit rryma rrjedh vetëm nëpër njërin drejtim. Përmirësimi i karakteristikave arrihet edhe me lidhjen e drejtuesve trefazor të lidhur në urë. Në këtë rast, rryma rrjedh përmes mbështjellësve në të dy drejtimet. Në pajtim me këtë, do të zvogëlohet koeficienti valor, kurse do të zmadhohet vlera e vazhduar e tensionit të daljes. Megjithatë, diodat do të përçojnë 1/3 nga perioda e tensionit të hyrjes.

Struktura e thjeshtuar e drejtuesit trefazor në formë ure është paraqitur në figurën 4.8.

Figura 4.8: Drejtuesi trefazor urë.

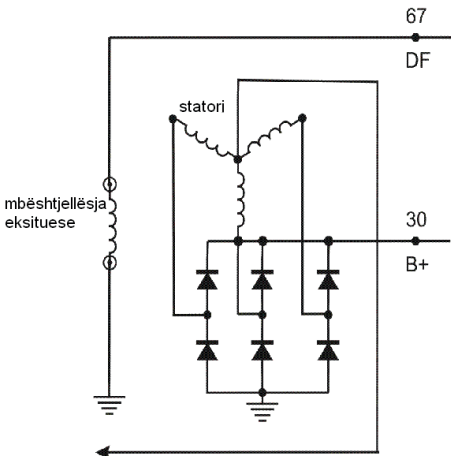
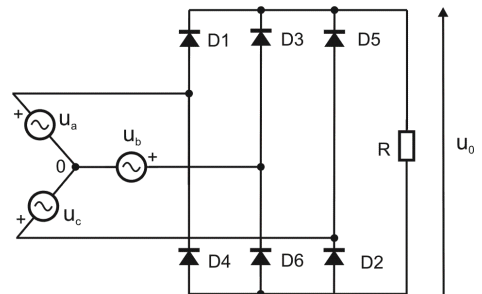


Figura 4.9: Skema elektrike e alternatorit.

Sistemi trefazor tek automjetet është zbatuar te alternatori. Alternatori përmban mbështjellëse trefazore, mbështjellëse ndihmëse dhe drejtues trefazor.

Skema e tij është dhënë në figurën 4.9.

MOS HARRO SE...!

- * Për të punuar me fuqi më të mëdha se 15 kW përdoren drejtues tre e më tepër fazor, të cilët mund të ndërtohen si qarqe me dalje të mesme ose si drejtues urë;
- * Në sistemet trefazore zvogëlohet koeficienti valor, kurse zmadhohet vlera e vazhduar e tensionit të daljes;
- * Sistemi trefazor në automjete është zbatuar tek alternatori.

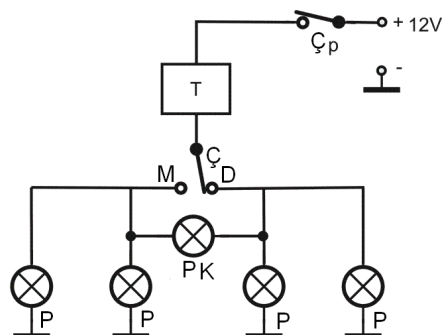
4.4. Qarqet themelore të rrymës me transistor në automjete

Në mesin e qarqeve themelore të rrymës përfshihen dritat për sinjalizim me transistor dhe ndriçimi i brendshëm i vonuar.

4.4.1. Dritat për tregimin e drejtimit të lëvizjes - sinjalizuesit

Skema themelore e dritave për tregimin e drejtimit të lëvizjes është e përbërë nga të gjitha dritat për tregimin e drejtimit (nga dy për secilën anë të automjetit), komutator për zgjedhjen e dritës së majtë apo djathtë, pjesë elektronike për fitimin e taktit të dritës dhe çelës për ndezjen dhe ndaljen e këtyre dritave (Figura 4.10).

Figura 4.10: Skema elektrike e dritave sinjalizuese.



Automati klasik, i bërë me pjesë bimetalike është zëvendësuar me një automat elektronik. Koha e sinjalizimit është zakonisht 0,3 deri 0,6 sekonda. Një variant i ndërtimit të automatit elektronik për sinjalizim është dhënë në **figurën 4.11**.

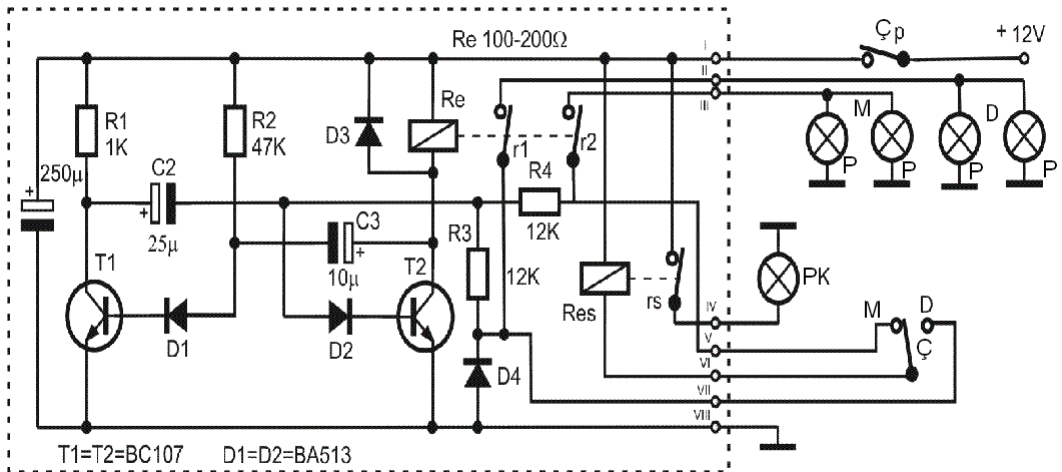


Figura 4.11: Automati elektronik për sinjalizues.

Qarku është i përbërë nga multivibratori jostabil me të cilin aktivizohet releja Re. Kontaktet e punës r1 dhe r2 të kësaj releje i kyçin dritat e sinjalizuesve. Për dritë kontrolluese është vendosur rele tjetër Res, kontakti i saj rs e kyç poçin kontrollues me të cilin kontrollohet gjendja e gjithë sistemit për sinjalizim.

Me kyçjen e ndërprerësit Ç të çelësit të kontaktit, mbyllet qarku R2, D1 dhe kalimi i emiterit të transistorit T1 edhe ai bëhet i përçueshëm. Tash boshatiset edhe kondensatori C2 përmes transistorit T1, R3 dhe D4, kurse C3 mbushet përmes mbështjellësve të rele së prej +12V. Transistori T2 është i bllokuar.

Duke e zhvendosur çelësin Ç për drejtimin e lëvizjes në D (djathtas) ose M (majtas) mbushet kondensatori C2 përmes R3, gjegjësisht R4. Rritja e tensionit të C2 e bën të përçueshëm transistorin T2, rryma e kolektorit e T2 e aktivizon relenë Re, mbyllet kontaktet e punës r1 dhe r2 dhe ndizet sinjalizuesi i djathtë ose majtë.

Elektronika - pjesa e rregullt

Derisa transistori T2 është në zonën e ngopjes, tensioni i tij bie në vlerë të vogël. Kjo rënie bartet përmes C3 dhe D1 në bazën e transistorit T1 dhe e bllokton. Tash mbushet kondensatori C3 përmes T2 dhe R2 në drejtimin e kundërt, e cila shkakton, pas një vonese prej 0,5 sek, ndryshimin e gjendjeve të transistorëve T1 dhe T2. Transistori T1 bëhet i përçueshëm, kurse T2 i bllokuar, releja Re shkyçet dhe poçi i sinjalizuesit ndalet. Pastaj ky cikël përsëritet në të njëjtën mënyrë.

Roli i diodave D1 dhe D2 është të kufizojnë tensionet e bazave të transistorëve T1 dhe T2, kurse dioda D3 i zbut kërcimet e induktuara të tensionit në mbështjellëset e recesë Re në momentin e shkyçjes. Kontaktet r1 dhe r2 duhet të dimensionohen për rryma e deri në 3 A.

Në qoftë se digjet poçi i njërit sinjalizues, rryma nëpër relenë Res zvogëlohet dhe releja Res nuk aktivizohet, kurse poçi kontrollues nuk do të ndizet.

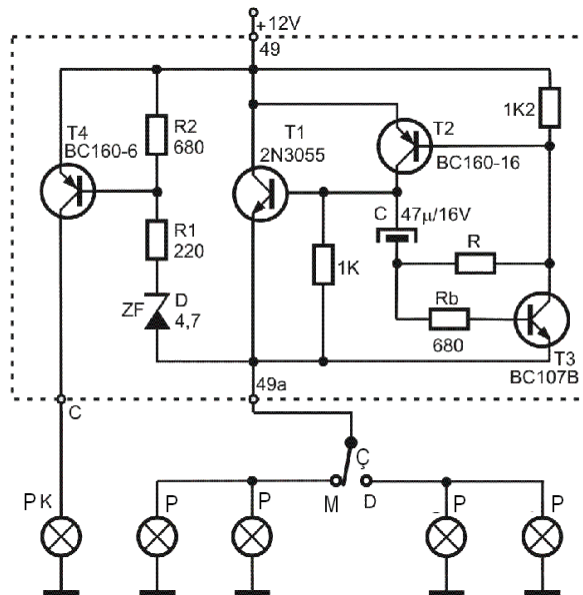


Figura 4.11: Skema elektrike e sinjalizuesit pa rele.

Në variantin tjetër kemi sinjalizues pa rele (Figura 4.11a), i përbërë nga multivibratori jostabil me transistor komplementar T2, T3 dhe me transistor të fuqishëm komutues T1 të llojit 2N3055 dhe me transistor T4 për poç të kontrollit. Bashkimi i lidhjes së preferuar bëhet përmes tri vendeve komutuese: 49 për +12 V, 49a për çelësin për përcaktimin e drejtimin të lëvizjes dhe C për lidhjen e poçit kontrollues. Këto etiketa janë të caktuara me standardet për shënimin e vendeve bashkuese për automjetet motorike.

Kur çelësi për drejtim Ç është në pozitën e mesit, nuk punon multivibratori, sepse qarku nuk mbyllet me masën. Nëse çelësi hidhet në njërin nga dy pozicionet, fitohet kjo lidhje me masën (poli minus i akumulatorit) përmes poçave të sinjalizuesit.

Multivibratori punon me një frekuencë prej 1,5 Hz, e përcaktuar nga vlerat e rezistencave R dhe Rb dhe nga kapaciteti i kondensatorit C. Me vlerën e Rb përcaktohet koha e ndriçimit të poçave, kurse me Ra koha e pauzës.

Transistori T1 kyçet në taktin e njëjtë me sinjalizimin e dritave dhe e kyç poçin e kontrollit. Poçi i kontrollit punon gjatë kohës së pauzës kur nuk ndriçojnë dritat P. Kjo dritë vetëm tregon se pjesa elektronike e sinjalizuesit punon dhe nuk mund të jap informacion nëse ndonjëra nga dritat është djegur.

4.4.2. Ndriçimi i vonuar i brendshëm në automjete

Skema elektrike e qarkut me transistorë bipolar për shuarjen graduale të dritave të brendshme në automjete është dhënë në **figurën 4.12**.

Drita e brendshme kyçet kur dera është e hapur dhe çelësi i derës është i mbyllur. Rryma e bazës e transistorit T1 rrjedh nëpër rezistencat R5, R2 dhe kalimin bazë-emiter të transistorit T1. Transistori T1 bëhet i përçueshëm dhe mundëson rrjedhjen e rrymës në transistorin T2 kështu që ai bëhet i përçueshëm me çka shkakton rrjedhjen e rrymës së bazës të transistorit T3.

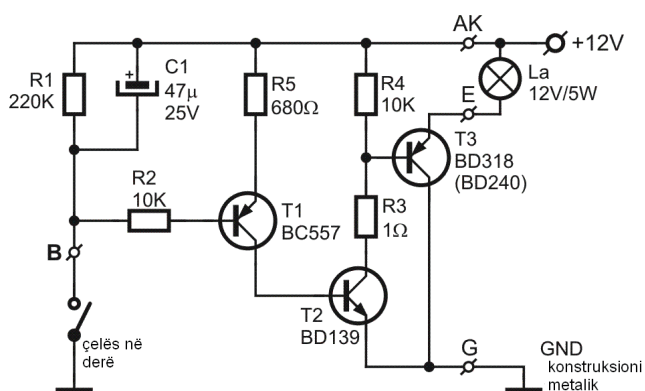


Figura 4.12: Qarku me transistorë bipolar për shuarjen graduale të ndriçimit të brendshëm në automjete.

Elektronika - pjesa e rregullt

Krijohen kushte që edhe transistori T3 të bëhet i përçueshëm, kurse poçi të ndriçojë. Në të njëjtën kohë mbushet edhe kondensatori C1 në një tension prej +12V. Me mbylljen e derës hapet çelësi i derës dhe kondensatori fillon gradualisht të shkarkohet nëpër lidhjes paralele të rezistencës R1 me qarkun R2, R5, kalimi bazë-emiter të transistorit T1, kështu që tensioni i bazës së transistorit T1 rritet ngadalë dhe në një moment të caktuar e bllokon transistorin T1. Me bllokimin e transistorit T1 bllokohen edhe transistorët T2 dhe T3 dhe ndalet drita. Në kohën prej 30 sec. nga mbyllja e derës, poçi ndriçon me gjithë forcën, pastaj ngadalë errësohet dhe pas një minute rryma nëpër poç bëhet zero.

KONTROLLONI DITURINË TUAJ

1. Analizo formën valore të tensionit në drejtuesin njëfazor dhe trefazor.
2. Vizato skemën themelore të dritave për tregimin e drejtimit të lëvizjes.
3. Shpjegoje parimin e funksionimit të automatit elektronik për sinjalizuesit.
4. Shpjegoje parimin e shuarjes graduale të ndriçimit të brendshëm në automjete.

VERIFIKIMI TEMATIK



I Pyetje me rrethim

(Rretho përgjigjet e sakta)

1. Me relacionin $I_{MES} = \frac{I_m}{\pi} = 0.32I_m$ përcaktohet vlera mesatare e rrymës së

vazhduar të fituar me:

- a) drejtues gjysmëvalor
- b) drejtues të valës së plotë
- c) drejtues shumëfazor.

2. Për punë me fuqi më të madhe se 15 kW përdoret:

- a) drejtues gjysmëvalor
- b) drejtues të valës së plotë
- c) drejtues shumëfazor.

II Pyetje me lidhshmëri

3. Lidh drejtuesin me madhësinë e faktorit valor:

- 1. Drejtues gjysmëvalor _____ a) 1,21
- 2. Drejtues i valës së plotë me dy dioda _____ b) 0,48
- 3. Ura e Grecit _____

4. Lidh sipas renditjes stadet nga bllok skema e burimit të ushqimit:

- 1. Stadi I a) Filtër _____
- 2. Stadi II b) Drejtues _____
- 3. Stadi III c) Stabilizator tensioni _____

Elektronika - pjesa e rregullt

5. Lidh relacionin për përcaktimin e vlerës mesatare të rrymës së vazhduar me drejtuesin.

$$1. I_{MES} = 3 \operatorname{Im} \frac{1}{\pi} \sin \frac{\pi}{3}$$

a) Drejtues gjysmëvalor

$$2. I_{MES} = \frac{I_m}{\pi} = 0,32 I_m$$

b) drejtues i valës së plotë

$$3. I_{MES} = \frac{2I_m}{\pi} = 0,64 I_m$$

c) drejtues trefazor.

III Pyetje me plotësimin

6. Masë për kualitetin e pajisjes së furnizimit është madhësia e _____.

7. Transformatori i rretës në burimet e furnizimit përveç rolit të transformimit të tensionit kanë edhe rolin e _____.

8. Pajisje për furnizim, e përbërë nga transformatori, drejtuesi dhe filtri paraqet _____.

9. Sistemi trefazor tek automobilat është zbatuar në _____.

Ushtrime për mësim aktiv:

- ❖ Hulumto në internet për drejtuesit gjysmëvalor dhe të valës së plotë - skema elektrike për realizim praktik.
- ❖ Përpuno projekt për zbatimin e qarqeve të rrymës me transistor në industrinë automobilistike.



5.

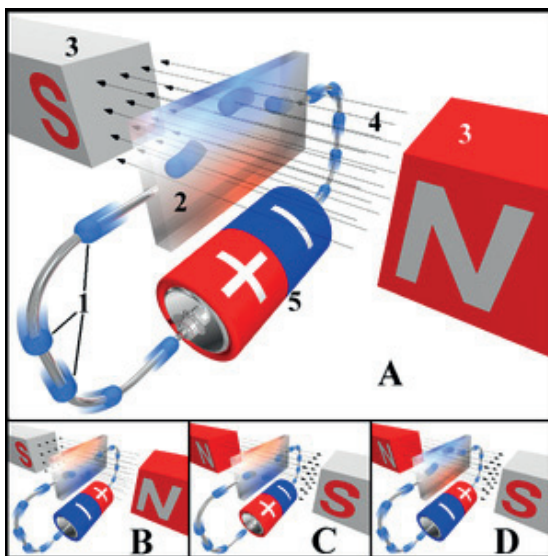
ELEMENTET E VEÇANTA GJYSMËPËRÇUESE

Duke studiuar përmbajtjen e kësaj teme do të fitosh njohuri themelore për strukturën, karakteristikat dhe zbatimin e elementeve të veçanta gjysmëpërçuese dhe do të mund:

- të njohësh karakteristikat teknike të komponentëve të varur nga fusha magnetike;
- të përshkruash funksionin e komponentëve të varur nga fusha magnetike;
- të dish karakteristikat teknike dhe të përshkruash funksionin e komponentëve optoelektronik;
- të njohësh karakteristikat teknike dhe funksionin e qarqeve të integruara (përforcuesve operacional);
- të shpjegosh procedurën për matjen e elementeve të veçanta gjysmëpërçuese.

5.1. Komponentët e varur nga fusha magnetike

Në përçuesin elektrik në të cilin rrjedh rryma elektrike, gjithashtu, është i vendosur në mënyrë transversale në raport me rrjedhën e rrymës elektrike krijohet ndryshim i caktuar i tensionit. Ky fenomen është i njohur si efekti Hall (emrin sipas Edwin Hall) (**Figura 5.1**).



1. Elektronet
2. Elementi i Hallit
ose senzor Hall
3. Magneti
4. Fusha magnetike
5. Burimi i ushqimit

Figura 5.1: Efekti Hall.

Në figurën A shihet efekti i Hall-it, brenda kur ngarkesat negative drejtohen drejt anës së sipërme (të shënuar me ngjyrë blu) kurse pozitivet drejt anës së poshtme (të shënuar me ngjyrë të kuqe).

Në figurat B dhe C janë treguar pasojat e ndryshimit të polarizimit të fushës magnetike, ose burim të rrymës, për shkak të së cilës ndryshon polarizimi dhe drejtimi i lëvizjes së ngarkesave. Ndryshimi i njëkohshëm i polaritetit të fushës magnetike (i paraqitur në figurën D) çon në të njëjtën situatë si në figurën A.

Fusha magnetike vepron me forcë të caktuar mbi bartësit e ngarkesës elektrike, kështu që i detyron të grumbullohen në njërin anë të përçuesit. Në anë e kundërt grumbullohen ngarkesat me polaritet të kundërt. Rezultat i veprimit të tillë

është shpërndarja asimetrike e densitetit të ngarkesave përgjatë elementit të Hallit, transversal me vijat e fushës magnetike. Në këtë mënyrë krijohet fushë elektrike e cila e kundërshton lëvizjen e ngarkesave të ardhshme dhe potencialit elektrik që ekziston për sa kohë që ekziston fusha magnetike. Ky fenomen përdoret për ndërtimin e sensorëve me të cilët matet shpejtësia lineare dhe rrotulluese, rrjedhja e lëngjeve, sensorëve për rrymën dhe presionin. Këta sensorë japin sinjale digjitale ose analoge.

Sensorët digjital janë të vendosur në afërsi të ingranazheve (mekanizma dhëmbëzorë), ashtu që çdo dhëmbëz gjeneron një impuls. Sensorët analog japin sinjal proporcional me intensitetin e fushës magnetike. Kur ne kemi një magnet të luhatshëm në dalje të sensorit fitohet sinjal linear me intensitet proporcional me ndryshimin e poleve të magnetit.

5.2. Elementet fotoelektrike

Elementet fotoelektrike janë elemente, vetitë elektrike të të cilëve varen nga ndryshimet e energjisë së rrezatimit të dritës.

5.2.1. Fotodiodat

Fotodioda, si edhe fotodetektorët tjerë, kanë detyrë të shndërrojnë rrezatimin e dritës në sinjal elektrik. Në rastin ideal, sinjali elektrik duhet të jetë proporcional me intensitetin e dritës e cila bie në diodë. Njëri prej përdorimeve kryesore është celulat solare (diellore). Si materiale për përpunimin e fotodiodave zakonisht përdoret silici ose arsenid galiumi (GaAs), indium-antimonidi (InSb), indium-arsenidi (InAs), selenidi i plumbit (PbSe) dhe sulfati i plumbit (PbS). Këto materiale absorbojnë dritën e një brezi të caktuar të gjatësisë valore, për shembull, nga 250nm deri në 1100nm për silicin, prej 800nm deri në 2 μ m për galiumarsenidin.

Elektronika – pjesa e rregullt

Modeli dhe simboli elektrik i fotodiodës janë dhënë në **figurën 5.2**.

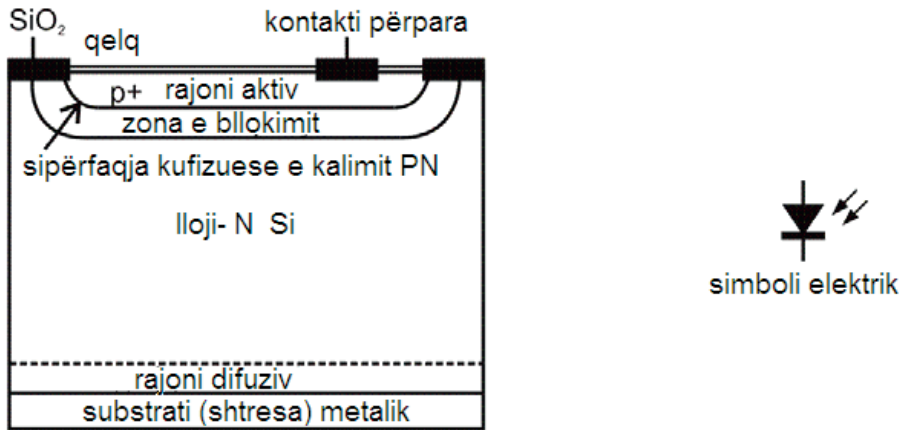


Figura 5.2: Modeli dhe simboli elektrik i fotodiodës.

Një foton i dritës së absorbuar krijon një elektron dhe një vrimë. Në qoftë se ato ndahen, para se të kenë mundësi të rikombinohen dhe të fillojnë të lëvizin në drejtime të kundërta, do të fitohet rrymë elektrike, e quajtur foto-rrymë, kurse në lidhjet e jashtme tension, i quajtur foto-tension.

Fotodioda pa polarizim të jashtëm

Në fotodiodat pa polarizim të jashtëm drita futet në element përmes një shtrese të hollë të llojit-P. Ashtu siç futet më thellë në material intensiteti i saj zvogëlohet edhe atë sipas ligjit eksponencial. Fotoni i dritës, i cili është futur në barrierë, krijon elektron të lirë dhe vrimë. Elektroni dhe vrima bien nën ndikimin e fushës të brendshme elektrike të kalimit dhe kalojnë nëpër kalim. Elektronet dhe vrimat e krijuara jashtë barrierës lëvizin në mënyrë kaotike, shumë prej tyre hyjnë në barrierë, ndërsa të tjerat rikombinohen dhe humben pa arritur në të. Sa më i madh të jetë numri i elektroneve dhe vrimave në barrierë, e kjo do të thotë se intensiteti i dritës që bie mbi diodë është më i madh, aq më e madhe është edhe fotorryma.

Gjerësia e barrierës mund të rritet me nivelin e primesave të futura në gjysmëpërçues. Dioda e këtij lloji punon në regjimin e fototensionit, ajo paraqet burim të fototensionit dhe fotorrymës pa ndihmën e burimit të jashtëm të ushqimit. Dioda të tilla përdoren në fotoaparate për matjen e ndriçimit të objektit që incizohet dhe në celula solare (diellore).

Fotodiodat me burim të jashtëm për polarizim

Megjithatë, mënyrë më e lehtë për zgjerimin e zonës është duke zbatuar polarizim të jashtëm. Këtu dioda punon në regjimin e fotopërçueshmërisë me ndihmën e burimit të jashtëm të ushqimit. Fotodioda punon në regjimin me polarizim invers. Kur fotodioda nuk është e ndriçuar, në qark rrjedh vetëm rryma inverse e diodës, e quajtur rryma në errësi.

Fotorryma e diodës ndryshon nga vlera e rrymës në errësi (dioda e pandriçuar) deri në vlerën e ndriçimit maksimal. Karakteristika e saj e varësisë së rrymës nga tensioni i polarizimit për nivele të ndryshme të ndriçimit është dhënë në **figurën 5.3**.

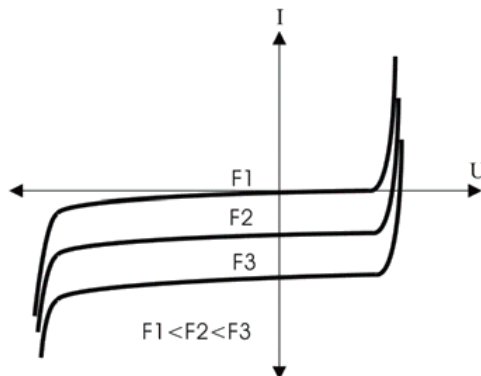


Figura 5.3: Karakteristika rrymë-tension e fotodiodës.

Fotodiodat zakonisht hasen në sistemet e alarmeve.

5.2.2. Fototransistorët

Fototransistori është një transistor bipolar me rrymë kolektori proporcionale me fluksin e dritës, që bie në sipërfaqen e kalimit të kolektorit. Specifika e saj është në atë se në anën e sipërme ka shtresë dritëlëshuese (transparente), në të cilën mund të ndërtohet edhe thjerrëz (shirit) me qëllim të rritjes së ndjeshmërisë.

Karakteristika e ndjeshmërisë relative të fototransistorit, e definuar si raport i fotorrymës I_ϕ për çfarëdo lloj të gjatësisë valore të dritës kundrejt vlerës maksimale $I_{\phi\max}$ është dhënë në **figurën 5.4**. Ajo tregon se si fototransistori reagon në dritën me gjatësi të ndryshme valore.

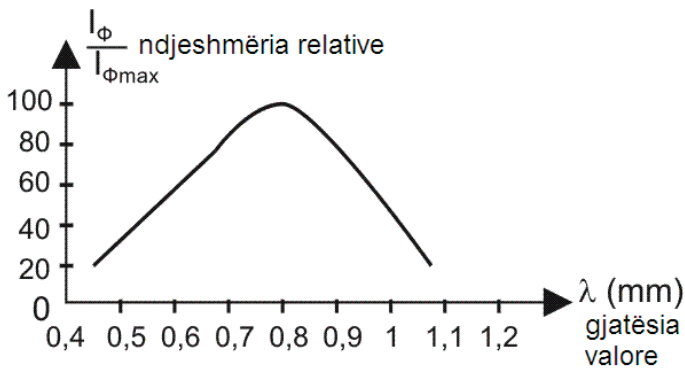


Figura 5.4: Karakteristika e ndjeshmërisë relative të fototransistorit.

Çfarëdo lloj transistori i fuqishëm bipolar me shtëpizë metalike mund të bëhet të jetë fototransistor, nëse i prehet pjesa e sipërme e shtëpizës dhe ashtu i hapur i ekspozohet dritës së diellit ose dritës së zjarrit të hapur. Drita bie në kalimin-PN të kolektorit, i cili është i polarizuar invers dhe ka gjerësi më të madhe.

Mënyra e lidhjes së fototransistorit në qarkun elektrik është paraqitur në **figurën 5.5**.

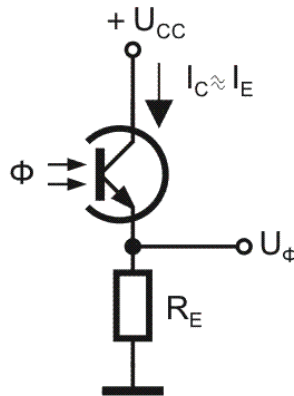


Figura 5.5: Fototransistori në qarkun elektrik.

Kolektori është i lidhur në skajin pozitiv të burimit U_{CC} , emiteri përmes rezistencës R_E në skajin negativ, kurse baza është e lidhur në qarkun e jashtëm, ajo është e lirë. Për këtë mënyrë të polarizimit, zona e bllokimit e kalimit të kolektorit është shumë më e gjerë se ajo e kalimit të emiterit. Me dritën, çiftet e krijuara elektron-vmirë në zonën e bllokimit në kalimin e kolektorit ndahen, elektronet drejtohen kah kolektori, kurse vmirat kah emiteri. Lëvizja e tyre paraqet fotorrymën, e cila në rezistencën R_E krijon fototension dalës. Fotorryma I_ϕ është e përbërë nga dy komponentë: njëri është rezultat i dritës që bie në fototransistor, kurse tjetri është rryma inverse I_{CE} nga kolektori drejt emiterit. Kur transistori nuk është i ndriçuar, do të rrjedhë vetëm rryma inverse dhe ajo e paraqet rrymën e “errësirës”. Vlerat tipike të saj sillen rreth 10nA dhe ajo rritet me rritjen e temperaturës.

Lidhja fizike e bazës mund të mbetet e lirë, por mund të shfrytëzohet edhe për polarizim që të fitohet nivel stabil i sinjalit.

Fototransistorët zakonisht përdoren në qarqet komutuese, ku jolineariteti i tyre nuk krijon probleme.

5.2.3. Optokapleri

Për krijimin e elementeve të reja elektronike shpesh praktikohet teknika e kombinimit të elementeve themelore, tashmë ekzistuese. Kombinimi i diodës LED

Elektronika – pjesa e rregullt

me fototransistor jep një element të ri, të quajtur optokapler ose optoizolator, i cili mundëson transmetimin e sinjaleve ndërmjet sistemeve që nuk kanë lidhje galvanike. Ka shumë situata kur në një mënyrë efikase duhet të transmetohet sinjal me të dhëna nga një sistem në tjetrin duke përdorur element i cili nuk do të krijojë lidhje direkte “omike” ose galenike. Kjo ndodh kur burimi i sinjalit dhe qarku i cili duhet ta pranojë janë të nivele shumë të ndryshme të tensionit. I tillë është shembulli i transferimit të të dhënave nga mikroprocesori, i cili punon me tension të vazhduar pre 5V, por i cili komandon me triakun e lidhur në tension alternativ prej 220V. Mes mikroprocesorit dhe triakut nuk duhet të ketë një lidhje të tillë që të mbrohet mikroprocesori nga dëmtimi.

Situatë tjetër është kur burimi i sinjalit është i larguar nga qarku për pranimin dhe mes tyre ekziston lidhje kabllorike (për shembull, telefax ose modem). Në këtë shembull ekziston edhe dallim në potencialin e tokëzimit, si dhe zhurmë e mbledhur gjatë transmetimit dhe deformime tensioni nga shkarkimet elektrike dhe goditje nga rrufeja.

Njëra nga mundësitë është të përdoret rele elektromagnetike, por sado që të jetë në miniaturë ajo megjithatë është e madhe në krahasim me elementet e tjera elektronike. Nga ana tjetër, ai është element elektromekanik që ka një shpejtësi të vogël dhe siguri të pamjaftueshme në punë.

Mundësi tjetër është zbatimi i transformatorit, por edhe ai ka mangësi të ngjashme si edhe releja.

Ndërtimin dhe parimi i punës së optokaplerit

Këto mangësi mënjanohe duke zbatuar optokaplerin. Puna e tyre bazohet në parimin e zbulimit të dritës së emetuar. Në optokapler përdoret rreze drite nga dioda LED për transmetimin e sinjalit ose të dhënave deri te fototransistori, me çka arrihet izolim i jashtëzakonshëm.

Rrezet e dritës të diodës LED e ndryshon intensitetin nën ndikimin e sinjalit hyrës, kurse fototransistori e detekton këtë ndryshim dhe e shndërron përsëri në sinjal elektrik.

Optokapleri është një kombinim i diodës LED si transmetues optik dhe fototransistorit si marrës optik. Ato janë të ndarë me barrierë të tejdukshme ose transparente me të cilën bllokohet çdo lloj e rrjedhjes së rrymës elektrike mes tyre, kurse mundësohet kalimi i rrezeve të dritës nga transmetuesi kah marrësi. E gjithë kjo është e vendosur në shtëpizë të qarkut të integruar me 6 ose 8 dalje dhe në këtë mënyrë është i mbrojtur nga ndikimi i dritës së jashtme të ambientit.

Simboli elektrik i optokaplerit është dhënë në **figurën 5.6**.

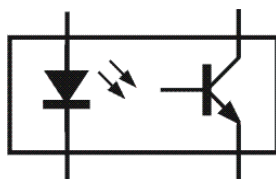


Figura 5.6: Simboli elektrik i optokaplerit.

Lidhjet e LED realizohen në një anë, kurse të fototransistorit në anën tjetër të qarkut të integruar. Me këtë rritet ndarja fizike në masë më të madhe dhe mundësohet që optokapleri të përballojë dallime nga 500 deri 7500V. Në vend të pranuesit mund të përdoret fotodiode, fototransistor, çift fototransistorësh në lidhjen e Darlingtonit, portë logjike ose diak me aktivizim drite. Simbolet e këtyre kombinimeve janë dhënë në **figurën 5.7**.

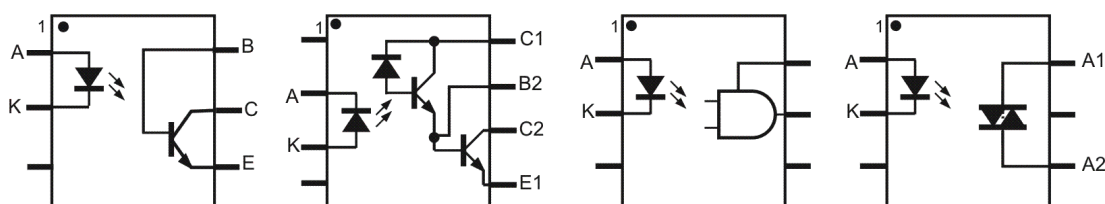


Figura 5.7: Simbole elektrike të disa llojeve të optokaplerëve.

Optokapleri përdor parimin komutues të punës. Ai mund të punojë me të dhëna digjitale dhe sinjale komanduese, kurse për transmetimin e sinjaleve analoge përdoret modulimi në gjerësi i frekuencave apo impulseve.

Elektronika – pjesa e rregullt

Dioda LED e optokaplerit lidhet përmes transistorit ose përmes portës logjike, si në **figurën 5.8**.

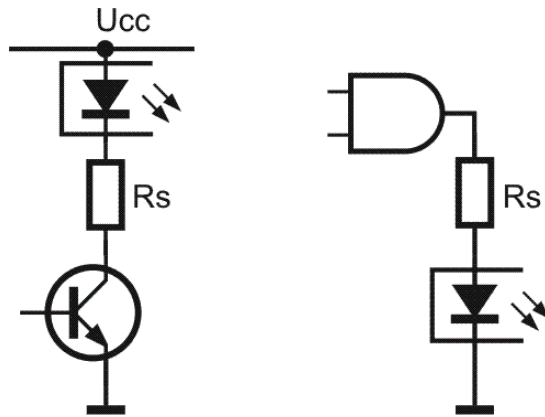


Figura 5.8: Lidhja e hyrjes së optokaplerit.

Ajo mund të jetë përçuese për nivele logjike të ulëta ose larta. Me rezistencën serike R_s përcaktohet niveli i rrymës së përçueshmërisë së diodës LED dhe ajo lëviz në brezin nga 1mA deri në 100mA, me çka tensioni i LED është 1,2 deri në 1,3V. Mbrojtja e diodës LED nga tensioni invers më i madh i cili mund ta dëmtojë, bëhet me lidhjen paralele të diodës standarde, si në **figurën 5.9**.

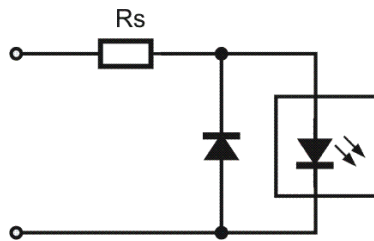


Figura 5.9: Mbrojtja e diodës LED nga tensioni invers më i madh.

Dalja e optokaplerit mund të jetë nivel i lartë ose i ulët logjik, kur është i shoqëruar me fototransistor, kështu që sipas kësaj përcaktohet edhe mënyra e lidhjes së tij (**figura 5.10**).

Fototransistori lidhet në seri me rezistencën e ngarkesës, kurse baza e tij mbetet e pa lidhur. Dalja mund të jetë në fazë ose fazë të kundërt me hyrjen. Nëse lidhet kalimi bazë-kolektor si dalje, fitohet optokapler me fotodiodë. Karakteristika kryesore e këtij kalimi është shpejtësia e rritur e shkyçjes, e me këtë zmadhohet brezi i lëshimit deri në 30MHz në kurriz të zvogëlimit të shkallës së efikasitetit.

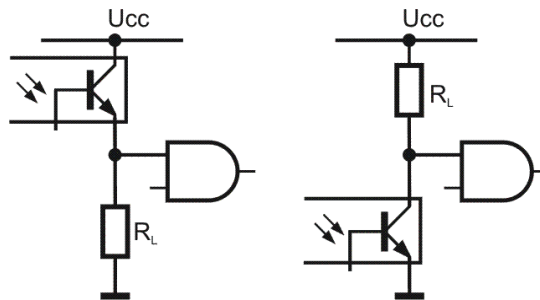


Figura 5.10: Lidhja e daljes së optokaplerit

5.3 Karakteristikat e llojeve të veçanta të qarqeve të integruara

Qarqet e integruara mund të ndahen, sipas funksioneve të tyre, në dy grupe të mëdha: analoge dhe digjitale. Sipas teknologjisë së elementeve aktive të aplikuar në qark, kemi qarqe të integruara me transistorë bipolarë dhe qarqe të integruara MOS.

Qarqet analoge në përgjithësi bëhen me transistorë bipolarë. Qarqet analoge MOS janë relativisht të kohëve të fundit, më bashkëkohor. Ato mundësojnë integrimin e funksioneve analoge bashkë me qarqet digjitale.

Qarqe të integruara digjitale shumë të njohura janë prodhuar me qarqe bipolare para njëzet viteve. Kështu, për shembull, qarqet e integruara të serisë 7400 përdorin transistor bipolar. Qarku me transistorë bipolar ka një konsumim më të madh nga qarku me MOS transistor dhe nuk i plotëson kërkesat e qarqeve

Elektronika – pjesa e rregullt

digjitale të integruara komplekse. Për qarqe të tilla, në të cilat përfshihen mikroprocesorët dhe memoriet e mëdha dhe të cilat përmbajnë miliona elemente aktive, ekskluzivisht përdoret vetëm teknologjia-MOS. Qarqet e integruara ndahen në dy lloje themelore: digjitale dhe lineare. Të gjitha qarqet e integruara, në të cilat përfshihen qarqet digjitale, duke filluar nga portat logjike më të thjeshta e deti te mikroprocesorët më kompleks, klasifikohen në digjital, kurse të gjithë të tjerët në qarqe digjitale lineare.

Ekzistojnë dy familje themelore të qarqeve logjike të integruara: **TTL**- të ndërtuar duke u bazuar në transistor bipolar normal dhe **CMOS**- të ndërtuar duke u bazuar në FET-ët dhe MOSFET-ët.

TTL - familja është e njohur si seria 74, të cilat përfaqësojnë dy shifrat e para në shënimin e tyre, me çka vijnë dy ose tre numra. Karakteristika e saj themelore është të punojë në tension të ushqimit (furnizimit) prej 5V. Seria e parë mban shenjën 74xx, por ajo shpejt mbetet e vjetruar dhe është zëvendësuar me familjen tjetër TTL - me dy shkronja të shtuara LS, kështu që fitojmë qark me shenjën 74LSxx. Me shkronjat LS shënohen qarqet Shotki me fuqi të vogël, që karakterizohen me shpejtësi të madhe të vendosjes së skajit përpara dhe të fundit të sinjalit. Kështu, për shembull, qarku origjinal 7432 gjendet si 74LS32.

Seria e parë e qarqeve CMOS mban shenjën 40xx dhe ajo punon me tension të ushqimit prej 3 deri në 15V. Nga seria 74 me HC shënohen qarqet CMOS me shpejtësi të lartë dhe me HCT qarku CMOS i cili punon me nivele-TTL normale. Seria e qarkut 74 CMOS ka shpejtësi më të madhe nga seria 40xx, kurse dalja e tyre mund të japë rrymë edhe deri në 25mA, e cila, për shembull, është e mjaftueshme për të aktivizuar një LED. Megjithatë, qarqet 74HC mund të punojnë me tension të ushqimit vetëm prej 2 deri në 6V. Qarqet 74HC dhe 74HCT kanë shpërndarje të barabartë të gjilpërave (kontakteve) si qarku nga seria 74LS.

Një nga karakteristikat e qarqeve të integruara CMOS është mundësia e dëmtimit të tyre me veprimin e elektricitetit statik. Kur jemi në lëvizje, trupi dhe rrobat tona vazhdimisht ngarkohen me elektricitet statike. Intensiteti i rrymës së shkarkimit të këtij elektriciteti nuk është aq i madh që të nxisë dëmtimin, por tensioni mund të arrijë edhe deri në disa qindra volt.

Kur komandojmë me komponentë normale, siç janë rezistencat dhe transistorët bipolar, mundësia është shumë e vogël që ato të dëmtohen me këtë tension. Por, qarqet CMOS janë të ndërtuara me FET të cilat u nënshtrohen dëmtimeve nga tensione të tilla. Për këtë arsye, kur komandohet një qark CMOS, paraprakisht duhet të shkarkohet elektriciteti statik, kështu që me dorë të preket ndonjë objekt metalik i tokëzuar.

Kur bëhet fjalë për qarqe të shtrenjta të integruara, rekomandohet që në dorë të mbahen shirita për tokëzim. Ata kanë rezistencë të madhe e cila e kufizon rrymën e shkarkimit dhe mundëson që tensionet e larta e sigurta statike të largohen nga trupi në tokëzim.

Numër i madh i qarqeve të integruara, të cilat nuk u takojnë këtyre dy serive, siç janë mikro-kontrolluesit, mikroprocesorët dhe qarqe të ndryshme interface, janë të renditura në dy ose tre nënkategori.

Në kategorinë e **qarqe të integruara lineare** përfshihen qarqe të ndryshme audio, video-qarqe, qarqe radio dhe të komunikacionit, tajmerë, oshilatorë dhe numër i madh i pajisjeve me destinacion të veçantë.

KONTROLLONI DITURINË TUAJ

1. Vizato shenjën skematike të fotodiodës!
2. Sqaro parimin e punës së sotodiodave!
3. Vizato shenjën skematike të fototransistorit!
4. Me çka është proporcionale rryma e kolektorit e fototransistorit?
5. Sqaro parimin e punës së transistorit i cili ka mundësi të shndërrojë energjinë e dritës në elektrike.
6. Nga cilët komponentë është e përbërë fotorryma?
7. Ku përdoren fototransistorët?
8. Defino termin elemente fotoelektrike.
9. Sqaro parimin e punës së fototransistorit!
10. Defino karakteristikën ndriçim relativ të fototransistorit!

MOS HARRO SE...!

- * Fotodioda e shndërron rrezatimin e dritës në sinjal elektrik, proporcional me intensitetin e dritës e cila bie në diodë. Ajo punon në regjimin e polarizimit invers.
- * Fototransistori është transistor bipolar me rrymë kolektori proporcionale me fluksin e dritës.
- * Qarku i bazës i transistorit është i hapur, kurse fotorryma krijohet në zonën e barrierës të kalimit të kolektorit.
- * Në transistorin e pandriçuar rrjedh rryma inverse, e ashtuquajtur “rryma e errësirës”.
- * Kombinimi i LED me fototransistor jep element të ri, të quajtur optokapler ose optoizolator.
- * Ekzistojnë dy familje bazë të qarqeve logjike të integruara: TTL- të ndërtuara në bazë të transistorëve të thjeshtë bipolarë dhe CMOS- të ndërtuar në bazë të fetëve ose mosfetëve.

5.4. Zbatimi i elementeve të veçanta gjysmëpërçuese

Shembulli i ndezjes me transistor me sondë magnetike është treguar në figurën 5.11.

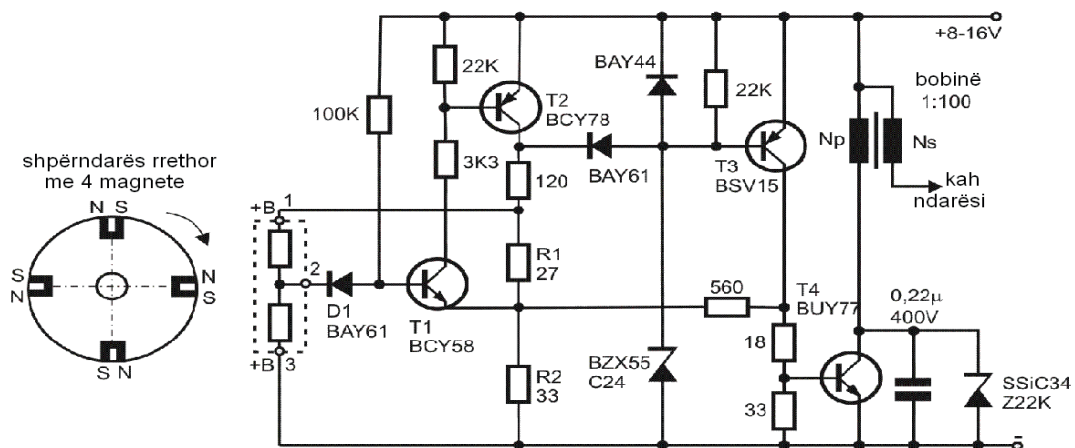


Figura 5.11: Skema elektrike e ndezjes me transistor me sondë magnetike

- Në shembull është zbatuar sensor magnetik si çelës pa kontakt me të cilin:
- bie ndërprerja mekanike me pllaka platini, e me të edhe konsumimi i tyre dhe nevoja për zëvendësimin më të shpeshtë të tyre;
 - rritet rryma në bobinën induktive;
 - zgjerohet kohëzgjatja e shkëndijës, e me të edhe fuqia e motorit;
 - reduktohen gazet e lëshuara duke përshtatur më mirë ndezjen;

Me këtë sistem është e nevojshme në boshtin e motorit të vendoset pllakë rrethore nga materiali jometalik me 4 magnetet për motor me 4 cilindra. Me rrotullimin e pllakës magnetet kalojnë para sensorit magnetik, në këtë shembull dy kanalesh dhe ai e ndërron rezistencën e tij në varësi nga intensiteti i fushës magnetike. Sensori është pjesë e urës me rezistencat R1 dhe R2 dhe me rrotullimin e pllakave zhvendoset baraspesha e urës. Në pikën 2 paraqitet impuls elektrik me të cilin hapet transistori T1, kurse pastaj edhe T2. Kjo shkakton bllokimin e transistorëve T3 dhe T4, i cili para kësaj ishte i përçueshëm, ndërpritet rryma në pjesën primare të Np dhe paraqitje e impulsit prej rreth 20kV në pjesën sekondare Ns të bobinës induktive.

Me diodën zener të lidhur në mes kolektorit dhe emiterit të transistorit T4 kufizohet tensioni i vet induksionit në mbështjellëset Np që të mbrohet transistori T4 nga shpimi.

VERIFIKIMI TEMATIK

Pyetje me rrethim

(Rretho përgjigjet e sakta)



1. Krijimi i ndryshimit të caktuar të tensionit në përçuesin elektrik në të cilin rrjedh rryma elektrike dhe i cili është i vendosur në mënyrë transversale në fushën magnetike e cila, gjithashtu, është e vendosur në mënyrë transversale në raport me rrjedhjen e rrymës elektrike quhet :

- a) efekt fotoelektrik
- b) efekt i Hall-it
- c) efekt i nxehtësisë.

2. Elementet gjysmëpërçuese me aftësi për të shndërruar energjinë e rrezatimit të dritës drejtpërdrejtë në elektrike quhen:

- a) fotogjenerator
- b) fotorezistencë
- c) fototransistor
- d) dioda LED

3. Në sistemet e alarmeve përdoren:

- a) fotodioda
- b) reletë
- c) termistorët
- d) fotorezistencat

4. qarqet e integruara të ndjeshme ndaj elektricitetit statik janë:

- a) qarqet CMOS
- b) qarqet TTI
- c) qarqet RTL

II Pyetje me lidhshmëri

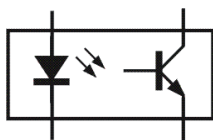
5. Lidh simbolet skematike me elementet:



a)



b)



c)

- 1. Fotodioda _____
- 2. Fototransistori _____
- 3. Optokapleri _____

III Pyetje me plotësim

6. Elementet elektronike, vetitë elektrike të të cilëve varen nga ndryshimi i energjisë së rrezatimit të dritës, quhen _____.

7. Për ndërtimin e sensorëve me të cilët matet shpejtësia lineare dhe rrotulluese, rrjedhja e lëngjeve, sensorëve për rrymë dhe për shtypje përdoret efekti _____.

8. Seria e parë e familjes TTL ka shenjën _____.

Elektronika – pjesa e rregullt

9. Seria e parë e familjes CMOS ka shenjën _____.

10. në kategorinë _____ e qarqeve të integruara bien qarqe të ndryshme audio, video qarqe, qarqe radio dhe të komunikimit, tajmerët, oscilatorët dhe numër i madh i pajisjeve për qëllime speciale.

Ushtrime për mësim aktiv:

- ❖ Hulumto në internet për lloje të elementeve të veçanta elektronike.
- ❖ Përpuno projekt për zbatimin e elementeve fotoelektrike



6.

QARQET ELEKTRONIKE

Duke studiuar përmbajtjet e kësaj teme do të fitosh njohuri themelore për strukturën, karakteristikat dhe zbatimin e qarqeve elektronike dhe do të mund:

- të analizosh dhe shpjegosh funksionin e multivibratorëve;
- të kuptosh parimin e punës të multivibratorit astabil dhe monostabil;
- të shpjegosh parimin e funksionimit të multivibratorit monostabil në shembullin e takometrit elektronik;
- të shpjegosh funksionin e triggerit të Shmitt-it.

QARQET ELEKTRONIKE

Qarqet elektronike mund të ndahen në tri grupe kryesore: përforcues, gjenerator dhe regjenerator.

Qarqet përforcuese në hyrje marrin sinjale në forma të caktuara të cilat duhet t'i përforcojnë. Gjatë kësaj, forma e sinjalit nuk ndryshon, vetëm rritet amplituda. Në procesin e përforcimit bëhen ndryshime të caktuara të cilat trajtohen si shtrembërime të sinjalit. Për të reduktuar shtrembërimet zbatohet lidhja e kundërt negative ose reaksioni. Ky është parimi i kthimit të sinjalit nga dalja në hyrjen e përforcuesit me fazë të kundërt.

Qarqet e gjenerimit kanë detyrë të krijojnë sinjale pa marrë parasysh çfarëdo ndikimi të sinjaleve të jashtme. Në këtë grup janë të gjitha llojet e oscilatorëve. Për punën e tyre zbatohet reaksioni pozitiv (lidhja e kundërt pozitive), kthimi i sinjalit nga dalja me fazë të njëjtë, me çka sigurohet ruajtja e oscilimeve.

Qarqet rigjeneruese janë gjeneratorë të llojeve të caktuara të sinjaleve, por për punën e tyre është i nevojshëm sinjal i jashtëm me të cilin duhet të fillojë procesi i krijimit të sinjalit të ri. Ky sinjal nuk duhet të ketë ngjashmëri me sinjalin e hyrjes. Në qarqet rigjeneruese zbatohet lidhja e kundërt pozitive.

Qarqet rigjeneruese mund të formohet me një ose dy elemente aktive - transistorë, të cilët punojnë si komutator dhe me elemente përcjellëse për funksionimin e transistorëve edhe për lidhjen e kundërt negative. Qarqet rigjeneruese elektronike, të përbërë nga dy elemente komutuese dhe me lidhje të kundërt pozitive, quhen multivibratorë.

6.1. Multivibratorët

Multivibratorët janë qarqe elektronike impulsive, pasues të vibratorëve të vjetruar mekanik, të cilët përdoren për konvertimin e tensionit të vazhduar të akumulatorit në tension të lartë për shkëndijë elektrike në motorët me djegie të brendshme. Në multivibratorin elektronik rolin komutues të kontakteve që vibrojnë, e ka transistori.

Multivibratorët janë gjeneratorë të impulseve kënddrejta. Multivibratorët diskret (multivibratori i bërë me komponentë të ndarë) janë të përbërë nga dy qarqe përforcuesish me transistorë me kryqëzim mes veti përmes rrjetave RC me të cilat realizohet lidhja e kundërt pozitive.

Multivibratorët kanë dy gjendje të ndryshme elektrike, dalje me nivel të lartë dhe ulët tensioni. Me efektin komutues të transistorit, multivibratori mund të ketë dy gjendje të qëndrueshme ose një gjendje stabile dhe një gjendje kuazi stabile. Gjendja e qëndrueshme mund të zgjasë pafundësisht një kohë të gjatë, kurse kohëzgjatja e gjendjes kuazi stabile është përcaktuar nga elementet e lidhjes së kundërt në qark. Gjendja e qëndrueshme mund të ndërpritet me veprimin e sinjalit të jashtëm nxitës.

E zakonshme është që secili multivibrator të ketë dy dalje. Tensioni në çdo dalje të multivibratorit në njërin dhe në gjendjen tjetër stabile, ka vlerë të kundërt. Në të vërtetë, niveli i daljes në njërin rast është i ulët, ndërsa në rastin tjetër është i lartë. Gjatë kësaj, në çdo moment tensionet e të dy daljeve janë reciprokisht komplementar (invers) njëri ndaj tjetrit, sepse nëse njëra dalje është në nivel të lartë, tjetra është në të ulët, dhe anasjelltas.

Skema e multivibratorit, në formë të përgjithshme, është e përbërë nga dy transistorë me lidhje të kundërt negative mes bazës së njërit dhe kolektorit të transistorit tjetër, e realizuar me rezistenca dhe kondensator.

Multivibratori mund të ketë një zero gjendje stabile, një ose dy në dalje. Sipas kësaj ekzistojnë:

Elektronika – pjesa e rregullt

- **multivibratori astabil**, i cili nuk ka gjendje stabile, por ndodhet në gjendjen oshiluese. Ai karakterizohet me dy gjendje kuazi stabile, të cilat ndryshohen njëra me tjetrën pas kalimit të një periode të caktuar kohore. Shembull i zbatimit të punës astabile është funksionimi i sinjalizuesve tek automjetet;

- **multivibratori monostabil** me një gjendje të qëndrueshme dhe me një gjendje kuazi stabile. Në kushte stacionare, kur nuk ka ndikim të jashtëm, multivibratori është në gjendje stabile. Gjendja stabile ndryshon në kuazi stabile me veprimin e sinjalit të jashtëm, kurse kthimi në gjendjen stabile ndodh vetvetiu nën ndikimin e lidhjes së kundërt pozitive në qark.

- **multivibratori bistabil** me dy gjendje të qëndrueshme. Në një situatë normale ky multivibrator mund të gjenden në cilën do gjendje të qëndrueshme pafundësisht një kohë të gjatë. Ndryshimi nga njëra gjendje stabile në tjetrën realizohet nën ndikimin e sinjalit të jashtëm.

Një lloj i veçantë i multivibratorit bistabil është qarku nxitës i Shmittit (trigjeri i Schmitt-it). Zbatimi i tij është specifik me atë që formon impulse kënddrejtë të rregullt nga sinjale me forma të definuara jo të rregullta.

6.1.1. Konstanta kohore

Termi konstanta kohore është i lidhur me ndryshimin e papritur, të shpejtë të tensionit të sjellë në skajet e rezistencës dhe kondensatorit të lidhur në seri, ose rezistencës dhe bobinës të lidhur në seri. Rezistenca reagon menjëherë në ndryshimin e tensionit. Për dallim nga ai, kondensatori ose bobina reagojnë pas një kohe, sepse njëherë absorbojnë pastaj lirojnë energji.

Kondensatori e grumbullon energjinë në formë të fushës elektrike, ai sillet si bateri mbushëse e vogël e cila mund të grumbullojë e pastaj të japë energji. Kondensatori plotësisht i shkarkuar në skaje ka tension zero, kurse kondensatori i mbushur mban tension konstant në skajet e tij. Kondensatori i shkarkuar plotësisht, kur lidhet në burimin e tensionit si në **figurën 6.1** në momentin e parë

sillet si një lidhje e shkurtër. Në këtë moment rrjedh rrymë maksimale dhe kondensatori fillon të mbushet.

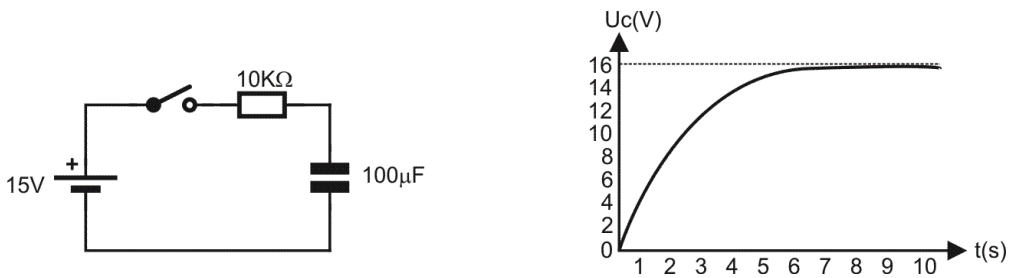


Figura 6.1: Skema elektrike e qarkut- RC elementar.

Me mbushjen, tensioni në skajet e tij zmadhohet në vlerën e tensionit të baterisë, kurse rryma përkatëse zvogëlohet dhe bëhet zero kur tensioni i kondensatorit barazohet me tensionin e baterisë. Në gjendjen e këtillë, kondensatori sillet si qark i hapur.

Bobina në qarkun e ngjashëm (**figura 6.2**) sillet në mënyrë të njëjtë, por në kundërshtim me kondensatorin.

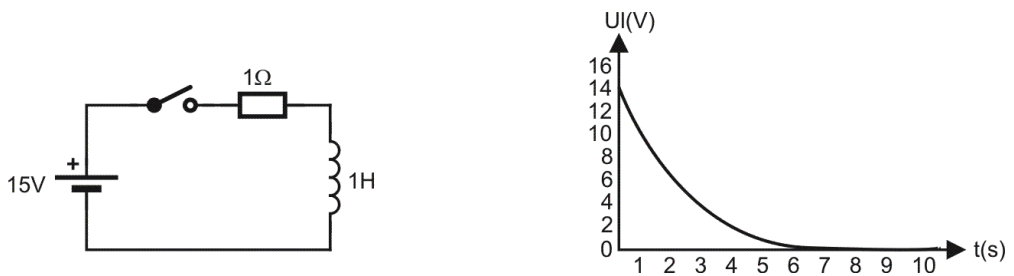


Figura 6.2: Skema elektrike e qarkut-RL elementar.

Në bobinat grumbullohet energji në formën e një fushe magnetike. Bobina në të cilën nuk ka të grumbulluar fushë magnetike sillet si një qark i hapur, kur lidhet në burim të tensionit. Me kalimin e kohës, rryma përmes bobinës rritet deri në vlerën maksimale, e përcaktuar nga vlera e rezistencës në qark, kurse tensioni në skajet e tij bie respektivisht. Kur tensioni bie në minimum, rryma mbahet në vlerën maksimale, bobina sillet si lidhje e shkurtër. Me mbylljen e çelësit në qarkun

Elektronika – pjesa e rregullt

e figurës 6.2, tensioni i bobinës menjëherë kërcen në tensionin e baterisë (sillet si qark i hapur). Tensioni i bobinës është i përcaktuar me rënieën e tensionit të rezistencës. Rryma, megjithatë, në momentin e mbylljes së çelësit është zero, pastaj rritet derisa nuk e arrin vlerën:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{12V}{1\Omega}.$$

Nëse merret një kufi prej 63% për ndryshimin e tensionit të kondensatorit, ose të rrymës të bobinës, nga vlera fillestare, koha për të cilën ndodh ky ndryshim quhet **konstantë kohore**. E zakonshme është që konstanta kohore të shënohet me shkronjën greke τ (tau), kurse llogaritet sipas:

- për qarkun me kondensator dhe rezistencë:

$$\tau = R \cdot C;$$

- për qarkun me bobinë dhe rezistencë:

$$\tau = L/R.$$

Për qarkun e figurës 6.1:

$$\tau = 10K\Omega \cdot 100\mu F = 10 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-6} = 1s,$$

kurse rryma fillestare është:

$$I = 15V/10K\Omega = 1,5mA.$$

Për qarkun e figurës 6.2:

$$\tau = 1H/1\Omega = 1s.$$

KONTROLLONI DITURINË TUAJ

1. Si mund të ndahen qarqet elektronike?
2. Cila është detyra qarqeve përforcuese?
3. Çka paraqesin qarqet rigjeneruese?
4. Si quhen qarqet rigjeneruese elektronike që janë të përbëra nga dy elemente komutuese dhe janë me lidhje të kundërt pozitive?
5. Çfarë lloje të multivibratorëve ekzistojnë sipas numrit të të gjendjeve të qëndrueshme?
6. Defino termin konstantë kohore.
7. Nga çka varet konstanta kohore në qarkun RC?

6.1.2. Multivibratori astabil

Në figurën 6.3 është paraqitur qarku i një multivibratori astabil. Me ndihmën e kësaj skeme do të tregohet mënyra e funksionimit të multivibratori në përgjithësi.

Transistorët janë të vendosur në një lidhje simetrike, me çka lidhja e kundërt e kolektorit të transistorit T2 kah baza e transistorit T1 është realizuar përmes kombinimit të elementeve R2, C2, kurse nga kolektori i transistorit T1 kah baza e transistorit T2 me elementet R3, C1.

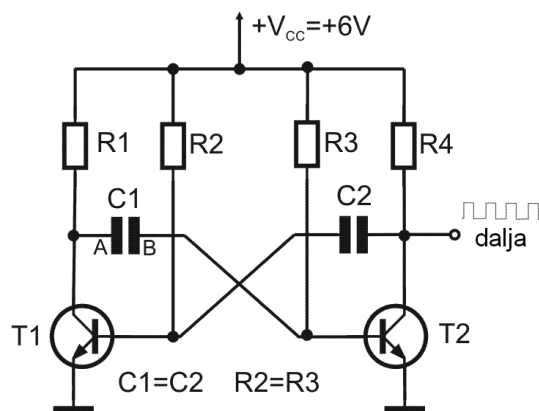


Figura 6.3: Skema elektrike e multivibratori astabil.

Simetria e plotë është realizuar me zgjedhjen e transistorëve identik T1 dhe T2, $C1 = C2$ dhe $R2 = R3$.

Transistorët janë në lidhje me emiter të përbashkët. Me lidhjen e kundërt pozitive sigurohet, derisa njëri transistor është në gjendjen e përçueshmërisë dhe ndodhet në zonën e ngopjes, tjetri të jetë i bllokuar dhe anasjelltas. Kështu, fitohet shkallë e lartë e përforcimit reciprok në mes të dy transistorëve.

Nëse supozojmë se transistori T1 është i bllokuar, tensioni në kolektorin e tij rritet deri në vlerën e tensionit të burimit të ushqimit. Gjatë kësaj kohe, transistori T2 bëhet i përçueshëm. Njëra pllakë (A) e kondensatorit C1 ndodhet në potencialin e ushqimit, sepse ai është i lidhur me kolektorin e transistorit T1. Pllaka tjetër B është e lidhur me bazën e transistorit T2 dhe ndodhet në potencialin 0,6V

Elektronika – pjesa e rregullt

aq sa është tensioni bazë – emiter i transistorit T2 në ngopje. Tensioni në skajet e kondensatorit është $6 - 0,6 = 5,4$ V.

Në momentin kur transistori T1 bëhet i përçueshëm, tensioni i pllakës A i kondensatorit menjëherë bie në 0,6V. Kjo rënie e tensionit bartet në pllakën B, tensioni i pllakës B të kondensator shkon në vlerën -5,4V, kurse me këtë paratension në bazë, transistori T2 shkon në gjendje të thellë të bllokuar.

Kondensatori C1 tash fillon të mbushet në drejtim të kundërt përmes rezistencës R3. Me këtë, tensioni i bazës së transistorit T2 shkon në drejtimin pozitiv kah vlera e tensionit të furnizimit me kohën e caktuar nga konstanta kohore $R3C1$, por këtë vlerë nuk e arrin asnjëherë, sepse në momentin që do të vijë në vlerën 0,6V transistori T2 bëhet i përçueshëm me futjen në zonën e ngopjes. Pastaj i gjithë procesi përsëritet, ashtu që kondensatori C2 e çon bazën e transistorit T1 në -5,4V. Cikli i ndryshimit në përçueshmërisë së transistorëve ndodh vetvetiu, derisa ka tension për furnizim. Në dalje të cilitdo kolektor fitohen impulse simetrike kënddrejta me amplitudë të barabartë me tensionin e furnizimit (**figura 6.4**).

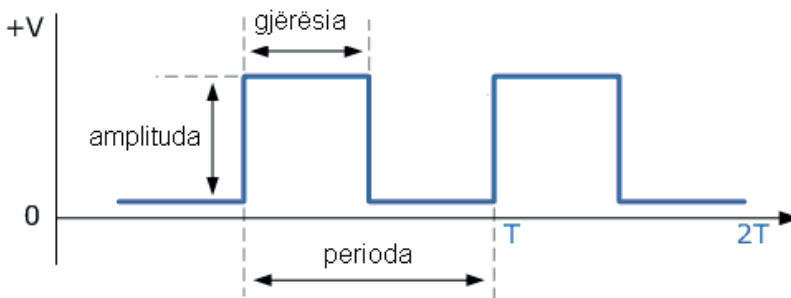


Figura 6.4: Impulse simetrike kënddrejtë të tensionit të kolektorit.

Me ndryshimin e vlerave të C dhe R të dy konstantave kohore dhe duke mbajtur ekuivalencën $C1=C2$ dhe $R2=R3$, mund të ndryshohet kohëzgjatja (gjërësia) e impulseve të daljes, kurse ato edhe më tej të mbeten simetrike. Nëse nuk mbahet ekuivalenca e elementeve, impulset e daljes bëhen asimetrike (**figura 6.5**).

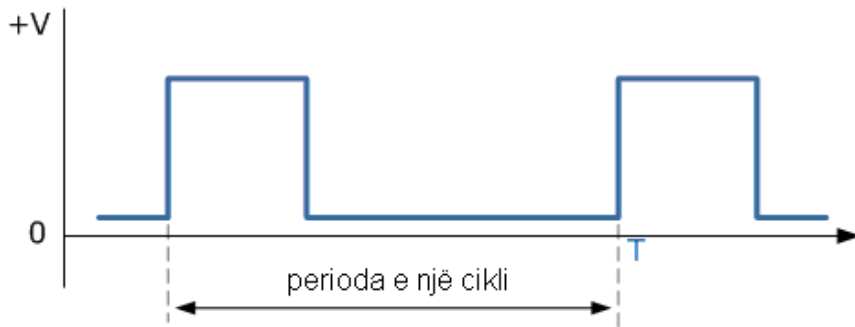


Figura 6.5: Impulse asimetrike kënddrejtë të tensionit të kolektorit.

Multivibratorët astabil i përkasin grupit të qarqeve rigjeneruese që përdoren si oscilator relaksues (oscilatorë që nuk kanë forma sinusoidale të sinjaleve të daljes). Për punën e tyre nuk ka nevojë për asnjë lloj impulsi eksitus të jashtëm.

6.1.3. Multivibratori monostabil

Multivibratorët monostabil kanë vetëm një gjendje të qëndrueshme. Në dalje ata japin një impuls kur janë të eksituar nga jashtë, kurse kthehen në gjendjen stabile fillestare pas kalimit të intervalit kohor të përcaktuar nga konstanta kohore e qarkut RC për lidhje.

Multivibratorët monostabil përdoren për krijimin e një impulsi dalës me gjatësi të specifikuar me amplitudën e në drejtimin pozitiv ose negativ, kur do të silltet sinjal nxitës i jashtëm apo impuls. Pas përfundimit të ciklit të krijimit të impulsit dalës, multivibratori monostabil mbetet në gjendje të qëndrueshme në të cilën ishte deri në ardhjen e sinjalit okid, deri në ardhjen e një impulsi të ri okid.

Skema e multivibratorit monostabil është dhënë në **figurën 6.6**.

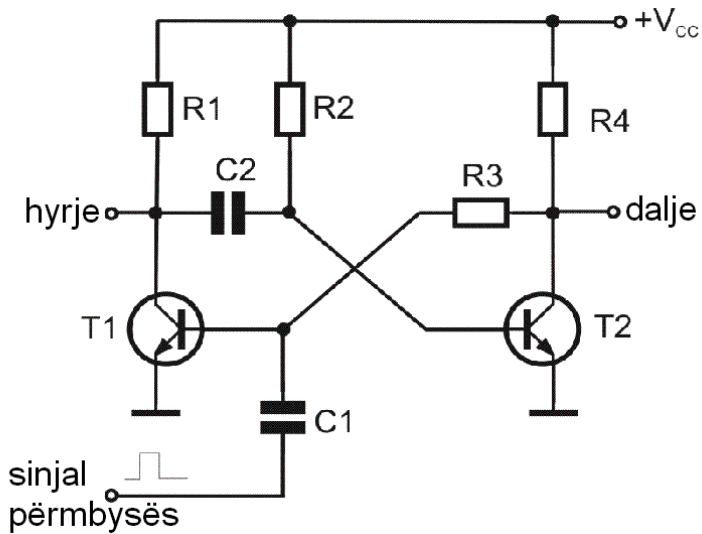


Figura 6.6: Skema elektrike e multivibratorit monostabil.

Me lidhjen e furnizuesit, tensioni i bazë të transistorit T2 bëhet i barabartë me tensionin e furnizimit $+V_{cc}$ përmes rezistencës për polarizim R2. Transistori T2 shkon në ngopje dhe në të njëjtën kohë e çon transistorin T1 në gjendjen e bllokuar, me çka arrihet gjendja e stabilizuar në të cilën mbetet e multivibratorit.

Nëse sillen një impuls nxitës në hyrje, skaji i shpejtë i përparmë i impulsit do të kalojë direkt përmes transistorit C1 në bazën e transistorit T1. Ky impuls e çon transistorin T1 në ngopje, tensioni i kolektorit të tij, i cili para kësaj e kishte vlerën e tensionit të burimit të ushqimit U_{cc} , shpejt bie nën vlerën 0V, me çka tensioni i skajeve të kondensatorit C2 merr vlerë negative -0,6V. Tash tensioni i bazës së transistorit T2 bëhet -0,6V dhe e mban transistorin T2 në gjendje të bllokuar. Në këtë mënyrë multivibratorit vjen në gjendjen tjetër, jostabile, në të cilën tensioni i daljes bëhet i barabartë me tensionin e ushqimit.

Tash fillon shkarkimi i ngarkesës negative me tension prej -0,6 i kondensatorit C2 përmes rezistencës R2, me qëllim që të arrihet tensioni i ushqimit. Ky tension negativ në bazën e transistorit T2 fillon ngadalë të zvogëlohet me shpejtësi, të përcaktuar me konstantën kohore $C2R2$. Ashtu siç rritet tensioni i bazës kah vlera e tensionit të ushqimit, transistori T2 fillon të përçojë dhe në këtë mënyrë e bën transistorin T1 përsëri të bllokuar. Në këtë mënyrë, multivibratorit

përsëri vjen në gjendjen stabile ashtu siç ishte para se të vijë impulsi nxitës (figura 6.7). Për rifillimin e multivibratorit tash pritët sinjali i tjetër.

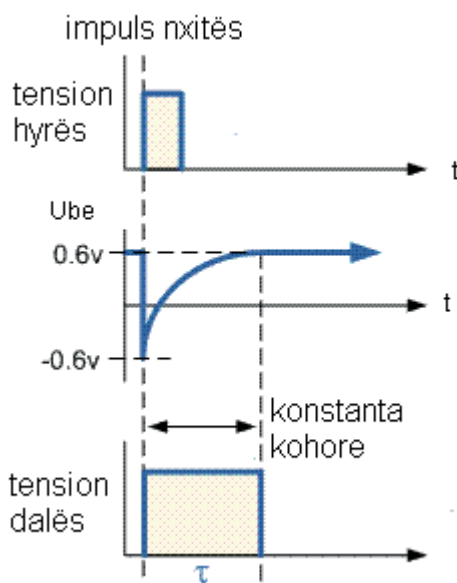


Figura 6.7: Diagrami kohor.

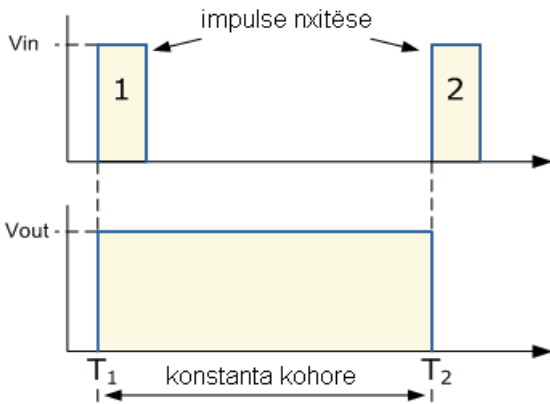
Multivibratorët monostabil mund të gjenerojnë impulse me kohëzgjatje shumë të shkurtër ose me kohëzgjatje më të gjatë se impulsi nxitës. Skaji i përparmë i impulsit të multivibratorit përkon me skajin e përparmë të impulsit nxitës. Kohëzgjatja e impulsit dalës varet nga konstanta kohore RC të komponentëve të lidhjes së kundërt.

Konstanta kohore e multivibratorit monostabil mund të ndryshohet duke ndryshuar vlerën e kapacitetit të C2 dhe rezistencën e R2 ose duke ndryshuar të dyja vlerat. Multivibratorët monostabil zbatohen për të rritur kohëzgjatjen e impulseve, ose për futjen e vonesave në qark, sepse frekuenca e sinjalit të daljes gjithmonë është e barabartë me frekuencën e impulseve nxitës të hyrjes, dallimi është vetëm në gjerësinë e tyre.

6.1.4. Multivibratori bistabil

Multivibratori bistabil i takon klasës së pajisjeve me dy gjendje, si edhe multivibratori monostabil, për atë dallim se të dyja gjendjet e tij janë të qëndrueshme. Multivibratori bistabil ka dy gjendje të qëndrueshme, të cilat mund të zëvendësohen me njëra-tjetrën me zbatimin e impulseve nxitëse. Ato janë të njohura si qarqe flip-flop.

Multivibratori bistabil bie në qarqet jo gjeneruese. Në secilin prej gjendjeve



të tij njëri prej transistorëve është i bllokuar, kurse tjetri i ngopur. Ai mund të qëndrojë në njërin nga dy gjendjet e qëndrueshme një kohë të pakufizuar. Për kalim nga njëra gjendje në tjetrën është i nevojshëm impuls nxitës, kurse për një cikël komplet dy impulse nxitëse (figura 8.6).

Figura 6.8: Impulset nxitëse

Komandimi me punën e multivibratorit bistabil mund të bëhet në dy mënyra: në mënyrë simetrike dhe asimetrike.

Qarku i multivibratorit bistabil me komandim asimetrik është dhënë në **figurën 6.9**. Qarku ka dy hyrje në të cilat sillen impulse nxitëse alternative. Njëri impuls është i shënuar me shkronjën S (set) dhe me të dalja e transistorit T2, i shënuar me Q vendoset në nivel të lartë, kurse dalja komplementare \bar{Q} në nivel të ulët. Hyrja tjetër është quajtur reset, e shënuar me shkronjën R dhe impulsi nxitës i sjellë në këtë hyrje e bën të kundërtën e impulsit set.

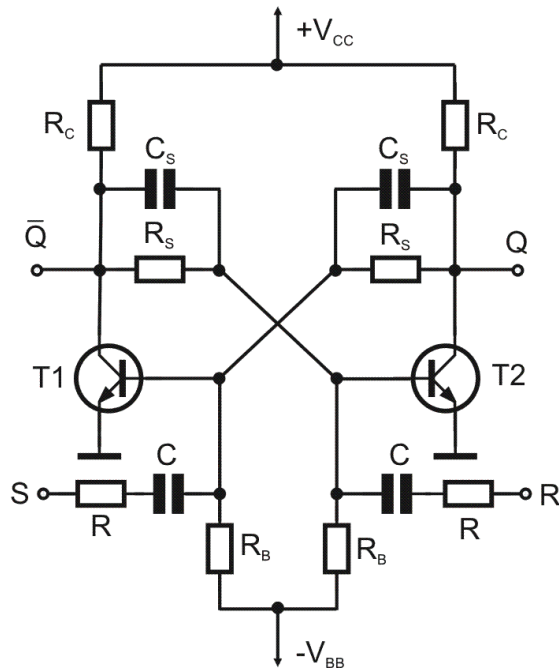


Figura 6.9: Skema elektrike e multivibratorit bistabil me komandim asimetric.

Qarku ka dy dalje nga kolektori i transistorit, me çka të dy daljet janë të kundërta për nga vlera. Njëra dalje është direkte, kurse tjetra komplementare. Në qarkun e lidhjes së kundërt është vendosur lidhje paralele e rezistencës dhe kondensatorit dhe shpejtohet vendosja a skajit të përparmë të impulsit dalës. Me lidhjen e burimit të ushqimit $-V_{BB}$, përmes rezistencave $R_{B1} = R_{B2} = R_B$ sigurohet paratension fiks dhe bllokim më i thellë i transistorit jopërçues.

Skema e multivibratorit bistabil me komandim simetrik është dhënë në **figurën 6.10**.

Qarku mund të jetë i qëndrueshëm në cilëndo situatë, me çka transistori T1 është bllokuar, kurse T2 në ngopje ose anasjelltas. Tensionet e daljes në të dy gjendjet stabile mes veti dallohen, kështu që nëse dalja në njërën gjendje është e barabartë me tensionin e burimit të ushqimit, në gjendjen tjetër stabile ajo do të jetë zero.

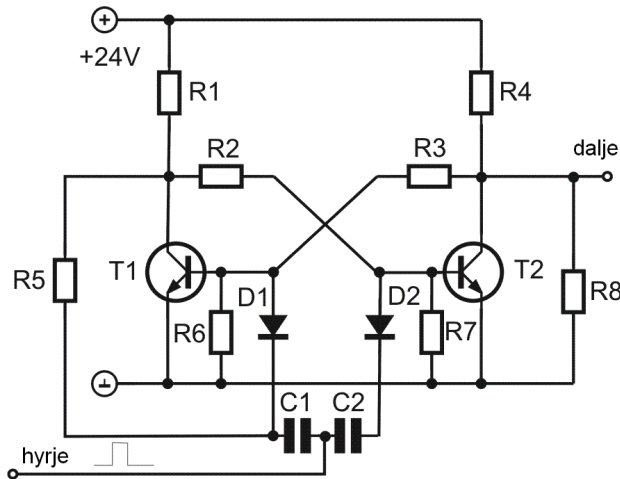


Figura 6.10: Skema elektrike e multivibratorit bistabil me komandim simetrik.

Me impulset nxitëse transistori përçues bllokohet, kurse i bllokuari sillet në gjendjen përçuese. Kjo realizohet me një sinjal nxitës dhe me dy dioda me polarizim invers, si në figurë. Impulsi i hyrjes definohet përmes kondensatorëve për lidhje C1 dhe C2 dhe fiton formë me maja të mprehta.

KONTROLLONI DITURINË TUAJ

1. Shpjego parimin e funksionimit të multivibratorit astabil.
2. Si mund të ndryshojë kohëzgjatja e impulseve të tensionit të kolektorit të multivibratorit astabil?
3. Ku zbatohen multivibratorët astabil?
4. Shpjegoje parimin e funksionimit të multivibratorit monostabil.
5. Çfarë ndodh me multivibratorin monostabil pas mbarimit të ciklit të krijimit të impulsit të daljes?
6. Si mund të ndryshohet konstanta kohore e multivibratorit monostabil?
7. Ku zbatohen multivibratorët monostabil?
8. Shpjegoje parimin e funksionimit të multivibratorit bistabil.

MOS HARRO SE...!

- * Qarqet rigjeneruese mund të formohen me një ose dy elemente aktive - transistorë, të cilët punojnë si çelësa dhe me elemente shoqëruese për punën e transistorëve dhe për lidhjen e kundërt.
- * Multivibratorët janë gjeneratorë të impulseve drejtkëndëshe.
- * Multivibratori mund të ketë dy gjendje të qëndrueshme ose një gjendje stabile dhe një kuazi stabile.
- * Multivibratori astabil karakterizohet nga dy gjendje kuazistabile, të cilat ndërrohen njëra me tjetrën pas kalimit të një periudhe kohore.
- * Multivibratori monostabil ka një gjendje stabile dhe një kuazistabile.
- * Konstanta kohore e multivibratorit monostabil mund të ndryshohet me ndryshimin e vlerës së kondensatorit C2 ose të rezistencës së R2 ose me ndryshimin e të dy vlerave.
- * Multivibratori bistabil ka dy gjendje të qëndrueshme, të cilat mund të ndërrohen njëra me tjetrën duke përdorur impulse nxitëse. Ato janë të njohura edhe si qarqe flip-flop.
- * Njëra hyrje e multivibratorit bistabil është shënuar me shkronjën S (set), kurse hyrja tjetër quhet reset e cila është e shënuar me shkronjën R.

6.1.5. Qarku okid i Shmitit – triggeri i Schmitt-it

Paraqet qark të veçantë me të cilin marrin trajtë sinjale me formë jo të rregullt ose skajit të fundit të sinjalit i japin sinjal impulsiv të rregullt digjital.

Ky qark bie në grupin e multivibratorëve me dy gjendje dalëse. Këtu zbatohet tension hyrës, i cili në një nivel të caktuar e nxit qarkun dhe në këtë mënyrë gjendja dalëse ndryshon vetëm në momentin kur hyrja kalon përmes një niveli të definuar paraprakisht.

Elektronika – pjesa e rregullt

Qarku i trigerit të Shmittit përbëhet nga dy transistorë, të lidhur si një multivibrator me lidhje të kundërt prej emiterit, në vend të kolektorit (**figura 6.11**).

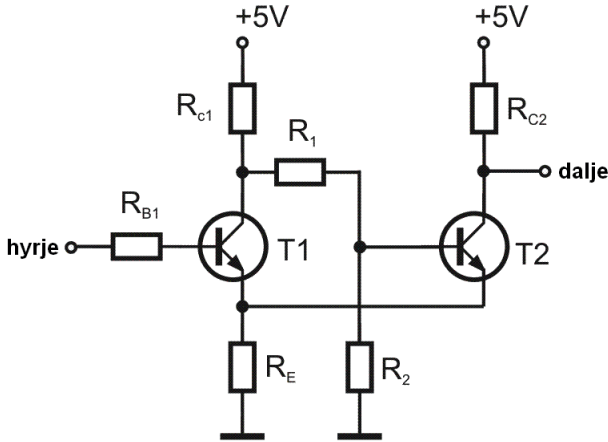


Figura 6.11: Skema elektrike e trigerit të Schmitt-it me dy transistorë.

Nëse në hyrje kemi nivel 0V, transistori TR1 është i bllokuar. Me ndarësin e tensionit R_{C1} , R_1 dhe R_2 fitohet polarizim i bazës së transistorit të dytë T2 dhe ai është i përçueshëm. Dalja është në nivel tensioni të ulët derisa tensioni i nivelit hyrës nuk e arrin tensionin e polarizimit të bazës së transistorit të dytë. Në këtë moment, transistori i parë bëhet i përçueshëm, transistori i dytë bllokohet dhe dalja kalon në nivel të lartë.

Qarku i trigerit të Schmitt-it mund të konsiderohet si një komparator, i paraqitur në **figurën 6.12**, kur realizohet me përforcues operacional.

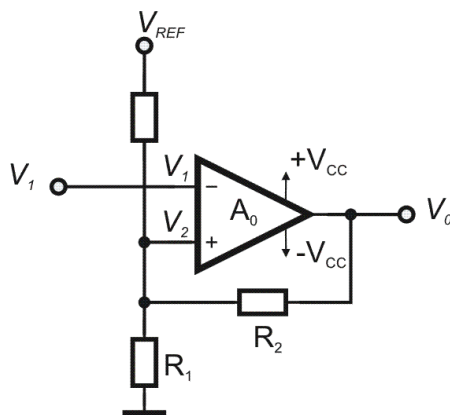


Figura 6.12: Skema elektrike e trigerit të Shmittit me përforcues operacional.

Qarku i komutues i Shmitit ka zbatim të madh në elektronikën impulsive. Trigeri i Shmitit përdoret si lloj i veçantë i komparatorit kualitativ të tensionit, tek i cili është realizuar lidhja e kundërt negative, ose si qark për formësim jolinear të tensioneve.

Me krijimin e lidhjes së kundërt pozitive fitohet karakteristikë kalimtare mjaft e pjerrët, $V_0 = V_0(V_1)$ në krahasim me komparatorin e zakonshëm të tensionit, kështu që ky qark reagon shpejt edhe në tensione hyrëse që ndryshojnë ngadalë, çka nuk ndodh në komparatorin e zakonshëm.

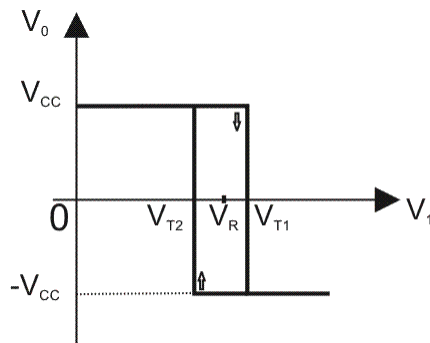


Figura 6.13: Karakteristika kalimtare e trigerit të Shmitit.

Karakteristika kalimtare e trigerit të Shmitit ka formë hysterike, siç tregohet në **figurën 6.13**.

Komparatori i Shmitit ka dy kufij nxitës të cilët janë të shënuar me V_{T1} dhe V_{T2} . Ndryshimi i daljes ndodh në pragun e sipërm nxitës V_{T1} , nëse niveli i sinjalit të hyrjes rritet, kurse në pragun e poshtëm nxitës V_{T2} , nëse niveli i tensionit të hyrjes bie.

Qarku elektrik me të cilin realizohet karakteristika kalimtare nga figura 6.13 është paraqitur në **figurën 6.14**. Ajo është një paraqitje me përforcues operacional të integruar $\mu A741$ tek i cili lidhja e kundërt pozitive realizohet përmes rezistencave R_2 dhe R_1 .

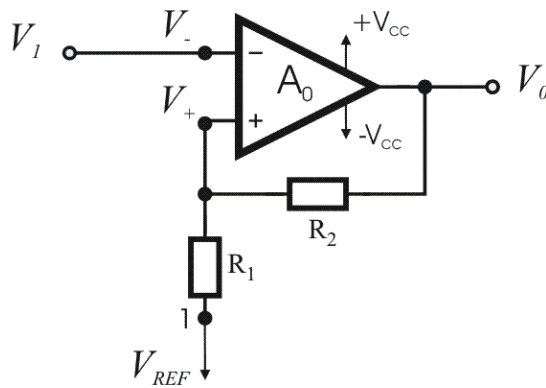


Figura 6.14: Qarku elektrik i trigerit të Schmitt-it me përforcuesin operacional të integruar $\mu A741$.

Në hyrjen joinvertuese sillet edhe tensioni referent V_{REF} , i cili ka vlerë pozitive $V_{REF} > 0$. Sinjali i hyrjes është potenciali i hyrjes invertuese $V_1(t) = V_-(t)$, kurse tensioni i daljes V_0 merret nga dalja e përforcuesit operacional.

KONTROLLONI DITURINË TUAJ

1. Çfarë paraqet trigeri i Schmitt-it?
2. Shpjegoje parimin e funksionimit të trigerit të Shmittit.
3. Ku zbatohet qarku komutues i Shmittit?

6.2. Zbatimi i multivibratorëve tek automjetet

6.2.1. Sirena e tonit me multivibrator astabil

Qarku i multivibratorit është i përbërë nga lidhja simetrike e dy transistorëve me lidhje të kundërt mes veti. Tensioni i kolektorit të njërit prej transistorëve duhet të ketë formën e impulsit kënddrejtë. Në kolektorin e

transistorit tjetër do të ketë impulse të tilla të njëjta vetëm me fazë të kundërt (në drejtimin e kundërt, çka mund të shihet në osciloskopin dy kanalësh ose dy distancash). Pastaj plotësohet qarku edhe me një transistor, si në **figurën 6.15**, që të fitohet sirena.

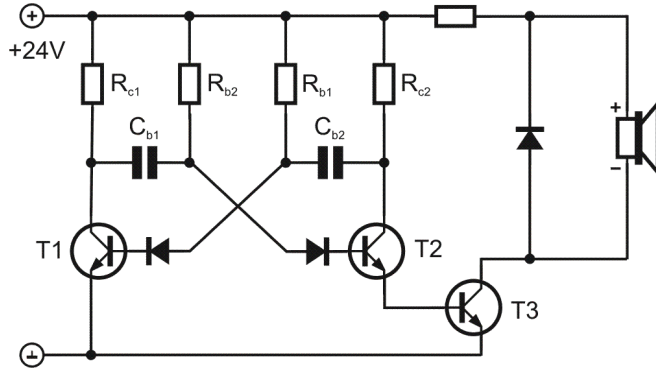


Figura 6.15: Skema elektrike e sirenës së tonit.

Këtu dalja e multivibratorit është e bërë nëpërmjet një përforcuesi plotësues, të vendosur në qarkun e emiterit të transistorit të dytë. Lartësia e tonit mund të ndryshohet me zgjedhje të vlerave të tjera të kondensatorëve.

6.2.2. Zbatimi i multivibratorit astabil në automjete me shembullin e alarmit sinjalizues të rremë

Sot çdo automjet i pajisur mirë ka të ndërtuar sistem alarmi për mbrojtje nga dëmtimi. Ekzistenca e një sistemi alarmi sinjalizohet me një diodë sinjalizuese në ngjyrë të kaltër ose të kuqe. Skema për një qark të tillë është dhënë në figurën 6.16.

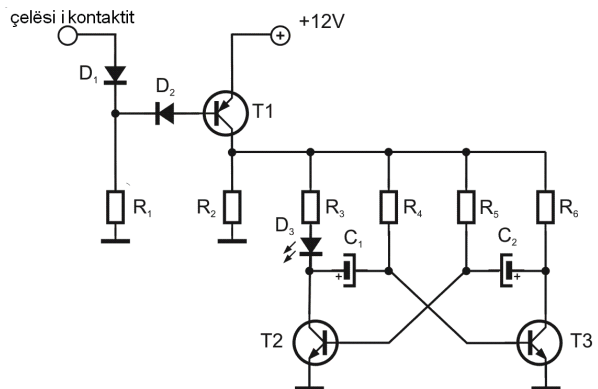


Figura 6.16: Skema elektrike e alarmit sinjalizues të rremë në automjet.

Elektronika – pjesa e rregullt

Pjesa qendrore e qarkut është multivibratori astabil, i përbërë nga transistorët T2 dhe T3, të cilët punojnë si komutator. Karakteristikë e këtij qarku është se kur përçon transistori T2, transistori T3 është i bllokuar dhe kur përçon T3, T2 është i bllokuar. Koha e përcimit është e përcaktuar nga konstanta kohore $C1 \cdot R4$ dhe $C2 \cdot R5$. Gjatë kësaj periode, nëse përçon transistori T2, dioda D3 do të ndriçojë. Pas kalimit të kohës së përcaktuar nga konstanta kohore, ndryshon gjendja, T3 bëhet i përçueshëm, kurse T2 i bllokuar dhe dioda shuhet dhe pasi që qarku është simetrik, për një periudë të ngjashme nuk do të ndriçojë. Pastaj situata përsëritet, kurse efekti është dridhje-sinjalizim i diodës LED si tek alarmet e automjeteve.

Pika e hyrjes së qarkut për alarm lidhet në vendin e çelësit kontaktues, ku kur ai është i kyçur ka tension prej 12V. Nëse çelësi kontaktues nuk është i kyçur, në pikën e hyrjes nuk ka tension, do të rrjedhë rryma e bazës së transistorit T1 përmes kalimit emiter–bazë, diodës D2 dhe rezistencës R1. Transistori T1 do të bëhet i përçueshëm dhe multivibratori do të fitojë furnizim, me çka dioda LED do të fillojë të dridhet. Kur do të kyçet çelësi kontaktues, në rezistencën R1, përmes diodës D1, do të ketë tension prej 11,4V (kjo është 12V nga akumulatori minus rënie tensioni në diodën D1 prej 0,6V). Në të njëjtën kohë rrjedh edhe rryma e bazës nëpërmjet diodës D2 dhe rezistencës R1. Por, rënia e tensionit në kalimin bazë-emiter është më e madhe dhe e bën anodën e diodës D2 me tension më të ulët se katoda, kështu që dioda D2 bllokohet, e bllokon rrymën e bazës dhe transistori T1 nuk do të përçojë. Alarmi nuk do të dridhet derisa çelësi kontaktues është i kyçur.

6.2.3. Takometri elektronik

Çdo motor me djegie të brendshme ka nivelin më të mirë të veprimit dhe kushte më të favorshme të punës për një numër të caktuar të rrotullimeve. Me numër të njohur të rrotullimeve përcaktohet ajo shkallë e bartjes me dorezën e ndërruesit të shpejtësive që të vendoset motori në numrin optimal të rrotullimeve. Për çdo automjet jepet numri minimal dhe maksimal i rrotullimeve, kurse numri i rrotullimeve kontrollohet me takometër (takogjenerator).

Për matjen e numrit të rrotullimeve me pajisje elektronike përdoren impulse nga sistemi i ndezjes. Pjesa primare e bobinës induktuese për tension të lartë, bobina kyçet dhe shkyçet në qarkun e akumulatorit me çelës (butona platini), me çka për shkak të induksionit në pjesën sekondare të bobinës fitohet tension prej rreth 20 000V, kurse në lidhjen e çelësit impuls kënddrejtë prej rreth 200V. Numri i këtyre impulseve është proporcional me numrin e rrotullimeve të motorit. Kështu, për shembull, në motor me katër takte me 4 cilindra dhe një bobinë induktive fitohen nga dy impulse për secilin rrotullim të motorit. Nga një varg impulsesh fitohet një vlerë e tensionit ose rrymës, e cila matet me instrument të shkallëzuar, e bërë në atë mënyrë që të tregojë direkt numrin e rrotullimeve.

Për realizimin e matësit të numrit të rrotullimeve mund të përdoret multivibratori monostabil. Një variant i skemës së matësit të tillë është dhënë në **figurën 6.17**.

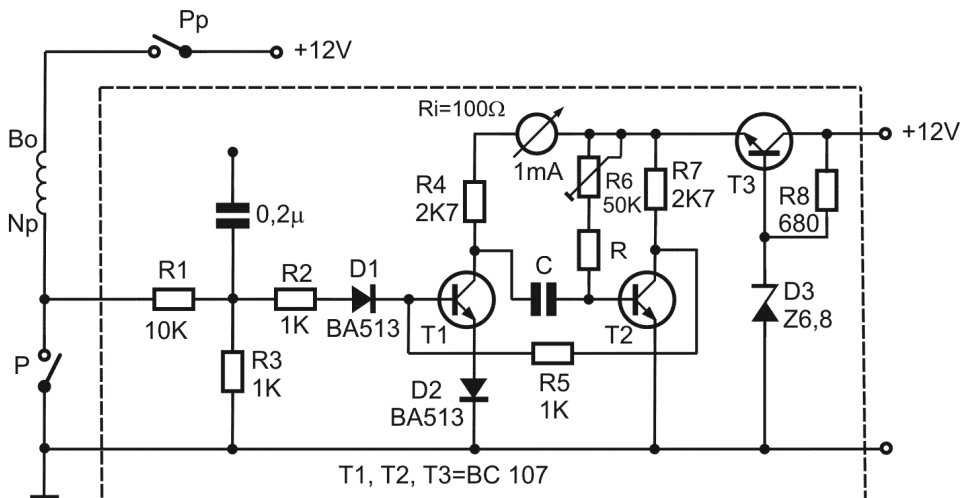


Figura 6.17: Skema elektrike e matësit të numrit të rrotullimeve.

Multivibratori paraqitet përmes transistorëve T1 dhe T2, me çka në gjendjen stabile përçuese është transistori T2. Në bazën e transistorit T1 bartet impuls nxitës, i krijuar me hapjen e çelësit (platinave), transistori T1 bëhet i përçueshëm dhe rryma e tij e kolektorit rrjedh në instrumentin me bobinë rrotulluese. Rënia e tensionit në rezistencën R4 bartet në bazën e transistorit T2 përmes kondensatorit C dhe e bllokton. Tensioni i kolektorit të T2 fillon të rritet dhe

Elektronika – pjesa e rregullt

ai ndryshim bartet përmes R5 në bazën e transistorit T1, i cili mbetet ende i përçueshëm. Ndërkohë përfundon kohëzgjatja e sinjalit eksitus, kurse kondensatori C fillon të mbushet përmes transistorit T1 dhe rezistencave R dhe R6. Kur tensioni i kondensatorit do të arrijë vlerën, pas skadimit të kohës së përcaktuar nga konstanta kohore RC, transistori T2 përsëri bëhet i përçueshëm, kurse rënia e tensionit të rezistencës R7 bartet në bazën e transistorit T1 përmes R5 dhe e bllokton. Sistemi vendoset në gjendjen stabile deri në ardhjen e impulsit të ri nxitës në hyrje.

Konstanta kohore RC për motor me katër takte me 4 cilindra dhe me një bobinë induktive me vlerë $R=28\Omega$ dhe $C=0,1\mu F$ është $2,8 \mu s$. Me transistorin T3 fitohet stabilizim i tensionit të ushqimit të qarkut.

Varianti i dytë i takometrit dallohet nga i pari nga mënyra e fitimit të impulseve nxitëse (**figura 6.18**).

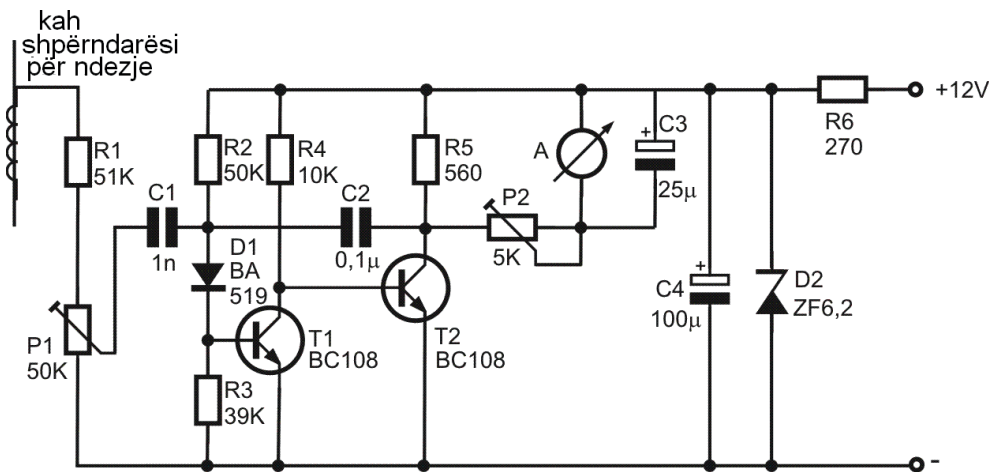


Figura 6. 18: Skema elektrike e takometrit.

Sipas kësaj variante përdoret lidhja kapacitive me kablo tensioni të lartë nga bobina induktive kah shpërndarësi. Një lidhje e tillë mund të bëhet me tri mbështjellëse prej teli rreth kablos së tensionit të lartë. Instrumenti për tregimin e numrit të rrotullimeve është miliampermetri për rrymë deri në 1 mA me rezistencë të brendshme prej 300Ω , i vendosur në qarkun e kolektorit të transistorit T2. Me

potenciometrin P1 përshtatet tensioni optimal i hyrjes që të punojë matësi në gjithë brezin e numrit të rrotullimeve të motorit. Me P2 bëhet përshtatja e vlerës së konstantës RC që të fitohet lëvizje deri në fundin e shkallës së instrumentit për motor me katër takte me 4 cilindra me 6000 rrotullime në minutë.

Me kondensatorin C3 amortizohen oscilimet e treguesit të instrumentit, deri te të cilat vjen për shkak të numrit ë vogël të rrotullimeve, kurse me diodën zener D2 stabilizohet tensioni i ushqimit, sepse tensioni i akumulatorit ndryshon prej 12V deri në 15V. Në fund, përveç me qarqe diskrete, qarqet rigjeneruese mund të realizohen edhe me qarqe analoge ose qarqe digjitale të integruara.

VERIFIKIMI TEMATIK

I Pyetje me rrethim (Rretho përgjigjet e sakta)



1. Te sinjalizuesit në automjete përdoret:

- a) multivibrator astabil
- b) multivibrator monostabil
- c) multivibrator bistabil.

2. Për realizimin e matësit të numrit të rrotullimeve përdoret:

- a) multivibrator astabil
- b) multivibrator monostabil
- c) multivibrator bistabil.

3. Multivibratori i cili ka një gjendje stabile dhe një kuazistabile është:

- a) multivibrator astabil
- b) multivibrator monostabil
- c) multivibrator bistabil.

4. Qarku komutues i Schmitt-it ka zbatim të madh në:

- a) elektronikën impulsive
- b) elektronikën digjitale.

II Pyetje me lidhshmëri

5. Lidh multivibratorët me numrin e gjendjeve stabile:

- | | |
|-----------------------------|-----------------|
| 1. multivibrator astabil | a) nuk ka _____ |
| 2. multivibrator monostabil | b) një _____ |
| 3. multivibrator bistabil | c) dy _____. |

III Pyetje me plotësim

6. Qarqet që gjenerojnë sinjale, kurse për funksionimin e tyre është i nevojshëm sinjal i jashtëm me të cilin duhet të fillojë procesi i krijimit të sinjalit të ri, quhen _____.

7. Multivibratori i cili karakterizohet me dy gjendje kuazistabile, të cilat ndërrohen njëra me tjetrën pas kalimit të një periode të caktuar kohore paraqet multivibrator _____.

8. Pajisja me të cilën matet numri i rrotullimeve në automjete quhet _____.

9. _____ është qark me të cilin marrin trajtë sinjale me forma jo të rregullta të skajit të përparmë ose fundit të impulsit dhe japin impulsiv të rregullt digjital.

10. Njëra hyrje e multivibratorit bistabil, e cila shënohet me shkronjën S, quhet _____ kurse hyrja tjetër, e cila shënohet me shkronjën R, quhet _____.

Ushtrime për mësim aktiv:

- ❖ Përpiqu të zbulosh në cilat pajisje të industrisë automobilistike kanë zbatim multivibratorët.
- ❖ Hulumto në internet për lloje të multivibratorëve dhe në bazë të hulumtimit përpuno projekt.



7.

TESTIMI I QARQEVE ELEKTRONIKE

Duke studiuar përmbajtjet e kësaj teme, do të fitosh njohuri themelore për mënyrën e testimit të disa qarqeve elektronike dhe do të mund:

- të lexosh skema elektrike;
- të identifikosh simbole grafike;
- të njohësh procedurën për testimin e komponentëve.

7.1. Leximi i skemave elektrike

Leximi i skemave elektrike ka rol të rëndësishëm në të kuptuarit e funksioneve të qarqeve elektronike. Skemat elektrike janë të përbëra nga simbolet e elementeve diskrete elektronike ose të qarqeve elektronike, të paraqitura si një tërësi. Në procesin e leximit identifikohen funksionet themelore të elementeve në funksionin e përgjithshëm të pajisjes.

Për lexim dhe kuptim të drejtë të skemave elektrike është e nevojshme njohja e simboleve elektroteknike të elementeve dhe të sinjaleve, si edhe i disa rregullave të caktuara për lidhjen e tyre. Simbolet mund të ndahen në disa grupe të elementeve të ngjashme për identifikim më të lehtë, siç janë:

- komponentët elektronik pasiv dhe aktiv;
- sistemet elektroakustike;
- instrumentet;
- motorët dhe gjeneratorët etj.

Në tekstin e mëposhtëm janë dhënë simbolet më të përdorshme të elementeve elektronike.

7.2. Simbolet grafike të elementeve elektronike

Teknologjia moderne mundëson përdorimin e një numri të madh të komponentëve elektronikë, duke filluar nga diskrete deri te të integruara dhe ato në versionin e SMD. Njohja e karakteristikave themelore teknike dhe i të dhënave themelore praktike është me shumë rëndësi për suksesin e ndërhyrjeve të defektet në nevojë.

Ndarja më themelore e komponentëve elektronikë është në komponentë pasivë dhe aktivë.

7.2.1. KOMPONENTËT PASIVË

Në qarqet elektronike janë të përfaqësuar një shumëllojshmëri e komponentëve pasivë të tilla si **rezistorët (rezistenca)**, **kondensatorët**, **induktivitete dhe tiristorët**.

Rezistorët

Ekzistojnë llojet e mëposhtme të rezistorëve:

- rezistorë **fiks**;
- rezistorë me rezistencë të ndryshueshme (**potenciometra, trimerë**);
- rezistorë vlera e të cilëve varet nga ndonjë eksitim i jashtëm, si **varistorët (VDR- Voltage Dependent Resistors)** rezistenca e të cilit varet nga tensioni, **termistorët (TDR- Temperature Dependent Resistor)** vlera e të cilëve varet nga temperatura dhe rezistorë të varur nga drita të cilës i janë ekspozuar (**LDR- Light Dependent Resistors**).

Simbolet e përgjithshme të cilat hasen në skemat elektrike për lloje të ndryshme të rezistencave janë paraqitur në **figurën 7.1**.

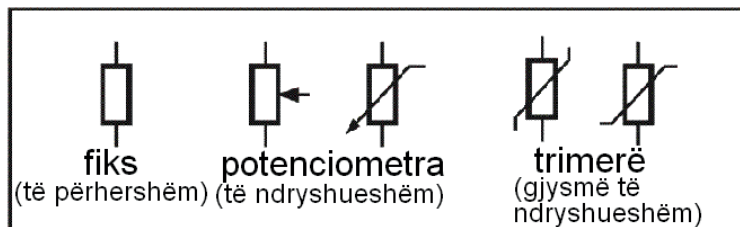


Figura 7.1: Simbole të përgjithshme për rezistorë të ndryshëm.

Parametrat bazë me të cilët karakterizohen rezistorët janë:

- vlera e rezistencës e shprehur në om Ω ;
- fuqia e shprehur në vat (W);
- toleranca e rezistorëve e shprehur në përqindje (p.sh. $\pm 5\%$).

Elektronika - pjesa e rregullt

- koeficienti i temperaturës, i shprehur në përqindje për $^{\circ}\text{C}$ (p.sh. $\%/^{\circ}\text{C}$).

Vlera e rezistorëve fiks mund të shkruhet në vetë ata, që është rast i rrallë. Zakonisht ata shënohen me unaza të ngjyrosura të vendosura njëra ndaj tjetrës, ku secila ngjyrë ka vlerë të caktuar. Rezistorët e ndryshueshëm ndahen në dy lloje:

- për rregullim, kur është i nevojshëm intervenimi i shpeshtë, për këtë arsye kanë bosht të nxjerrë jashtë pajisjes, përmes të cilës manipulohet me ndonjë madhësi elektrike. Ligji i ndryshimit të rezistencës së tyre mund të jetë linear, logaritmik ose antilogaritmik;

- për përshtatje paraprake, të ashtuquajturit trimerë-potenciometra, të cilët janë më të vegjël dhe gjendet brenda, zakonisht në pllakë të stampuar.

Rezistorët SMD shënohen me tri shifra. Dy numrat e parë e japin numrin themelor, kurse numri i tretë e tregon numrin e zerove pas numrit (p.sh. rezistori i shënuar me 223 ka vlerë prej 22000Ω).

Kondensatorët

Si edhe rezistorët, edhe kondensatorët mund të jenë fiks dhe të ndryshueshëm. Karakteristika kryesore e kondensatorëve është që mund të jenë:

- **të polarizuar**, në të cilët njëra pllakë duhet të jetë në tension më pozitiv se tjetra. Polarizimi i kundërt mund të shkaktojë shkatërrimin e kondensatorit dhe dëme në pjesët e tjera të qarkut;

- **të papolarizuar**, të cilët mund të lidhen në qark, pa pasur nevojë të kujdesemi cila pllakë ku është e lidhur.

Simbolet e përgjithshme të disa llojeve të kondensatorëve janë treguar në **figurën 7.2**. Kondensatorët ndahen edhe sipas natyrës dhe dielektrikut mes pllakave. Në të polarizuarit bien elektrolitikët dhe prej tantali. Në të pa polarizuar bien: nga polipropileni, polikarboni, poliesteri, polisterini, me film të metalizuar, qeramik, liskuni, qelqit, ajror, letrës dhe kondensator me vaj. Shënimi i kondensatorëve fillon me të njëjtën logjikë si edhe te rezistorët.

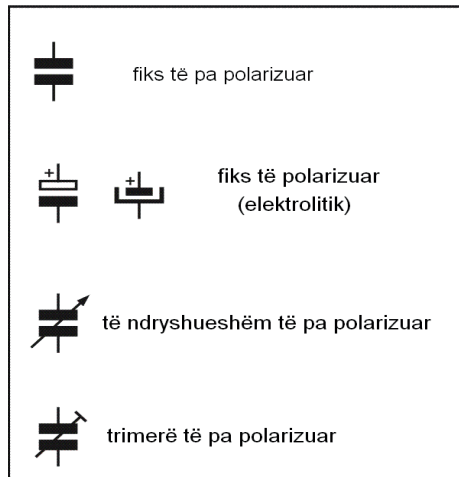


Figura 7.2: Simbolet e kondensatorëve.

Induktivitetet (bobinat)

Edhe induktivitetet (bobinat, mbështjellëset) mund të jenë fikse ose të ndryshueshme. Për të arritur një induktivitet më të madh, spiralja mbështillet rreth bërthamës prej hekuri. Në një bobinë të ndryshueshme induktive bërthama tërhiqet brenda ose nxirret jashtë. Përshtatja e vlerës nuk duhet të bëhet me një kaçavidë metalike, por me plastike, për të shmangur ndikimin e metalit dhe trupit të njeriut në induktivitetin e bobinës.

Bobinat induktive mund të kenë formë cilindrike ose të torusit.

Në **figurën 7.3** tregohen simbolet skematike për disa lloje të bobinave induktive.

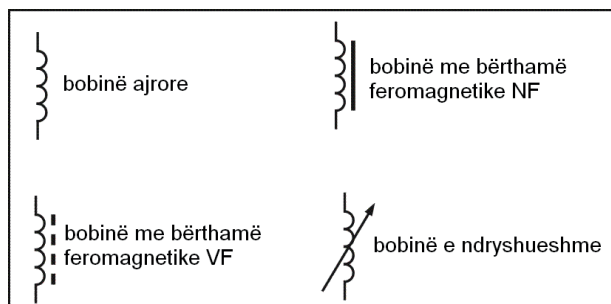


Figura 7.3: Simbole të bobinave të ndryshme.

KONTROLLONI DITURINË TUAJ

1. Çfarë është e nevojshme për leximin e drejtë dhe të kuptuarit e skemave elektrike?
2. Në cilat grupe mund të ndahen simbolet elektrike?
3. Cilët komponentë elektronikë janë pasiv dhe cilët aktiv?
4. Cilat loje të rezistorëve ekzistojnë?
5. Vizato simbolet e përgjithshme për rezistorë të ndryshëm.
6. Cilët janë parametrat bazë të rezistorëve?
7. Defino kondensatorin e polarizuar.
8. Vizato simbolet e përgjithshme për kondensatorë të ndryshëm.
9. Vizato simbolet e përgjithshme për bobina induktive të ndryshme.

Diodat e sinjaleve dhe drejtuese

Në drejtimin lëshues dioda tregon rezistencë të vogël, kure në atë bllokues rezistencë të madhe. Kur përçon, në të ka rënie të vogël të tensionit, i njohur si Forward Voltage Drop. Në diodat e germaniumit ai është rreth 0,3 V, kurse te silici është 0,6V. Megjithatë, rryma në drejtimin bllokues në diodat e germaniumit është dukshëm më e madhe se te silici.

Kjo rrymë rritet ndjeshëm me rritjen e temperaturës. Tensioni i kundërt maksimal në të cilin mund të jetë ekspozuar dioda, është i njohur si Reverse Repetitive Maximum Voltage (U_{RRM}). Diodat e silicit kanë rezistencë më të vogël në drejtimin lëshues dhe karakteristikë më të pjerrët në krahasim me të germaniumit. Prandaj, ato përdoren për drejtim dhe për zbatime të përgjithshme, ndërsa diodat e germaniumit përdoren kryesisht për detektim. Nga këtu del edhe ndarja në dioda të sinjaleve dhe drejtuese.

Në **figurën 7.4** janë treguar simbolet për disa lloje të diodave.

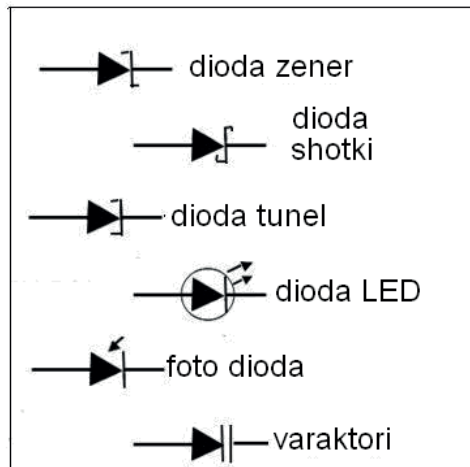


Figura 7.4: Simbolet të diodave të ndryshme.

Diodat zener

Diodat zener janë dioda silici të cilat posedojnë karakteristika të qëndrueshme në tensionin e zenerit në drejtimin e kundërt. Ekzistojnë më tepër familje të këtyre diodave varësisht nga karakteristikat e përgjithshme, të paketimin dhe fuqisë. Tensioni zener i tyre sillet prej 2,4V deri në 91V. Për diodat zener përdoren paketime plastike dhe të qelqit, si edhe për diodat e tjera. Shenja e katodës është e njëjtë. Këto dioda kryesisht përdoren për stabilizimin dhe krijimin e tensionit referent. Mund të lidhet në mënyrë serike, që arrihet tension më i lartë. Diodat zener tregojnë karakteristika më të mira për tensione mes 5V dhe 6V.

MOS HARRO SE...!

- * **Skemat elektrike janë të përbëra nga simbolet e elementeve elektronike ose qarqet elektronike, të paraqitura si një tërësi.**
- * **Ndarja më themelore e komponentëve elektronikë është në komponentë pasivë dhe aktivë.**
- * **Komponentë pasivë janë rezistorët, kondensatorët, bobinat induktive, diodat dhe tiristorët.**
- * **Në kondensatorët e polarizuar bëjnë pjesë: elektrolitikët dhe të tantalit.**

Elektronika - pjesa e rregullt

- * Edhe bobinat induktive, si edhe rezistorët dhe kondensatorët, mund të jenë fikse dhe të ndryshueshme.
- * Në komponentët aktivë bëjnë pjesë transistorët, përforcuesit operacional dhe qarqet e integruara.
- * Diodat mund të jenë sinjalizuese dhe drejtuese.
- * Diodat zener kryesisht përdoren për stabilizimin dhe krijimin e tensionit referent.

Tiristori dhe triaku



Tiristorët janë elemente gjysmëpërçuese me tri dalje të cilët përdoren për ndërprerjen dhe kontrollimin e tensionit alternativ (të quajtur Silicon Controlled Rectifiers). Ata shumë shpejt kalojnë nga një gjendja e përçueshmërisë me rezistencë të vogël, në gjendjen e bllokimit dhe anasjelltas. Për këtë shkak, humbja e fuqisë së tiristorëve është shumë e vogël. Kur është në gjendjen përçuese, rryma nuk mund të ndalet me sinjal në gejt. Ndalja kryhet vetëm me uljen e tensionit të anodës në zero. Për zbatime të vazhduara është e nevojshme të ndërpritet ushqimi që të silltet në gjendjen e bllokuar (të ristartohet). Nëse, megjithatë, ushqimi është alternativ, tiristori automatikisht do të ristartohet edhe atë çdo herë kur do të ndryshojë drejtimi i tensionit alternativ. Përçon vetëm gjatë njëjës gjysmëperiodë ose për një pjesë të saj. Kjo do të thotë se tiristori drejton.

Ngjashëm si diodat, tiristorët kanë anodë dhe katodë, por edhe dalje të tretë, të quajtur gejt-portë (Gate-G). Në **figurën 7.5** tregohen simbolet elektrike të tiristorit dhe triakut.

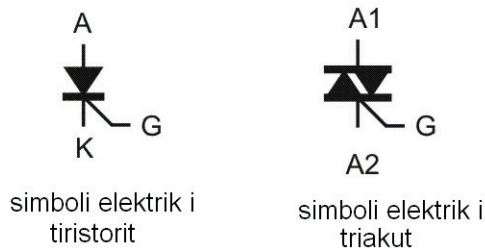


Figura 7.5: Simbolet e tiristorit dhe triakut.

Triaku, për dallim nga tiristori, mund t'i përçojë edhe gjysmëperiodën pozitive edhe atë negative të tensionit alternativ. Mund të vëzhgohet si dy tiristorë të lidhur në paralel (ose SCR), vetëm të kthyer kundrejt njëri-tjetrit. Ka tri dalje A1 (anoda 1), A2 (anoda 2) dhe G (Gate). Mund të trigerohet, gjegjësisht të silltet në gjendjen përçuese me vendosjen e impulsit pozitiv ose negativ në gejt, me çka në A2 do të ketë tension pozitiv ose negativ përkatësisht. Në këtë mënyrë triaku mundëson kontrollin në të dy gjysmëperiodat, për dallim nga tiristori, i cili mundëson kontroll vetëm në një gjysmëperiodë.

7.2.2. Komponentët aktivë

Në komponentët aktivë bëjnë pjesë transistorët, përforcuesit operacional dhe qarqet e integruara (IC-Integrated Circuits).

Transistorët bipolarë

Klasifikimi i transistorëve është bërë sipas materialit të gjysmëpërçuesit (silic ose germanium) dhe nga fusha e zbatimit:

- për frekuenca të ulëta (LF nën 100kHz);
- për frekuenca të larta (RF mbi 100kHz);
- për fuqi;
- për komutim;
- për zhurma të ulëta;
- për tensione të larta;

Etiketimi evropian i transistorëve përmban dy shkronja dhe tre numra (për transistorët e përdorimit të përgjithshëm) ose tri shkronja dhe dy numrave (për transistorëve për përdorim të veçantë):

- A** - germanium
- B** - silic.

Elektronika - pjesa e rregullt

Shkronja e dytë e tregon përdorimin:

C - fuqi të ulët, frekuenca të ulëta:

D - fuqi të lartë, frekuenca të ulëta:

F - fuqi të ulët, frekuenca të larta:

L - fuqi të lartë, frekuenca të larta.

Shkronja e tretë nuk ekziston çdoherë.

Transistorët e silicit kanë karakteristika më të mira në krahasim me ata të germaniumit, pothuajse në të gjitha zbatimet. Kalimet bazë–emiter dhe bazë–kolektor paraqesin dioda. Gjatë kontrollimi të cilësisë së transistorëve kryhet i ashtuquajhuri test i diodës me instrument universal i cili është i vendosur për të matur rezistencat. Brendësia e bazës në transistor zë një vend të vogël, për dallim nga emiteri dhe kolektori, kështu që ngarkesat nëpër të kalojnë shpejt. Për këtë arsye, rryma e saj është e vogël, ndërsa rryma në qarkun e emiterit është shumë herë më e madhe. Kahja e rrymës është prej emiterit në drejtim të kolektorit në transistorin-PNP dhe prej kolektorit kah emiteri në transistorin-NPN.

Simbolet dhe drejtimet e rrymave në të dy llojet e transistorëve bipolarë janë paraqitur në **figurën 7.6**.

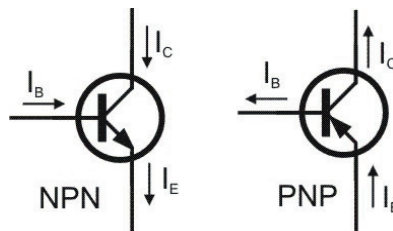


Figura 7.6: Simbolet elektrike dhe drejtimet e rrymave në transistorin-NPN dhe PNP.

Parametra tjerë të rëndësishëm të transistorit janë:

$I_{C\max}$ - rryma maksimale e kolektorit;

$V_{CEO\max}$ - vlera maksimale e tensionit mes kolektorit dhe emiterit kur qarku i bazës është i hapur;

$P_{T\max}$ - disipacioni maksimal i fuqisë;

h_{fe} - përforsimi i rrymës për sinjale të vogla me emiter të përbashkët;

f_t - frekuenca kalimtare (d.t.th. frekuenca gjatë së cilës përforsimi i rrymës bie në zero).

Shumë parametra të transistorëve dallohen thellësisht nga njëri lloj në tjetrin të transistorit të të njëjtit lloj. Për këtë shkak, gjatë projektimit të qarkut e rëndësishme është të përdoren vlera minimale për h_{fe} që të sigurohet funksionimi i suksesshëm i qarkut me transistorë të ndryshëm nga i njëjti lloj.

Paketimet janë të ndryshme. Transistorët për sinjale të vogla janë në shtëpiza plastike ose shtëpizë të vogël metalike. Transistorët për fuqi të mesme dhe të madhe kryesisht janë në shtëpiza metalike me ftohës.

Disa nga shtëpizat janë treguar në **figurën 7.7**.

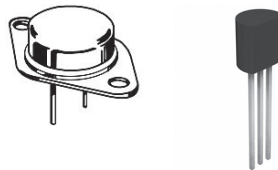


Figura 7.7: Paketime të transistorëve.

FET (Field Effect Transistor) transistorët

Daljet e këtyre transistorëve quhen burim (Source-S), drejn-derdhje. Ekzistojnë realizime me lloj-P dhe lloj-N. FET-ët ekzistojnë në dy forma themelore: me gejt të bashkuar (Junction Gate-JFET) dhe me gejt të izoluar (Insulated Gate-IGFET). Të teknologjisë fundit zakonisht përdorin teknologjinë metal në silic (Metal on Silicium-MOS) për këtë arsye janë të njohur edhe si MOSFET. JFET-ët kanë zhurmë më të ulët dhe janë më të qëndrueshëm nga IGFET-ët përkatës. Impedansa e hyrjes së FET-it është shumë më e madhe se në transistorët bipolarë. Ajo te JFET është 100Ω , kurse te MOSFET-i rreth $10,000\Omega$. MOSFET-ët janë më të përshtatshëm për përdorim në qarqet komutuese.



Elektronika - pjesa e rregullt

MOSFET-ët janë të ndjeshëm në elektricitetet statike dhe mund të dëmtohen lehtësisht nga trajtimi i pakujdesshëm dhe bashkimi. Për dallim nga MOSFET, JFET janë më pak të ndjeshëm në elektricitetet statike, por janë të ndjeshëm në paratension në gejt me lidhje të kundërt.

Në **figurën 7.8** tregohen simbolet elektrike të llojeve të FET-ëve dhe MOSFET-ëve.

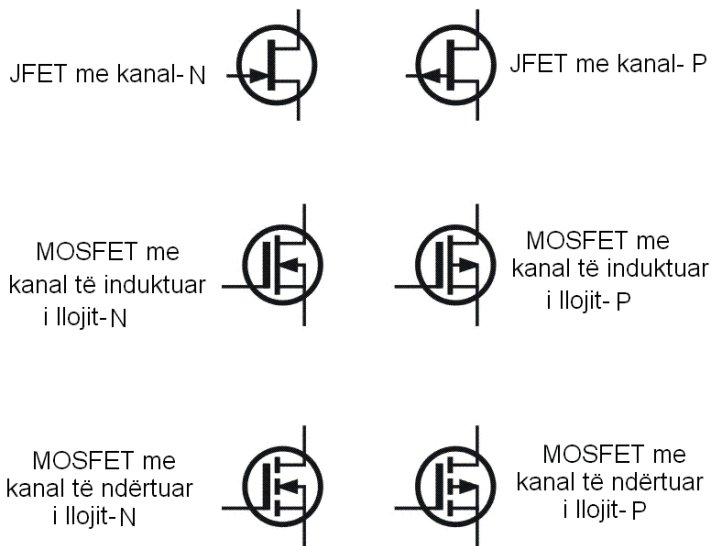


Figura 7.8: Simbolet elektrike të llojeve të FET-ëve dhe MOSFET-ëve

Qarqet e integruara

Ato janë struktura elektronike që mund të përmbajnë qindra ose mijëra komponentë në një hapësirë të vogël, kurse numri i komponentëve në 1mm rritet me zhvillimin e procedurave teknologjike. Kategorizimi i tyre bëhet në përputhje me metodën e përpunimit – në monolitik dhe hibrid, ose sipas parimit të funksionimit në analog (linear) dhe digjital. Përforcuesit operacionalë janë qarqe analoge më të përhapur, kure qarqet flip-flop dhe qarqet komutuese janë qarqe digjitale më të përfaqësuara. Qarku monolitik prodhohet vetëm në një copë silici të quajtur (chip), ndërkohë hibridët përmbajnë më tepër çipe monolite të lidhura mes veti. Qarqet e integruara hibride (IC) paraqesin mikrominiaturizim të qarkut me elemente diskrete. Mangësi e tyre është se kërkojnë më tepër hapësirë se qarqet monolite dhe numër më të madh të lidhjeve me tela, kështu që siguria e tyre është

më e vogël. Megjithatë, përparësi e tyre është mundësia për t'u prodhuar në seri më të vogla dhe aftësia për të punuar me fuqi më të mëdha. Qarqe të integruara më të njohura hibride janë përforcuesit e integruar të fuqisë të serisë STK.

Me shtimin e disa komponentëve të jashtëm qarqet e integruara mund të kryejnë më tepër funksione matematikore, të jenë përforcues të sinjaleve të vazhduara dhe alternative, përforcues audio dhe video, komparator tensioni, gjeneratorë të formave kënddrejta ose trekëndore të valëve sinusoidale etj.

Teknologjia bipolare në qarqet e integruara është e karakterizuar me reagimin e shpejtë, me konsum të lartë dhe densitet të vogël të paketimit. Paketimet e jashtme janë të ndryshme.

Në **figurën 7.9** tregohen disa paketime të ndryshme të qarqeve të integruara të tilla si DIL dhe DIP daljet e vendosur në dy radhë, daljet SIL në një rresht dhe realizimi SMD për montim sipërfaqësor.

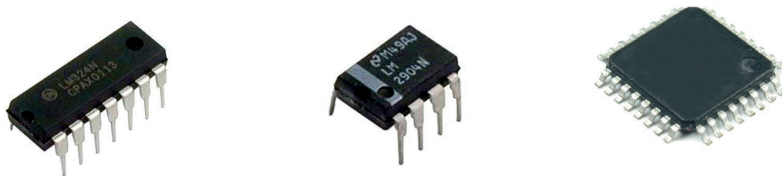


Figura 7.9: Disa paketime të jashtme të qarqeve të integruara.

KONTROLLONI DITURINË TUAJ

1. Cilët komponentë bëjnë pjesë në grupin e komponentëve aktivë?
2. Për çka përdoren diodat e silicit dhe për çka diodat e germaniumit?
3. Ku përdoren diodat zener?

7.3. Testimi i funksioneve të elementeve

Testimi i funksionimit të elementeve mund të bëhet në dy mënyra: në situatën kur elementi gjendet jashtë qarkut elektrik dhe është pa asnjë lloj furnizimi

Elektronika - pjesa e rregullt

dhe testimi në kuadër të qarkut elektrik me të gjitha tensionet e duhura. Sipas kësaj edhe zgjedhim metodën e përshtatshme të testimit.

Test-instrument themelor për testimin e komponentëve elektronikë është instrumenti universal, i cili mund të jetë analog ose digjital. Me këtë instrument është i mundur testimi në dy mënyra: jashtë qarkut elektrik dhe drejtpërdrejt në qark kur është në funksion.

Për të provuar funksionimin e elementeve jashtë qarkut elektrik përdoren funksionet për matjen e rezistencës, për matjen e kapacitetit, induktivitetin e bobinave dhe për matjen e gjysmëpërçuesve. Për secilin prej këtyre funksioneve ekziston simbol adekuat në instrument me numër më të madh të diapazonit të matjeve, kurse për matjen e gjysmëpërçuesve (diodave dhe transistorëve) ka fushë me simbol TEST DIODA dhe simbol h_{FE} për matjen e faktorit të përforcimit të transistorëve.

Për testimin e vlerave të qarkut aktiv në dispozicion janë matjet e tensioneve dhe rrymave të vazhduara dhe alternative me numër më të madh të diapazonit të matjeve. Kur matet tensioni, zgjidhet diapazoni me numër më të madh të matjeve dhe kur rezultati është më i vogël se gjysma e vlerës më të madhe të diapazonit të zgjedhur kalohet në diapazonin me vlerë më të vogël. Matja e rrymës bëhet më rrallë dhe për një matjeje të tillë është e nevojshme të ndërpritet qarku i rrymës dhe ndërprerja të lidhet në urë në skajet testuese të instrumentit. Rezultatet e kësaj matjeje i paraqesin vlerat efektive të tensionit dhe rrymës.

Matja e formës valore të sinjalit bëhet me osciloskop. Në indikatorin vizual - ekranin e osciloskopit shihen si format, ashtu edhe vlerat maksimale nga skaji në skaj të sinjalit. Ekzistojnë osciloskopë njëkanalësh dhe dykanalësh në të cilët mund të bëhet krahasimi i dy sinjaleve.

Me osciloskop maten madhësitë e ndryshueshme periodikisht, që do të thotë se mund të matet koha e përsëritjes së sinjalit, me të fitohet frekuenca e tij, amplituda e sinjalit nga maja e njërit drejtim deri në majën e drejtimit tjetrit, që do të thotë vlera maksimale e tij.

Gjatë matjeve përdoren sonda matëse me shkallë të caktuar të zvogëlimit prej 1:10 dhe 1:100, kurse për matjet në anën e tensionit të lartë të shkëndijave elektrike për ndezje, sondat speciale të tensionit të lartë.

Për nevojat e riparimit janë përpunuar osciloskopë specialë me të cilët mund matet sistemi për fitimin e tensionit të lartë për shkëndija elektrike, gjendja në radhën e ndezjes dhe koha e injektimit të karburantit.

7.4. Fshirëset e dritareve të automjeteve

Fshirëset e dritareve të automjeteve kanë rregullim elektronik të mënyrës së funksionimit. Në varësi nga kushtet e jashtme atmosferike, fshirëset duhet të punojë pandërprerë ose në perioda të caktuara. Kjo është e nevojshme për të shmangur konsumimin e tepruar e të gomave të fshirësve. Gjatë ndalimit të fshirëses, doreza mbajtëse e fshirëses gjithmonë duhet të vijë në pozitën fillestare, të mos pengojë në dukshmërinë e rrugës.

Për caktimin e taktit të punës zbatohet qarku elektronik si në **figurën 7.10**.

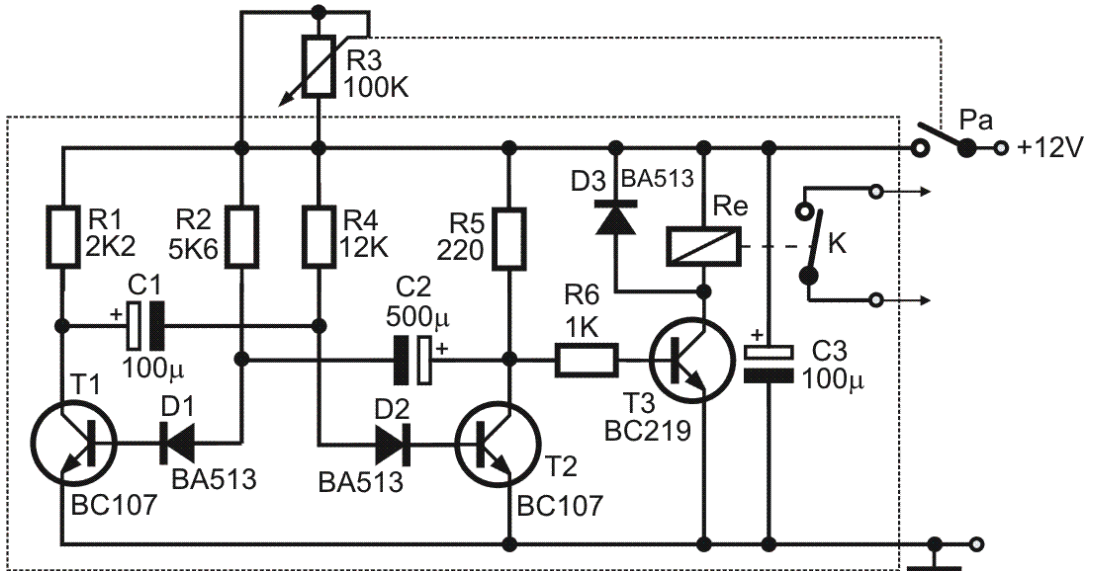


Figura 7.10: Skema elektrike për rregullimin e mënyrës së punës së fshirësve.

Elektronika - pjesa e rregullt

Qark është i përbërë nga multivibratori astabil me transistorët T1 dhe T2 i cili komandon me transistorin T3, e aktivizon relenë Re. Vlerat e elementeve RC janë të zgjedhura në atë mënyrë që të merret kohë më e gjatë e bllokimit transistorit T3, i cili e aktivizon relenë Re. Kontakti i punës K i relësë është i lidhur paralel me çelësin për kyçje të drejtpërdrejtë të fshirësës.

Në seri me rezistencën R2 është i lidhur potenciometri R3, me të cilin rregullohet koha kur do të shkyçet fshirësja. Kjo kohë sillet në kufijtë prej 2 deri në 40 sekonda. Koha e pastrimit, e përcaktuar nga vlerat e C1 dhe R4, është rreth 1 sekondë. Ajo mund të zgjatet me rritjen e vlerës së rezistencës R4.

Sa i takon motorit të fshirësës, ekzistojnë disa sisteme të ndryshme. Për secilin prej tyre dallohet edhe mënyra e kyçjes së rregullimit elektronik (**figura 7.11**).

Motori i fshirësës kyçet me çelësin P1 (**figura 7.11.a**), të vendosur në tabelën e instrumentit ose të timonit për qasje të dorës së shoferit. Në motor ndodhet çelësi Pk, për gjendjen fillestare të dorezës së fshirësës. Ky çelës kyçet në momentin e startimit të motorit dhe mbetet i kyçur deri sa fshirësja nuk vjen në pozitën fillestare. Në këtë mënyrë, motori vazhdon të punojë edhe kur është i shkyçur çelësi P1 që të vijë doreza e fshirësës në pozitën fillestare dhe të shkyçë çelësin Pk.

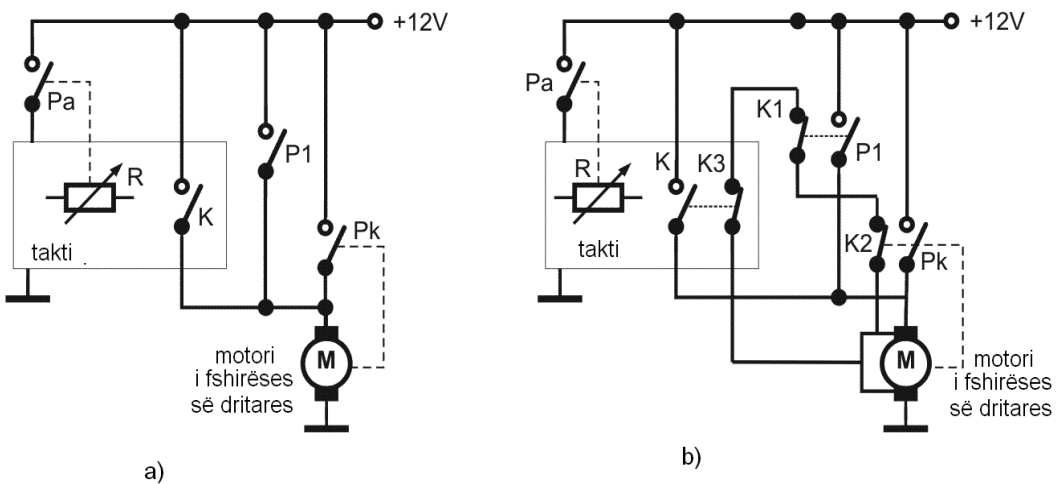


Figura 7.11: Rregullimi elektronik i motorit të fshirësve.

Lloj tjetër i motorëve janë bërë me frenim elektrik me lidhje të shkurtër të rotorit. Kjo realizohet në pozitën e fundit të fshirëses me kontaktet K1 dhe K2, të lidhura në seri (**figura 7.11.b**). Kontakti K1 është i lidhur mekanikisht me çelësin P1, kurse K2 me kalimin e Pk.

Në qoftë se nuk është e njohur skema e lidhjes së motorit, me ommetër duhet të gjenden skajet e çelësit Pk dhe i rotorit të motorit.

Procedurat për matjen dhe testimin e qarqeve elektronike janë paraqitur në kapitullin e gjashtë të pjesës zgjedhore të librit.

VERIFIKIMI TEMATIK

I Pyetje me rrethim (Rretho përgjigjet e sakta)



1. Elemente pasive elektronike janë:

- a) diodat
- b) rezistencat
- c) transistorët
- d) qarqet e integruara.


2. Elemente aktive elektronike janë:

- a) kondensatorët
- b) tiristorët
- c) induktivitetet
- d) MOSFET-i.


Elektronika - pjesa e rregullt

3. Shkronja e parë sipas standardeve evropiane për etiketimin jep informacion për:

- a) llojin e veçantë të transistorit dhe karakteristikat e tij
- b) zbatimin e transistorit
- c) materialin nga i cili është prodhuar transistori.

4.  është simboli elektrik për:

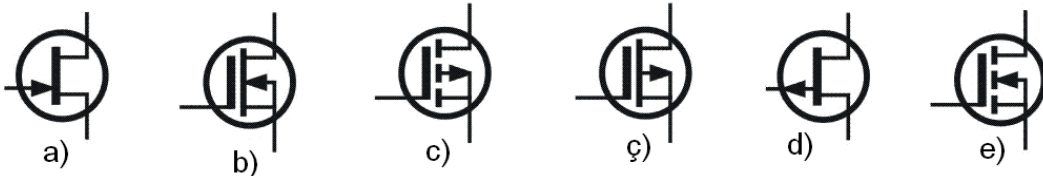
- a) kondensator fiks i papolarizuar
- b) kondensator fiks i polarizuar
- c) kondensator i ndryshueshëm i papolarizuar.

5.  është simboli elektrik për:

- a) diodë
- b) triak
- c) tiristor.

II Pyetje me lidhshmëri

6. Lidh simbolet elektrike me elemente:



- 1. JFET me kanal- N _____
- 2. JFET me kanal - P _____
- 3. MOSFET me kanal-N me kanal të induktuar _____
- 4. MOSFET me kanal-P me kanal të induktuar _____
- 5. MOSFET me kanal-N me kanal të ndërtuar _____
- 6. MOSFET me kanal-P me kanal të ndërtuar _____

7. Lidhi simbolet elektrike me elementet:

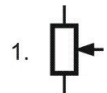
a) trimer _____

b) kondensator i ndryshueshëm i pa polarizuar _____

c) diodë tunel _____

d) potenciometër _____

e) diodë shotki _____.



III Pyetje me plotësim

8. Instrumenti me të cilin mund të matet koha e përsëritjes së sinjalit, e me të edhe frekuenca e tij, amplituda e sinjalit nga maja në majë quhen _____.

Ushtrime për mësim aktiv:

- ❖ Demonstrimi me multimetër si realizohet matja dhe testimi i qarqeve elektronike.
- ❖ Hulumto në internet për simbole të komponentëve aktivë elektronik siç janë: transistorët bipolarë dhe unipolarë, qarqet e integruara dhe në bazë të hulumtimit përpuno projekt.



ELEKTRONIKA

pjesa II zgjedhore

- ❖ Qarqet themelore me dioda - drejtuesit
- ❖ Qarqet themelore me transistorë
- ❖ Transistori si përforcues
- ❖ Përforcuesit operacional dhe zbatimi i tyre në teknologjinë e integruar
- ❖ Stabilizatorët e tensionit dhe rrymës
- ❖ Procedura të matjeve në qarqet elektronike

Z.1.

QARQET THEMELORE ME DIODA - DREJTUESIT

Duke studiuar përmbajtjet e kësaj teme do të fitosh njohuri themelore për drejtuesit dhe do të mund:

- të përshkruash qarqet themelore të rrymave me dioda drejtuese;
- të lexosh shënime të diodave drejtuese;
- të njohësh dhe përshkruash lidhjet-urë (të Grecit etj.);
- të dallosh parametra themelorë të diodave në regjimin drejtues të punës;
- të përshkruash zbatimin e diodave drejtuese tek automjetet dhe te burimet e ushqimit-furnizimit;
- të sqarosh parimin e punës të drejtuesit gjysmëvalor dhe diagramet e punës;
- të sqarosh parimin e punës të drejtuesit të valës së plotë dhe diagramet e punës;
- të sqarosh filtrimin e tensionit të vazhduar me zbatimin e kondensatorit.

Z-1.1. Drejtuesi (radrizatori) gjysmëvalor

Drejtuesit shërbejnë për konvertimin e energjisë elektrike njëfazore ose trefazore në të vazhdueshme.

Drejtues më i thjeshtë është drejtuesi gjysmëmalor. Ai është i përbërë nga një diodë e lidhur në seri me ngarkesën me rezistencë R. (figura 1.1.). Tensioni në pikat A dhe B (u_{AB}) është tensioni i fituar nga burimi alternativ $u(t)$.

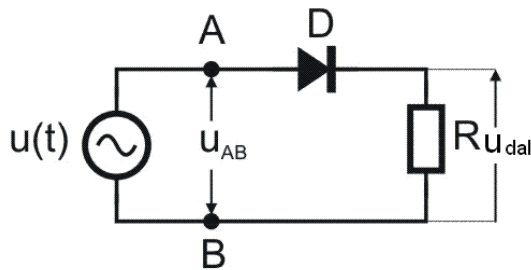


Figura 1.1: Drejtuesi gjysmëvalor me dioda

Për kohën e gjysmëperiodës pozitive të tensionit alternativ $u(t)$, pika A do të jetë në potencial më të lartë nga pika B. Dioda do të jetë e polarizuar direkt. Duke u nisur nga supozimi se dioda është ideale, që do të thotë se gjatë polarizimit direkt rezistenca e saj është zero dhe nuk ka rënie të tensionit në skajet e saj, do të rrjedhë rryma nëpër të në drejtimin nga pika A drejt pikës B. Ajo njëkohësisht është edhe rryma nëpër ngarkesë me drejtimin e treguar në figurën 1.2. Si rezultat fitohet tension dalës i cili ka formë të njëjtë si tensioni i hyrjes.

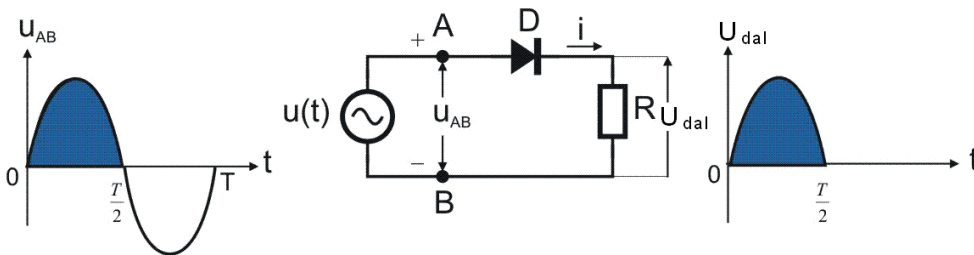


Figura 1.2: Drejtuesi gjysmëvalor me diodë për kohën e gjysmëperiodës pozitive.

Qarqet themelore me dioda – drejtuesit

Gjatë kohës së gjysmë-periodës negative të tensionit të hyrjes, pika B do të jetë në potencial më të lartë se pika A. Dioda do të jetë e polarizuar direkt. Gjatë polarizimit invers të diodës rezistenca është pafundësisht e madhe dhe nuk rrjedh rryma nëpër të. Me këtë nuk rrjedh rrymë nëpër ngarkesë (**figura 1.3**).

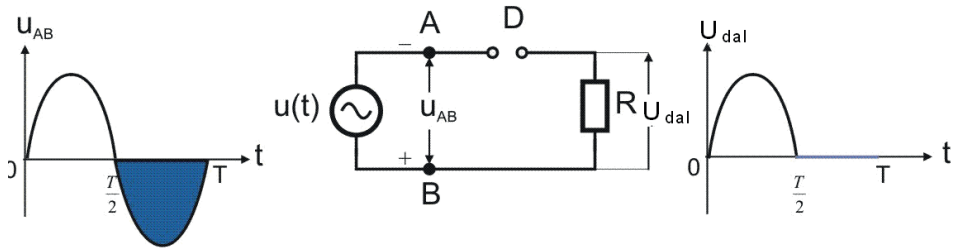


Figura 1.3: Drejtuesi gjysmëvalor me diodë për kohën e gjysmëperiodës negative.

Pasi që rryma nëpër ngarkesë rrjedh vetëm gjatë kohës së njëres gjysmëperiodë, ky drejtues quhet **drejtues gjysmëvalor**.

Në figurën 1.4 janë paraqitur forma valore të tensionit U_{AB} dhe tensioni i daljes gjatë kohës së dy periodave.

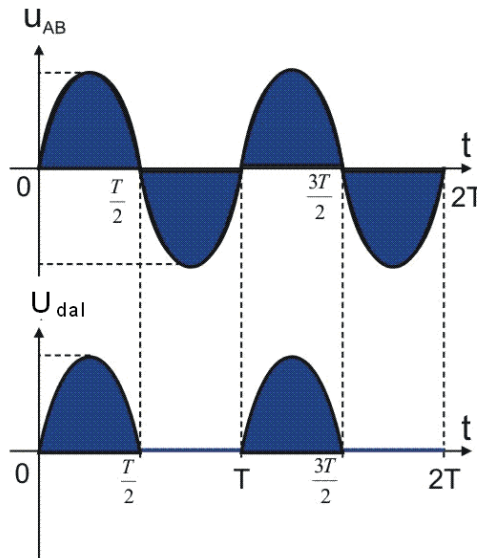


Figura 1.4: Format valore të tensioneve në drejtuesin gjysmëvalor me dioda.

Ndërtimi i drejtuesit gjysmëvalor me transformator në hyrje është dhënë në tërësinë tematike të katërt: Qarqet themelore të rrymave dhe zbatimi i elementeve gjysmëpërçuese në qarqet e rrymave. Diskutimi për koeficientin valor (të pulsimit) mbetet i njëjtë.

Z-1.2. Drejtuesi i valës së plotë

Drejtuesi i valës së plotë ka karakteristika më të mira nga drejtuesi gjysmëvalor. Drejtuesi i valës së plotë mund të bëhet në dy variante: me 2 dioda drejtuese dhe me 4 dioda drejtues mes veti të lidhura në konfiguracionin e urës, të njohur si **lidhja e Grecit**.

Në **figurën 1.5** është treguar drejtuesi i valës së plotë me dy dioda..

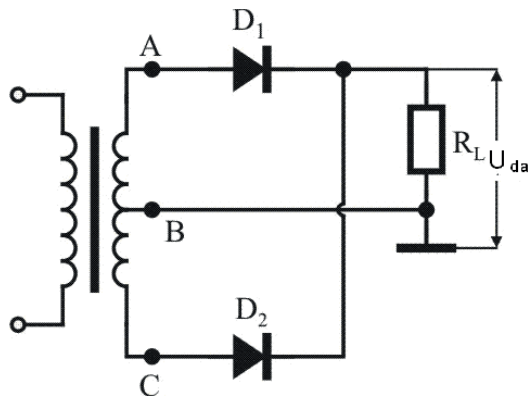


Figura 1.5: Drejtuesi i valës së plotë me dy dioda.

Drejtuesi është i ndërtuar nga transformatori me dalje të mesme në mbështjellësen sekondare, gjegjësisht me dy sekondarë dhe dy dioda. Tensionet e sekondarëve të transformatorit U_{AB} dhe U_{CB} kanë amplituda të njëjta, por faza të kundërta. Anodat e diodave janë të lidhur në skajet e mbështjellësve sekondarë të transformatorit. Katodat e diodave janë të lidhura në njërin skaj të ngarkesës, kurse skaji tjetër i ngarkesës është i lidhur në daljen e mesme të mbështjellësve sekondarë.

Gjatë kohës së gjysmëperiodesë pozitive të tensionit U_{AB} , dioda D_1 është e polarizuar direkt dhe rrjedh rryma i_1 përmes ngarkesës R_L në drejtimin nga pika A drejt pikës B (figura 1.6). Në të njëjtën kohë, tension U_{BC} është negativ, dioda D_2 është me polarizim invers dhe nuk rrjedh rryma nëpër të (në figurë është paraqitur si qark i hapur).

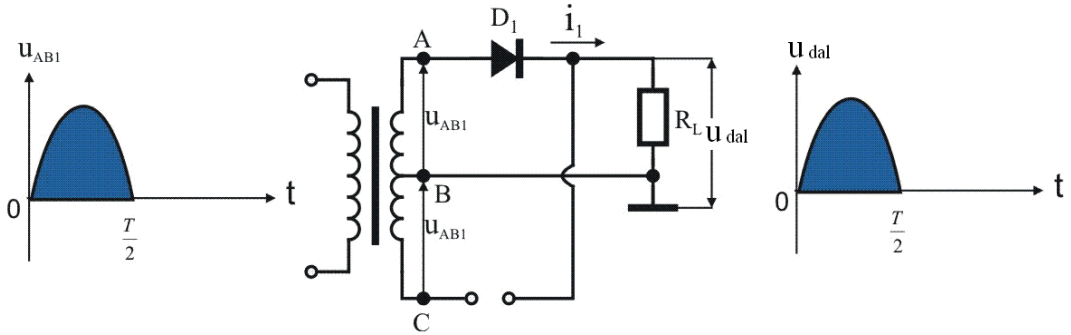


Figura 1.6: Drejtuesi i valës së plotë me dy dioda gjatë kohës së gjysmëperiodesë pozitive.

Gjatë kohës të gjysmëperiodesë negative të tensionit U_{AB} , dioda D_2 është e polarizuar direkt dhe rrjedh rryma i_2 përmes ngarkesës R_L në drejtimin nga pika C drejt pikës B (figura 1.7). Në të njëjtën kohë, tension U_{AB} e polarizon në mënyrë inverse diodën D_2 dhe nuk rrjedh rrymë nëpër të (në figurë është paraqitur si qark i hapur).

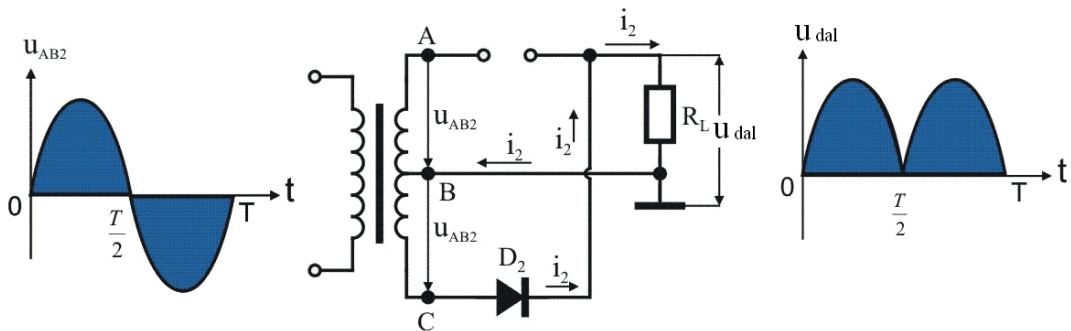


Figura 1.7: Drejtuesi i valës së plotë me dy dioda gjatë kohës së gjysmëperiodesë negative.

Elektronika – pjesa zgjedhore

Rryma nëpër ngarkesë do të rrjedhë në të njëjtin drejtim gjatë kohës së dy gjysmëperiodave të tensionit të hyrjes. Për këtë arsye ky drejtues quhet i valës së plotë.

Në **figurën 1.8** tregohen format valore të tensionit U_{AB} dhe tensioni i daljes gjatë kohës së dy gjysmëperiodave të drejtuesit të valës së plotë është paraqitur me dy dioda.

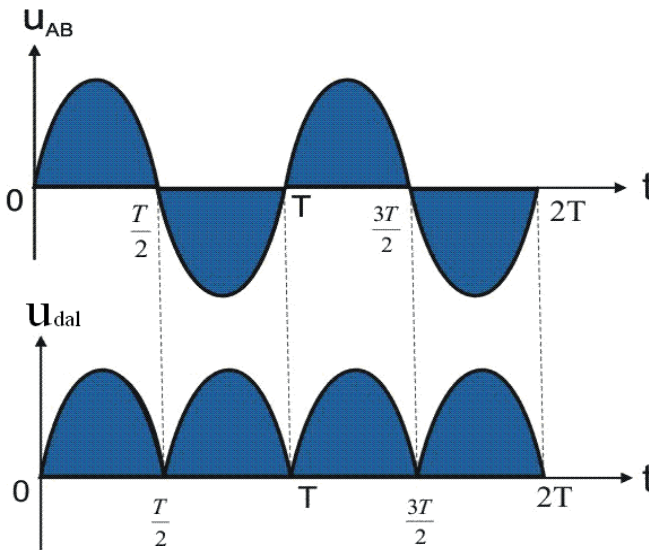


Figura 1.8: Forma valore të tensioneve në drejtuesin e valës së plotë me dy dioda

Diskutimi për koeficientin valor mbetet i njëjtë me atë të dhënë në tërësinë e katërt tematike: 4. Qarqet themelore të rrymave dhe zbatimi i elementeve gjysmëpërçuese është paraqitur në qarqet e rrymave.

Mangësi e kësaj skeme është përdorimi i transformatorit me dalje të mesme i cili është më i shtrenjtë se transformator me një sekondar. Realizimi i drejtuesit të valës së plotë në konfiguracionin e urës e tejkalon këtë mangësi. Skema në e drejtuesit të vogël së plotë në konfigurimin urë është i përbërë nga transformatori me një sekondar dhe katër dioda të lidhura në urë (**figura 1.9**). Për funksionimin e duhur të drejtuesit duhet të kemi kujdes në lidhjen e diodave. Në njëërën diagonale të urës është i lidhur tensioni alternativ U_{AB} nga sekondari i transformatorit, kurse në diagonalen tjetër është lidhur ngarkesa R_L .

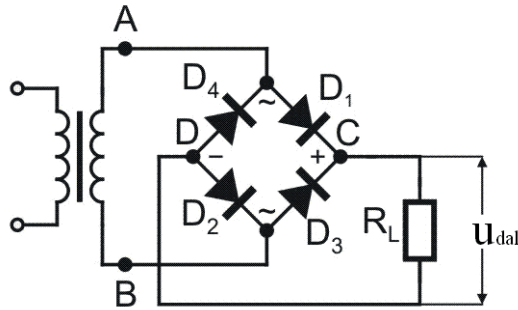


Figura 1.9: Drejtuesi i valës së plotë me katër dioda.

Gjatë kohës së gjysmëperiodës pozitive të tensionit U_{AB} , pika A është në potencial më të lartë nga pika C, kështu që diodat D1 dhe D2 janë të polarizuara direkt dhe rrjedh rryma i_1 përmes ngarkesës R_L në drejtimin nga pika A, përmes C, përmes pikës D kah pika B. (**figura 1.10**). Në të njëjtën kohë, diodat D3 dhe D4 janë me polarizim invers dhe nuk rrjedh rryma nëpër to (në figurë janë paraqitur si qark i hapur).

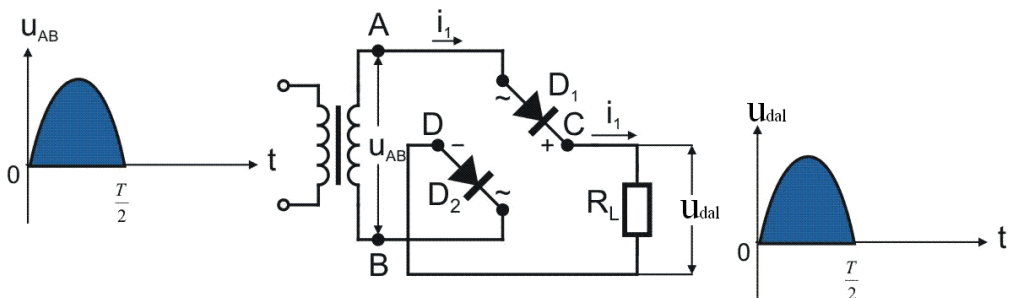


Figura 1.10: Drejtuesi i valës së plotë me katër dioda gjatë kohës së gjysmëperiodës pozitive.

Gjatë kohës së gjysmëperiodës negative të tensionit U_{AB} , pika C është në potencial më të lartë nga pika A, kështu që diodat D1 dhe D2 janë të polarizuara inverse dhe nëpër to nuk do të rrjedhë rryma. Në këtë rast, diodat D3 dhe D4 janë me polarizim direkt dhe nëpër ngarkesën R_L rrjedh rryma i_2 në drejtimin nga pika B, nëpërmjet C, nëpër pikën D kah pika A (**figura 1.11**).

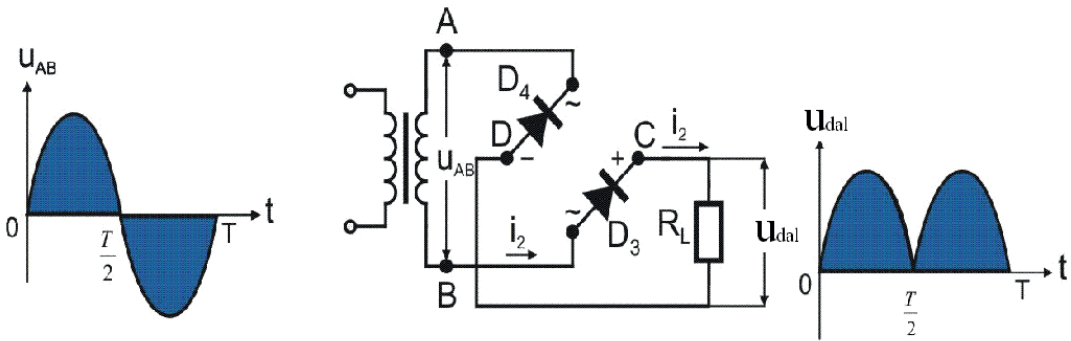


Figura 1.11: Drejtuesi i valës së plotë me katër dioda gjatë kohës së gjysmëperiodës negative.

Format valore të tensionit U_{AB} dhe tensionit të daljes gjatë kohës së dy gjysmëperiodave të drejtuesit të valës së plotë me katër dioda janë të njëjta me format valore të tensioneve në drejtuesin me dy dioda të cilat janë paraqitur në **figurën 1.8**.

Drejtuesi me katër dioda në konfiguracionin e urës quhet **lidhje e Grecit**. Pasi që përdor transformator të thjeshtë, ai përdoret më shpesh në praktikë.

Diskutimi për koeficientin valor mbetet i njëjtë me atë të dhënë në tërësinë e katërt tematike: 4. Qarqet themelore të rrymave dhe zbatimi i elementeve gjysmëpërçuese në qarqet e rrymave.

Z-1.3. Drejtuesit shumëfazorë

Për punë me fuqi më mëdha përdoren drejtuesit tre e më tepër fazorë, të cilët mund të realizohen si qarqe me dalje të mesme ose si ura drejtuese.

Në **figurën 1.12** është treguar skema e drejtuesit gjysmëvalor trefazor me yll. Skema është e përbërë nga një transformator trefazor dhe tri dioda drejtuese. Në mbështjellëset primare të transformatorit janë lidhur tri faza R, S dhe T të tensionit trefazor. Të tri mbështjellëset sekondare të transformatorit janë lidhur në formë të yllit. Në seri me secilën mbështjellëse sekondare është lidhur nga një diodë drejtuese. Ngarkesa nga njëra anë është e lidhur me katodat e të tri diodave, kurse

Qarqet themelore me dioda – drejtuesit

nga ana tjetër me yllin e transformatorit. Secila fazë e transformatorit bashkë me diodën përkatëse paraqesin drejtues gjysmëvalor. Në një moment vetëm njëra diodë është e polarizuar direkt edhe atë ajo tek e cila vlera momentale e tensionit sekondar është më e madhe. Në të njëjtën kohë, dy diodat e tjera janë me polarizim invers. Gjatë kohës së një periode të tensionit të hyrjes, secila diodë është e polarizuar direkt për kohën prej një të tretës të periodës. Në këtë mënyrë fitohet rrymë e drejtuar kah ngarkesë e cila asnjëherë nuk bie në zero. Format valore të drejtuesit shumëfazor janë dhënë në **figurën 1.13**.

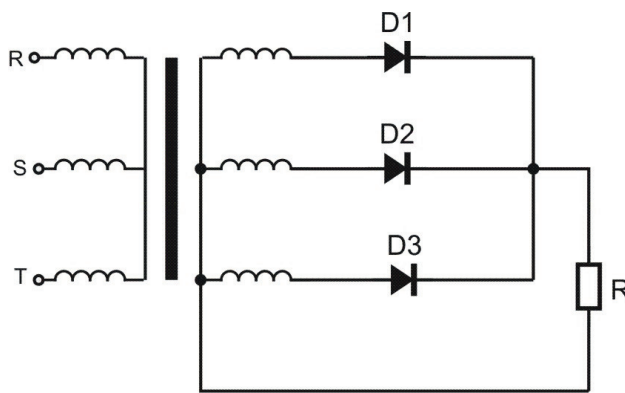


Figura 1.12: Drejtuesi gjysmëvalor trefazor në yll.

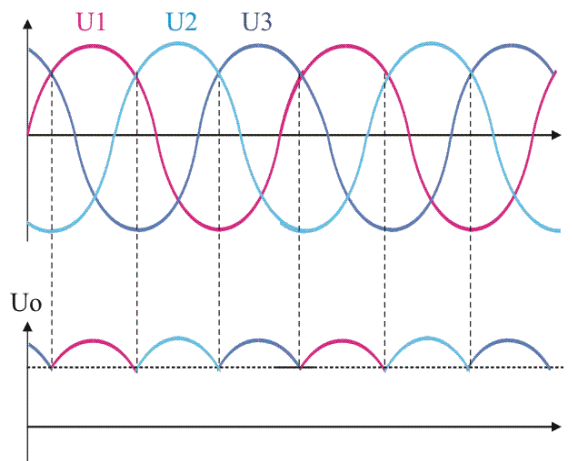


Figura 1.13: Format valore të drejtuesit shumëfazor.

Z-1.4. Shënimi i diodave gjysmëpërçuese

Diodat mund të shënohen në vetë trupin me rrrathë në anën katodës, me pikë në anën e anodës (në diodat më të vjetra të germaniumit), me simbol me të cilin caktohet anoda dhe katoda (në diodat me fuqi më të mëdha - dioda me dimensione më të mëdha).

Përkrah shenjave për daljet e diodës, ka shenja edhe për llojin e diodës. Këto shenja janë alfa-numerike (me shkronja dhe numra), shumë rrallë me ngjyra, me çka ka mënyra evropiane, amerikane, ruse dhe japoneze e shënimit.

Sipas standardeve evropiane për shënimi, diodat për përdorim komercial shënohen me 2 shkronja dhe 3 numra, kurse diodat për përdorim profesional me 3 shkronja dhe 2-3 numra.

Shkronja e **parë** e shënon materialin nga i cili është e ndërtuar dioda:

Shkronja e parë e etiketës	Materiali nga i cili është ndërtuar dioda
A	Germanium
B	Silic
C	Arsenid galiumi
D	Antimonid indiumi

Shkronja e **dytë** e shënon zbatimin e diodës, gjegjësisht funksionin e saj:

Shkronja e dytë e etiketës	Zbatimi i diodës
A	Dioda për përdorim të përgjithshëm
B	Dioda kapacitive-varikap
E	Dioda tunel
Q	Dioda e dritës (LED
P	Fotodioda
Q	LED (e dritës)

T	Drejtuese
X	Vraktor-varikap
Y	Dioda për fuqi të mëdha
Z	Dioda zener

Shkronjën e **tretë** e kanë vetëm diodat për përdorim profesional (industrial), me çka më afër shënohet përdorimi i tyre.

Numri në vazhdim pas shkronjave është numër rendor i katalogut, i cili shërben për dallimin mes veti të llojeve të ndryshme të diodave. Te diodat zener numri e tregon tensionin zener. Në Britaninë e Madhe për diodat zener pas tri shkronjave të para vjen numër dyshifror i cili e shënon serinë, pastaj shkronja e cila e shënon tolerancën e tensionit zener ($A=\pm 1\%$, $B=\pm 2\%$, $C=\pm 5\%$, $D=\pm 10\%$), dhe në fund numri i cili shkurtimisht e jep vlerën e tensionit zener.

Shembuj të shënimit të diodave:

1. AA113- diodë germaniumi për përdorimin e përgjithshëm me numër katalogu 113;
2. BB105 - diodë silici varikap me numër katalogu 105;
3. BAY18 - diodë silici për zbatim profesional me numër katalogu 18;
4. BZY9,1 – diodë drejtuese zener me tension zener 9,1V;
5. BZY88C4V7 - diodë silici zener nga seria 88 me saktësi prej $\pm 5\%$ dhe tension zener prej 4,7V.

Z-1.5. Filtrat drejtues

Tensioni i daljes së drejtuesit gjysmëvalor gjatë gjysmëperiodës zmadhohet nga zero deri në U_m dhe pastaj bie në zero. Kjo gjendje përsëritet 50 herë në sekondë. Kjo mund të jetë e pranueshme për disa qarqe për mbushje të baterive, por jo edhe për shumicën e sistemeve elektronike. Për furnizimin e sistemeve elektronike është i nevojshëm tension i vazhduar, i ngjashëm me

Elektronika – pjesa zgjedhore

tensionin e baterisë, e ai është tension konstant i cili ka ndryshime të vogla me kalimin e kohës, ose nuk i ka aspak.

Sistemet reale të furnizimit nga rrjeti nuk japin plotësisht tension të barabartë. Duke aplikuar qarqe filtruese, tensioni i vazhduar mund t'u afrohet kërkesave të tilla.

Filtrat për drejtues realizohen me komponentë reaktivë: kondensatorë dhe bobina induktive. Këto elemente kanë veti të akumulojnë energji dhe pastaj ta kthejnë në qark në momentin e caktuar.

Filtri më shpesh i përdorur për drejtim është filtri-RC, përfaqësuar me një kondensator me kapacitet të madh (kondensator elektrolitik), i lidhur paralel në rezistencën e ngarkesës R_L . Skema elektrike e drejtuesit gjysmëmalo me filtër kapacitiv është treguar në **figurën 1.14**.

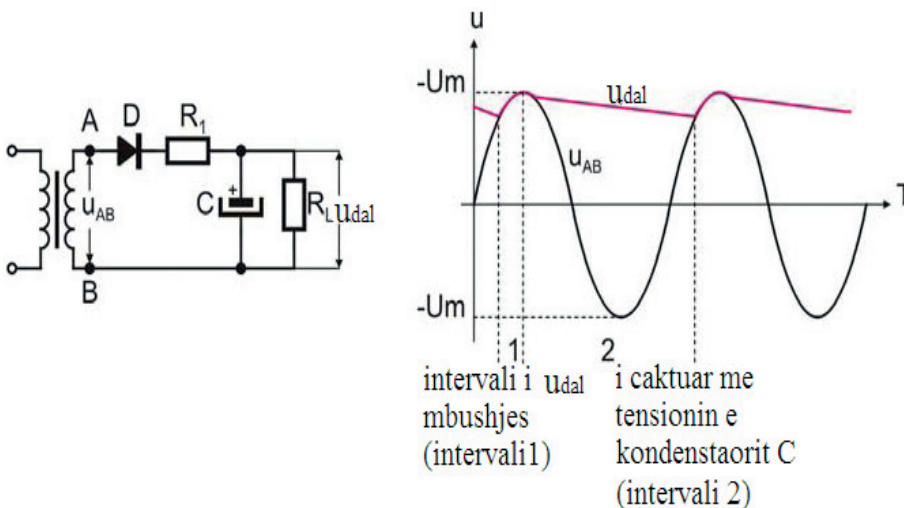


Figura 1.14: Drejtues gjysmëvalor me filtër kapacitiv.

Gjatë kohës së gjysmëperiodës pozitive të tensioni U_{AB} , dioda përçon dhe e mbush kondensatorin në vlerën përafërsisht të barabartë me U_m (intervali 1 në grafik). Rezistenca R_1 është me vlerë të vogël relative dhe ka detyrë ta mbrojtë diodën nga rryma më të mëdha të cilat rrjedhin në momentin e kyçjes, sepse në atë moment kondensatori është i zbrazët dhe paraqet lidhje të shkurtër. Në analizën e mëtejshme ai nuk do të merret parasysh.

Nga momenti kur kondensatori C është i ngarkuar deri në vlerën e tensioni U_m , ai e mban tensionin e daljes të lartë deri në gjysmëperiodën tjetër pozitive dhe ciklin e ardhshëm të ngarkimit. Kur tensioni U_{AB} do të bjerë nën vlerën e tensionit të kondensatorit, dioda bëhet me polarizim invers dhe shkyçet nga qarku deri në ciklin e ardhshëm, ku tensioni U_{AB} përsëri do ta tejkalojë tensionin e kondensatorit. Në këtë periudë, rrymën nëpër ngarkesë e jep kondensatori dhe ai, për shkak të vlerës së fundme të rezistencës së R_L , ngadalë shkarkohet. Tensioni i kondensatorit ngadalë bie në mes dy cikleve të ngarkimit (intervali 2 në grafik). Zbrazja ndodh praktikisht në një vijë të drejtë, ndërsa shpejtësia e zbrazjes është e përcaktuar me konstantën kohore τ :

$$\tau = R_L C \dots\dots\dots(1.1)$$

Koeficienti valor i drejtuesit gjysmëvalor me filtër kapacitativ llogaritet sipas:

$$FB = \frac{0,0058}{CR_L} \dots\dots\dots(1.2)$$

Për të marrë një koeficient valor më të madh, është e nevojshme që të zmadhohet kapaciteti i C. Por, edhe këtu ekzistojnë kufizime, pasi që rritet rryma e ngarkimit të kondensatorit dhe mundësia e djegies së diodës është më e madhe.

Për filtrin kapacitiv te drejtuesit e valës së plotë vlen e njëjta analizë me atë që intervali 2 është më i shkurtër dy herë dhe koeficienti valor është më i mirë në krahasim me atë te drejtuesi pa filtër.

KONTROLLONI DITURINË TUAJ

1. Si mund të shënohen diodat?
2. Çka paraqet shkronja e parë në etiketë?
3. Çka paraqet shkronja e dytë në etiketë?
4. Cili është funksioni i filtrit drejtues?
5. Si realizohen filtrat me drejtues?
6. Sqaro parimin e punës së drejtuesit gjysmëvalor me filtër kapacitiv.
7. Si mund të rritet koeficienti valor?

MOS HARRO SE...!

- * Sipas standardeve evropiane për shënim, diodat për përdorim komercial shënohen me 2 shkronja dhe 3 numra, kurse diodat për përdorim profesional me 3 shkronja dhe 2-3 numra.
- * Shkronja e parë e shënon materialin nga i cili është ndërtuar dioda.
- * Shkronja e dytë e shënon zbatimin e diodës, gjegjësisht funksionin e saj.
- * Shkronjën e tretë e kanë vetëm diodat për zbatim profesional (industrial), me çka më afër shënohet zbatimi i saj.
- * Filtrat për drejtim realizohen me komponentë reaktivë: kondensator dhe bobina induktive.
- * Me zbatimin e filtrave drejtues përmirësohet koeficienti valor, zvogëlohet prania e komponentit alternativ të tensionit në dalje të drejtuesit.

Z-1.6. Zbatimi i diodave drejtuese në automjete

Diodat drejtuese tek automjetet përdoren në alternator. Alternatori paraqet gjenerator të rrymës alternative të realizuar me mbështjellëse trefazore të statorit. Mbështjellësja nxitëse është e vendosur në rotor. Rregullimi i tensionit të alternatorit, në llojet më të vjetra të automjeteve, realizohet me rregullator klasik elektromagnetik (regler). Dalja pozitive e alternatorit lidhet drejtpërdrejtë me akumulatorin, i cili nuk mund të shkarkohet përmes alternatorit për shkak të polarizimit invers të diodave drejtuese.

Tensioni për rregullim fitohet, gjithashtu, përmes tri diodave drejtuese dhe ai ka shenjën D+ për polin pozitiv, kurse D- për polin negativ. Tensioni për

mbështjellësen nxitëse të alternatorit bartet nga dalja pozitive e transistorit T3 kah dalja e shënuar me DF. Mes daljeve D+ dhe B+ lidhet dritë sinjalizuese S, e cila tregon kur mbushet akumulatori.

Në figurën 1.15 është paraqitur skema elektrike e qarkut për rregullimin elektronik të tensionit të alternatorit.

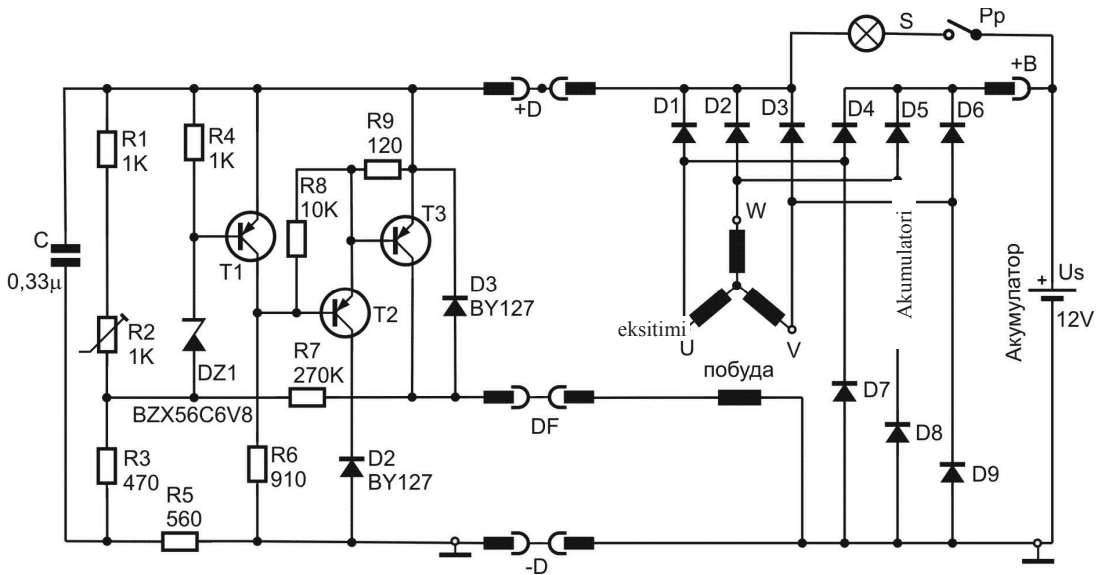


Figura 1.15: Drejtuesi gjysmëvalor me filtër kapacitiv.

Kur tensioni i alternatorit në pikën D+ do të arrijë vlerën 14,1V, transistori T1 (2XBCY78) kalon në gjendjen e përçueshmërisë, gjë që sjell në bllokimin e transistorit T2 (BD440). Tensioni pozitiv i bazës së transistorit T2 vendoset përmes transistorit T1. Me bllokimin transistorit T2 bllokohet edhe transistori T3, i cili e ndërpret rrymën kah dalja e shënuar me DF. Gjatë kësaj zvogëlohet tensioni i alternatorit në pikën D+. Kur tensioni i alternatorit zvogëlohet deri në 13V bëhet bllokimi i transistorit T1, gjegjësisht transistorët T2 dhe T3 bëhen të përçueshëm, me çka tensioni përsëri rritet deri në vlerën prej 14,1V. E gjithë procedura përsëritet.

Me rezistencën e ndryshueshme R2, vlera e tensionit përshtatet mes vlerave 13,8-13,9V, gjegjësisht prej 14,1-14,3V.

Elektronika – pjesa zgjedhore

Mes daljeve B+ dhe D+ është i lidhur poçi kontrollues S, i cili tregon nëse alternatori e mbush akumulatorin. Gjatë mbylljes së çelësit Pp (rrotullohet çelësi) do të ndizet poçi S, sepse mbyllet qarku i rrymës së akumulatorit përmes daljeve B+, çelësit Pp, poçit S, daljeve D+, daljeve DF, përmes mbështjellëses nxitëse kah masa. Kur motori i automjetit do të fillojë të punojë, edhe tensioni i drejtuesit rritet deri në vlerën në të cilën daljet D+ dhe B+ kanë potencial të njëjtë, poçi S do të ndalet.

VERIFIKIMI TEMATIK

I Pyetje me rrethim (Rretho përgjigjet e sakta)



1. Shkronja e parë sipas standardit evropian për shënimin e diodave jep të dhëna për:

- a) materialin nga i cili është ndërtuar dioda
- b) zbatimin e diodës
- c) serinë e diodës.

2. Shkronja e dytë sipas standardit evropian për shënimin e diodave jep të dhëna për:

- a) materialin nga i cili është ndërtuar dioda
- b) zbatimin e diodës
- c) serinë e diodës.

II Pyetje me lidhshmëri

3. Lidh shkronjën e parë nga shenja e diodës me materialin nga i cili është përpunuar:

- | | |
|------|----------------------|
| 1. A | a) silic |
| 2. B | b) antimonid galiumi |
| 3. C | c) arsenid galiumi |
| 4. D | ç) germanium. |

4. Lidh shkronjën e dytë të shenjës së diodës me llojin e saj:

- | | |
|------|---------------------------------------|
| 1. A | a) dioda zener |
| 2. B | b) LED |
| 3. Q | c) dioda për përdorim të përgjithshëm |
| 4. Z | ç) dioda kapacitive. |

5. Lidh shkronjën e dytë të shenjës së diodës me zbatimin e saj:

- | | |
|------|----------------------------|
| 1. E | a) drejtuese |
| 2. P | b) fotodioda |
| 3. T | c) dioda për fuqi të mëdha |
| 4. Y | ç) dioda tunel. |

III Pyetje me plotësim

6. Pajisjet të cilat shërbejnë për konvertimin e energjisë elektrike alternative njëfazore ose trefazore në njëkahëshe (të vazhduar) quhen_____.
7. Kur rryma rrjedh vetëm gjatë kohës së njëres gjysmëperiodë, drejtuesi quhet drejtues _____.
8. Drejtuesi i valës së plotë me 4 dioda drejtuese mes veti të lidhura në konfiguracionin e urës është i njohur si _____.
9. Që të fitohet koeficient valor më i madh, është e nevojshme të zmadhohet _____.

Ushtrime për mësim aktiv:

- ❖ Në katalogun për dioda në varësi nga shenja, përcakto llojin e diodës dhe zbatimin e saj, kërko ndihmë nga profesori.



Z-2.

QARQET THEMELORE ME TRANSISTOR

Duke studiuar përmbajtjen e kësaj teme, do të fitosh njohuri për transistorët dhe do të mund:

- Të përshkruash strukturën e transistorit bipolar;
- Të lexosh shenjat dhe simbolet e transistorit bipolar;
- Të përcaktosh parametrat e transistorit bipolar;
- Të kuptosh mënyrat e lidhjes të transistorit bipolar;
- Të dallosh polarizimin e transistorit bipolar në regjimin përforcues dhe komutues të punës dhe karakteristikat e tyre;
- Të llogarisësh parametrat e transistorit bipolar me metodën grafike dhe analitike.

Z-2.1. Struktura e transistorit bipolar

Struktura e transistorit bipolar është e përbërë nga dy dioda-PN me kalim sipërfaqësor, të vendosura në procesin e prodhimit shumë afër me njëra tjetrën, kështu që e ndajnë zonën e njëjtë. Sipas kësaj, transistori bipolar përfaqëson bashkim të dy gjysmëpërçuesve të llojit të njëjtë, mes të cilëve është futur gjysmëpërçues i llojit tjetër. Një shpërndarje e tillë është e mundur në dy variante të shënuara me NPN dhe PNP.

Transistori-NPN është i përbërë nga dy kalime-PN, që preken me zonat-P. Struktura e tij dhe shenja skematike janë dhënë në **figurën 2.1**.

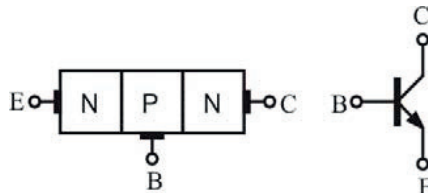


Figura 2.1: Struktura dhe shenja skematike e transistorit-NPN.

Zona e mesme e transistorit quhet **bazë (B)** dhe në ndërtimin e transistorëve kërkohet të jetë sa më e hollë. Gjerësia e saj, për disa lloje të transistorëve, mund të ketë vlerë rreth $50 \mu\text{m}$ (për krahasim, trashësia e kalimit është $1 \mu\text{m}$). Njëri skaj i zonës N quhet **emiter (E)** dhe ka detyrë themelore të emetojë bartës të ngarkesës - elektrone, të cilat barten nëpërmjet bazës (B) dhe mbledhen në anën e kundërt të transistorit, të quajtur **kolektor (C)**. Përqindja e primesave në zonën N është më e madhe se ajo e zonës P.

Transistori-PNP është i përbërë nga dy kalime-PN, që takohen me zonën N. Struktura dhe shenja skematike e saj janë dhënë në **figurën 2.2**.

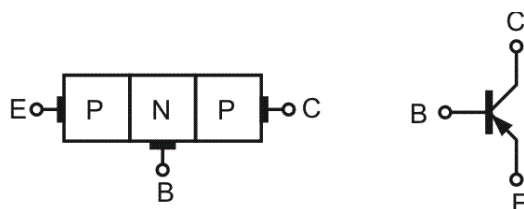


Figura 2.2: Struktura dhe shenja skematike e transistorit-PNP.

I gjithë ndërtimi i tij është i njëjtë me ndërtimin e transistorit NPN, me atë dallim që gjysmëpërçuesit-P dhe N i ndërrojnë vendet. Këtu, emiteri dhe kolektori janë të llojit-P, kurse baza e llojit-N. Përqindja e primesave është më e lartë në zonën P nga ajo në zonën N, që do të thotë se këtu rrymë kryesore është rryma e vrimave.

Z-2.2. Shënimi i transistorëve

Transistorët shënohen gjatë prodhimit të tyre me shenjën-etiketën e tyre komerciale. Kjo etiketë njëkohësisht jep të thëna themelore teknike për transistorin. Standardi amerikan për shënim zakonisht fillon me 2N (p.sh., 2N3055) dhe është vështirë të dallohet nëse bëhet fjalë për transistor të frekuencave të ulëta apo të larta, si dhe transistor për fuqi të mëdha ose të vogla. Sipas standardit evropian transistorët etiketohen me dy-tri shkronja dhe tri numra. Njëlloj si te diodat, shkronja e parë e shënon materialin nga i cili është i ndërtuar transistori (A- nga germaniumi dhe B- nga silici). Shkronja e dytë jep të dhëna të afërta për zbatimin e transistorit, gjegjësisht jep informacion nëse transistori është paraparë për përforsim në frekuenca të ulëta (L, C) ose për frekuenca të larta (F). Nëse shkronja e dytë është D transistori është përforsues i frekuencave të ulëta të fuqisë (transistor dalës p.sh., BD675 është transistor silici i frekuencave të ulëta për fuqi të mëdha prej 40W). Shkronja U në vendin e dytë jep të dhënë se transistori është për tensione të larta (p.sh. BU208 me $U_{CEO}=700V$, $U_{CES}=1500V$). Megjithatë, nëse shkronja e dytë është S, bëhet fjalë për transistor përforsues (p.sh. BSY54). Shkronja e tretë nuk ekziston çdoherë. Shkronja R në vendin e tretë shënon transistor për frekuenca të larta (p.sh. 5GHz), ndërsa shkronja Q-transistor mikrovalor. Numrat që pasojnë pas shkronjave japin të dhëna për llojin konkret të transistorit dhe karakteristikat e tij. Në tabelën vijuese janë dhënë shembuj për etiketa evropiane për lloje të ndryshme të transistorëve.

Elektronika – pjesa zgjedhore

Shenja e transistorit	Lloji i transistorit
AC	Transistor germaniumi i FU me aliazh
ACY	Transistor germaniumi i FU me aliazh performanca profesionale
AD	Transistor i fuqisë prej germaniumi i FU me aliazh
AF	Transistor germaniumi i FL me aliazh drifti
BC	Transistor i fuqisë prej silici i FU me aliazh planar
BD	Transistor i fuqisë prej silici i FU me aliazh
BF	Transistor planar i silicit i FL
BSY	Transistor komutues planar i silicit

Z-2.3. Parametrat e transistorit bipolar

E gjithë përmbajtja e kësaj njësie mësimore gjendet në faqen 53 të pjesës së rregullt, në tërësinë tematike të dytë: 2. Transistorët bipolarë.

KONTROLLONI DITURINË TUAJ

1. Vizato shenjën skematike të transistorit-NPN.
2. Sa elektroda ka transistori dhe si quhen?
3. Si krijohet rryma gjatë polarizimit të transistorit NPN?
4. Sqaro shënimin evropian të transistorëve.
5. Cila është rryma kryesore në transistorin PNP?

Z-2.4. Llojet e lidhjeve të transistorit bipolar

Transistori është një element elektronik aktiv me hyrje dhe dalje. Në qarkun elektrik ai sillet si katër-polar. Por, pasi që ka vetëm tri dalje, njëra prej tyre do të jetë e përbashkët për hyrjen dhe daljen. Në varësi të asaj se cila dalje është

e përbashkët për hyrjen dhe daljen, dallojmë tri lloje të lidhjeve të transistorëve (figura 2.3):

- transistor në lidhje me emiter të përbashkët, ku hyrja është në mes bazës dhe emiterit, kurse dalja mes kolektorit dhe emiterit.
- transistor në lidhje me bazë të përbashkët, ku hyrja është mes emiterit dhe bazë, kurse dalja mes kolektorit dhe bazës;
- transistor në lidhje me kolektor të përbashkët, ku hyrja është në mes bazës dhe kolektorit, kurse dalja mes emiterit dhe kolektorit.

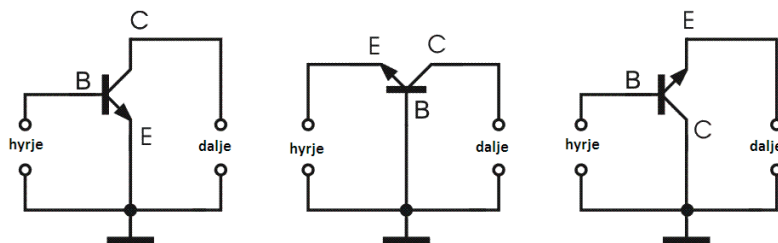


Figura 2.3: Llojet të lidhjeve të transistorit.

Lidhje me emiter të përbashkët është lidhja më e përdorur. Dalja e përbashkët zakonisht lidhet me tokëzimin, prandaj përdoret edhe shprehja: lidhje me emiter të tokëzuar, bazë të tokëzuar ose kolektor të tokëzuar.

Z-2.5. Polarizimi i transistorit në regjimin përforcues të punës

Përforcues me konfiguracion emiter të përbashkët

Ky konfiguracion paraqet lidhje më të përdorshme të përforcuesit. Skema elektrike e përforcuesit është dhënë në **figurën 2.4**.

Tensioni i hyrjes lidhet mes bazës dhe emiterit. Dalja fitohet nga lidhja e kolektorit. Emiteri është i lidhur me masën për tension alternativ përmes kondensatorit elektrolitik C_E .

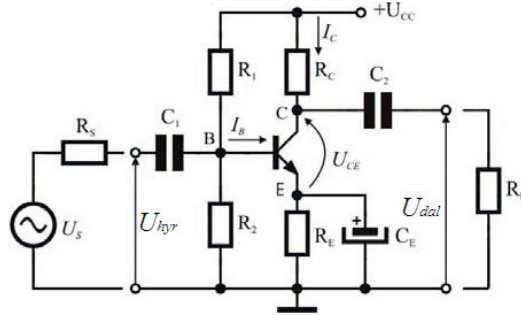


Figura 2.4: Përforcues me transistor bipolar me konfiguracion emiter të përbashkët.

Përforcues me konfiguracion kolektor të përbashkët

Në këtë konfiguracion, sinjal vendoset në bazën e transistorit njëllor si në lidhjen me emiter të përbashkët, kurse dalja fitohet nga emiteri (**figura 2.5**). Kolektori është i lidhur direkt me burimin e ushqimit U_{CC} , i cili për sinjalin alternativ paraqet lidhje të shkurtër. Kështu, kolektori është i lidhur me masën dhe paraqet elektrodë të përbashkët për hyrjen dhe daljen. Me rezistencën R_E përcaktohet drejtëza e punës dhe pika e punës së transistorit.

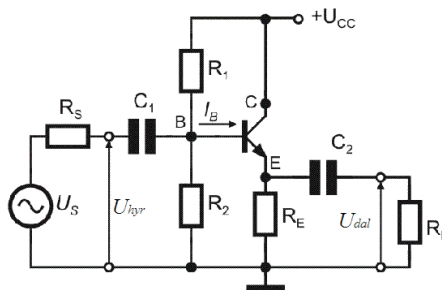


Figura 3.16a: Përforcues në lidhje me kolektor të përbashkët

Përforcues me konfiguracion bazë të përbashkët

Në **figurën 2.6** është dhënë skema e përforcuesit me transistor me lidhje me bazë të përbashkët. Duhet të theksohet se qarku do të ishte i barabartë me

gjendjen kur në përforcuesin me emiter të përbashkët vendoset i njëjti tension me fazë të kundërt.

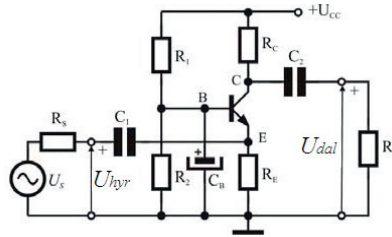


Figura 2.6: Skema e përforcuesit në lidhje me bazë të përbashkët.

Rezultati përfundimtar është se ky përforcues nuk fut ndryshim të fazës të sinjalit hyrës. Tensioni hyrës kyçet mes emiterit dhe bazës. Dalja fitohet nga lidhja e kolektorit. Baza është e lidhur me masën për sinjalin alternativ përmes kondensatorit elektrolitik C_B .

Në tabelën 1 është dhënë krahasimi i vlerave të parametrave të caktuar për të tri konfiguracionet e përforcuesve.

Tabela 1

	Emiter i përbashkët	Kolektor i përbashkët	Bazë e përbashkët
Përforcimi i rrymës A_i	$-h_{fe}$ i madh	$1 + h_{fe}$ i madh	$\frac{h_{fe}}{1 + h_{fe}} \cong 1$ i vogël
Rezistenca hyrëse R_{hyr}	h_{ie} mesatar i madh	$h_{ie} + R_L''(1 + h_{fe})$ i madh	$\frac{h_{ie}}{1 + h_{fe}}$ i vogël
Përforcimi i tensionit A_u	$\frac{-h_{fe}R_L''}{h_{ie}}$ i madh	$\frac{R_L''(1 + h_{fe})}{h_{ie} + R_L''(1 + h_{fe})} \cong 1$ i vogël	$\frac{h_{fe}R_L''}{h_{ie}}$ i madh
Rezistenca dalëse R_{dal}	∞ i madh	$\frac{h_{ie} + R_S}{1 + h_{fe}}$ i vogël	∞ i madh

KONTROLLONI DITURINË TUAJ

1. Vizato të tri llojet e lidhjeve të transistorëve.
2. Mes cilave dalje lidhet tensioni i hyrjes dhe mes cilave fitohet sinjali i daljes në përforcuesin me emiter të përbashkët?
3. Mes cilave dalje lidhet tensioni i hyrjes dhe mes cilave fitohet sinjali i daljes në përforcuesin me bazë të përbashkët?
4. Mes cilave dalje lidhet tensioni i hyrjes dhe mes cilave fitohet sinjali i daljes në përforcuesin me kolektor të përbashkët?

Z-2.6. Transistori bipolar si element komutues

Duke ndjekur parimin e punës së diodës, mund të konsiderohet se ajo funksionon edhe si komutator-çelës, i hapur kur dioda është me polarizim të kundërt, kurse i mbyllur kur është e polarizuar drejt. Kjo është për shkak të karakteristikave të kalimit-PN. Megjithatë, ajo nuk mund të kryejë njërin nga funksionet e domosdoshëm në qarqet digjitale, e ajo është konvertimi i sinjalit, d.t.th. ndryshim nga 0 në 1 ose nga 1 në 0.

Transistori, i cili në strukturën e vet përmban dy kalime PN, gjithashtu mund të sillet në kushte të punës si komutator me mundësi të konvertimit të sinjalit. Transistori si një komutator gjen përdorim të gjerë në përpunimin e qarqeve të integruara digjitale, në pajisje të ndryshme për automatikë dhe në qarqet e teknikës impulsive.

Transistori si komutator mund të gjendet në tri regjime të punës: regjimi i jopërçueshmërisë-blokimit, ngopjes dhe regjimi kalimtar.

Transistori bipolar ka dy kalime PN: kalimin emiterial dhe kolektorial. Secili nga ato mund të polarizohet drejt-direkt ose invers-të kundërt. Sipas kësaj,

ekzistojnë katër kushte të mundshme të polarizimit me të cilat transistori mund të vihet nën regjimin e ngopjes, në regjimin aktiv ose në regjimin e bllokimit.

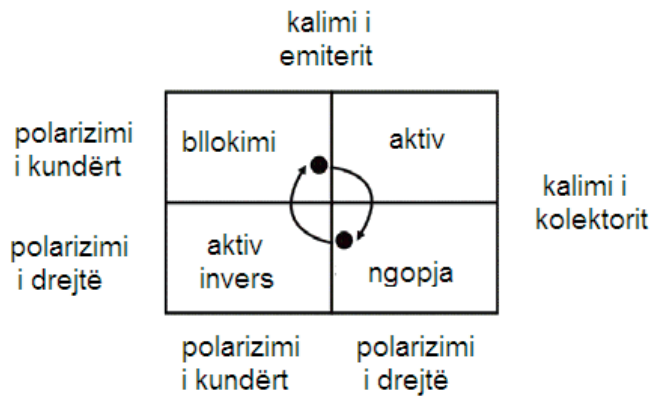


Figura 2.7: Paraqitja skematike e regjimeve të punës.

Në **figurën 2.7** tregohet në mënyrë skematike definimi i regjimeve të punës. Zona e bllokimit definohet me polarizimin e kundërt të kalimit të emiterit dhe kolektorit. Në këto kushte transistori sillet si çelës i hapur. Zona aktive definohet me polarizimin e drejtë të kalimit të emiterit dhe polarizim të kundërt të kalimit të kolektorit, që përputhet me definimin e dhënë për transistorin si një përforcues. Zona e ngopjes është e përcaktuar me polarizimin e drejtë të dy kalimeve, kurse transistori sillet si çelës i mbyllur. Zona e fundit është e kundërt me zonën aktive dhe definohet me polarizimin e kundërt të kalimit emiterial dhe polarizim të drejtë të kalimit të kolektorit.

Zonat e bllokimit dhe ngopjes janë me rëndësi parësore për transistorin si një komutator-çelës. Kur është në gjendjen e bllokimit, rryma dalëse ka një intensitet shumë në vogël, kurse rezistenca mes skajeve dalëse ka një vlerë të madhe. Në gjendjen e ngopjes, rryma e daljes ka intensitet të madh, kurse rezistenca e daljes vlerë të vogël. Për të kaluar nga gjendja e bllokimit në gjendjen e ngopjes, transistori kalon nëpër zonën aktive. Në atë periudhë transistori është në regjimin kalimtar në të cilin parametrat e tij i ndryshojnë vlerat e tyre.

Z-2.6.1. Qarku komutues me transistor në lidhje me emiter të përbashkët

Në qarqet komutuese përdoret zakonisht transistori në lidhje me **emiter të përbashkët** (figura 2.8). Në qarkun e bazës është vendosur një gjenerator i impulsit drejtkëndësh G , me të cilin ndryshohet polarizimi i bazës dhe regjimi i punës së transistorit.

Diagrami i karakteristikave dalëse me drejtëzën e futur të punës është dhënë në **figurën 2.9**. Në diagram janë shënuar pjesë të drejtëzës së punës, të cilat u takojnë tri zonave:

- 1 - zona e ngopjes,
- 2 - zona e jopërçueshmërisë (bllokimit) dhe
- 3 - zona e regjimit aktiv.

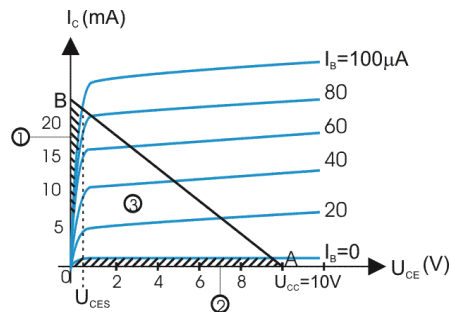
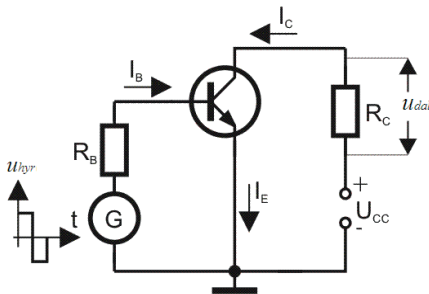


Figura 2.8: Transistori si komutator.

Figura 2.96: Diagrami i zonave të punës.

Z-2.6.1.1 Regjimi i bllokimit-jopërçueshmërisë

Pjesa e rrafshët e impulsit hyrës me vlerë negative të tensionit e bën bazën negative kundrejt emiterit, me çka e polarizon me polarizim të kundërt kalimin e emiterit. Në qarkun e bazës do të rrjedhë rryma e kundërt, e cila do ta vendosë pikën e punës nën karakteristikën $I_B=0$. (figura 2.10).

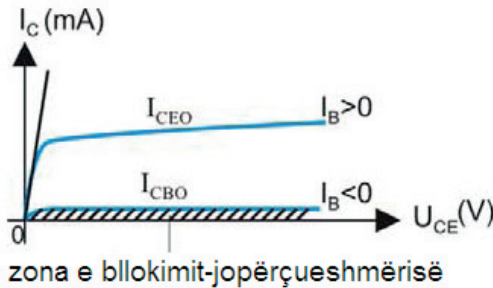


Figura 2.10: Zona e bllokimit.

Kur qarku i bazës është i hapur ($I_B = 0$) në qarkun e kolektorit rrjedh rryma I_{CE0} . Transistori do të jetë në zonën e bllokimit kur rryma e kundërt e bazës do të bëhet më e vogël se rryma I_{CE0} .

Në të njëjtën kohë, qarku i kolektorit është me polarizim të kundërt, kolektori është me potencial më të lartë nga baza dhe në qarkun kolektor bazë do të rrjedhë rryma e kundërt I_{CB0} , e cila ka një intensitet shumë të vogël (për transistorin e germaniumit është e rendit prej disa μA , kurse për silicin disa nA).

Në praktikë, për kalimin në regjimin e bllokimit, për transistorin e silicit për të cilin llogaritet se rryma I_{CE0} është përafërsisht e barabartë me I_{CB0} , është e mjaftueshme që impulsi eksitues të bjerë në zero, ndërsa për transistorët e germaniumit (për llojin NPN) duhet të kalojë në zonën negative për të paktën 0,1V.

Z-2.6.1.2. Regjimi i ngopjes-saturimit

Kushtet për vendosjen e regjimit të ngopjes janë pak më komplekse dhe kërkojnë që të dy kalimet e transistorit të jenë me polarizim të drejtë. Transistori silltet në gjendjen e çelësit të mbyllur, gjegjësisht në gjendjen e ngopur me pjesën e rrafshët të sinjalit eksitues me vlerë pozitive të tensionit. Baza bëhet më pozitive se emiteri dhe kalimi i emiterit është i polarizuar drejt. Në qarkun bazë emiter rrjedh rryma I_{BES} , kurse në qarkun kolektor emiter rrjedh rryma I_{CES} . Pika e punës zhvendoset në zonën e ngopjes (**figura 2.11**).

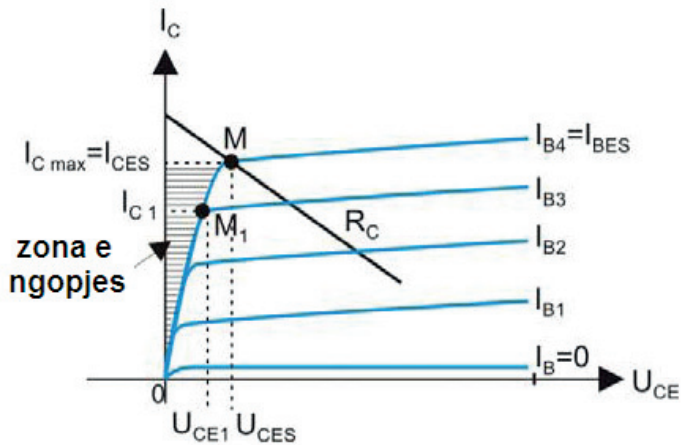


Figura 2.11: Zona e ngopjes.

Gjendja e ngopjes karakterizohet me tensione të vogla U_{CES} të kolektorit, gjatë së cilës të gjitha karakteristikat dalëse futen në një vijë të lakuar, të quajtur **vija e ngopjes së tensionit**. Tensioni mes kolektorit dhe emiterit, i cili korrespondon me vlerën maksimale të lejuar të rrymës së kolektorit I_{CES} , shënohet si U_{CES} . Vlera e saj për transistorin e silicit është rreth 0,6V, kurse për transistorin e germaniumit 0,25V.

Rryma e kolektorit llogaritet sipas:

$$I_{CES} = \frac{(U_{CC} - U_{CES})}{R_C} \dots\dots\dots(2.1)$$

kurse rryma e bazës duhet të plotësojë kushtin:

$$I_{BES} = \frac{I_{CES}}{h_{FE}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Rezistenca dalëse e transistorit në regjimin e ngopjes llogaritet nga:

$$R_{dal} = \frac{U_{CES}}{I_{CES}} \dots\dots\dots(2.3)$$

dhe ka vlerë të vogël (disa dhjetëra om). Me këtë kënaqen kërkesat e çelësit të mbyllur: të lëshojë rrymë të mjaftueshme të madhe për aktivizimin e qarkut të jashtëm, të ketë rënie të vogël të tensionit dhe rezistencë të vogël në skajet e komutatorit, kurse humbjet e komutatorit të jenë të vogla.

Z-2.6.1.3. Regjimi kalimtar

Transistori sillet në gjendjen e përçueshmërisë me paraardhësin, skaji rritës i impulsit hyrës. Sjellja e rrymës së kolektorit për këtë gjendje është treguar në **figurën 2.12**.

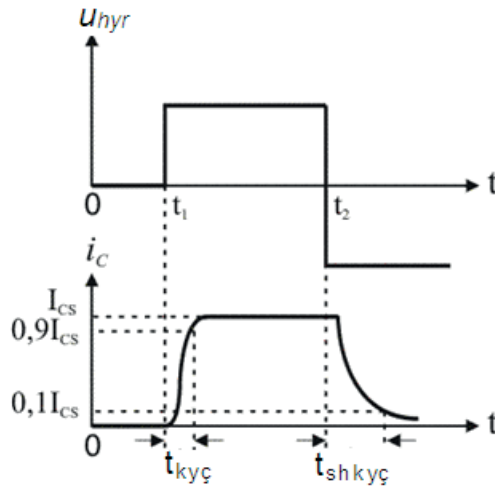


Figura 2.29: Raporti në mes të impulsit nxitës dhe rrymës së kolektorit.

Siç shihet nga figura, rryma e kolektorit e arrin vlerën maksimale I_{CES} , me vonesë $t_{kyç}$. Kjo vonesë është për shkak të kohës së nevojshme për të zvogëluar gjerësinë e shtresave për pengim me lëvizjen difuzive të bartësve të ngarkesës. Ndikim pak më të vogël kanë edhe kapacitetet vetjake të kalimeve të transistorit. Kjo kohë është e definuar si kohë e kyçjes dhe duhet të jetë sa më e shkurtër. Kjo arrihet me zgjedhjen e transistorit me frekuencë kufitare më të lartë dhe me kapacitete vetjake më të vogla.

Derisa transistori është në gjendjen e ngopjes, në afërsi të kalimi të emiterit dhe kolektorit grumbullohen bartës të ngarkesës. Me ndryshimin e polarizimit të kalimeve bëhet ndryshimi momental i gjendjeve të kalimeve. Pas përfundimit të procesit të shkarkimit të bazës nga bartësit e ngarkesës të grumbulluar, bëhet rënia e rrymës së kolektorit në vlerën minimale.

Elektronika – pjesa zgjedhore

Koha e rënies së rrymës së kolektorit $t_{shkyç}$ quhet **koha e shkyçjes**. Këto kohë kanë ndikim në shpejtësinë e veprimit komutues të transistorit. Koha e formimit të impulsit dalës nuk mund të jetë më e vogël se shuma e kohës së kyçjes dhe koha e shkyçjes së transistorit komutues.

MOS HARRO SE..!

- * **Transistori NPN është kalim i dy gjysmëpërçuesve-N me gjysmëpërçues P të futur mes tyre. Bartës kryesor të ngarkesës elektrike janë elektronet.**
- * **Transistori PNP është kalim i dy gjysmëpërçuesve-P me gjysmëpërçues-N të futur mes tyre. Bartës kryesor të ngarkesës elektrike janë vrimat.**
- * **Sipas standardeve evropiane, transistorët shënohen me dy-tri shkronja dhe tre numra ku shkronja e parë e shënon materialin nga i cili është i ndërtuar transistori, shkronja e dytë jep të dhëna më të përafërta për zbatimin e tij, kurse numrat që pasojnë japin të dhëna për llojin konkret të transistorit dhe karakteristikat e tij.**
- * **Transistori si komutator, mund të gjenden në regjimin e bllokimit si çelës i hapur, në regjimin e ngopjes si çelës i mbyllur, dhe në regjimin kalimtar.**
- * **Me polarizimin e kalimit të emiterit dhe kolektorit, transistori mund të silllet në regjimin e ngopjes, apo në regjimin e punës aktive.**

KONTROLLONI DITURINË TUAJ

1. Në cilat regjime të punës mund të gjenden transistori si komutator?
2. Çfarë është polarizimi i kalimit të emiterit dhe kolektorit të transistorit kur është në ngopje?
3. Sa është rryma e daljes kur transistori është në ndërprerje?
4. Shëno zonën e bllokimit në karakteristikën dalëse të transistorit.
5. Në cilin regjim të punës transistori silllet si çelës i mbyllur?

Z-2.7. Analiza grafike e punës së përforcuesit me transistorë

Analiza grafike zbatohet kur kemi sinjale hyrëse me amplitudë të madhe. Me këtë metodë merret parasysh jolineariteti i karakteristikave.

Nën ndikimin e ndryshimit të sinjalit në qarkun hyrës, bëhet ndryshimi i tensionit në dalje U_{CE} . Ajo do të thotë se pika e punës, e treguar në karakteristikat hyrëse dhe kalimtare, kërcen nga njëra në tjetrën karakteristike, me çka e përshkruan karakteristikën hyrëse dinamike

Në **figurën 2.13** paraqiten karakteristikat statike dalje, kalimtare dhe hyrëse të transistorit, të vendosura ashtu që mund të shihet fitimi i karakteristikës dinamike kalimtare dhe hyrëse.

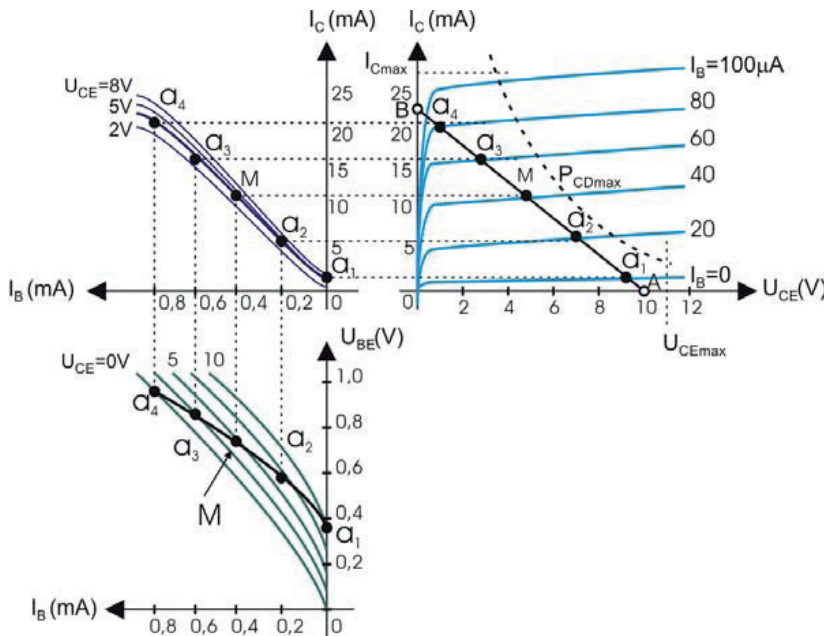


Figura 2.13: Formimi i karakteristikës dinamike kalimtare dhe hyrëse.

Diagrami i karakteristikave dinamike të hyrjes dhe drejtëza dinamike e punës nuk dallohen nga diagrami i karakteristikave statike dhe drejtëza statike e punës. Karakteristika dinamike kalimtare dhe hyrëse fitohen me zhvendosjen e pikave të

Elektronika – pjesa zgjedhore

prerjes a_1, a_2, a_3, a_4 dhe M të drejtëzës së punës me karakteristika dalje për $I_B = \text{const.}$ në sistemin e karakteristikave statike kalimtare dhe të hyrjes.

Në figura 2.14 jepen diagramet e karakteristikave dinamike të përforcuesit, të bartur nga figura 2.14.

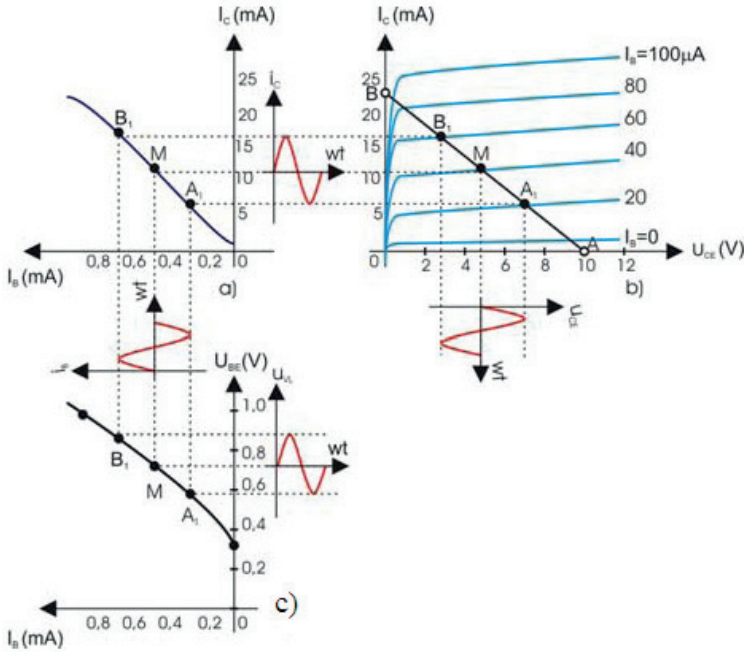


Figura 3.11: Përcaktimi grafik i përforcimit.

Në hyrje të përforcuesit është lidhur tension alternativ:

$$u_{hyr} = U_{hyrm} \sin \omega t, \dots \dots \dots (2.4)$$

ku: u_{hyr} - janë vlera momentale e tensionit, U_{hyrm} – amplituda, kurse ω - frekuenca rrethore. Ky tension alternativ i shtohet tensionit të vazhduar të polarizimit të bazës U_{BE} , siç tregohet në karakteristikën hyrëse (figura 2.14c). Rryma e bazës, gjithashtu, përmban komponentë të vazhduar dhe alternativë dhe ka formë të dhënë me:

$$i_b = I_{B(M)} + I_{bm} \sin \omega t \dots \dots \dots (2.5)$$

ku me $I_{B(M)}$ është treguar rryma e vazhduar e polarizimit të bazës në pikën M, kurse me I_{bm} amplituda e rrymës së sinjalit hyrës.

Ndryshimet e rrymës së bazës shkaktojnë ndryshime të rrymës së kolektorit dhe ajo fiton formën:

$$i_c = I_{C(M)} + I_{cm} \sin \omega t \dots\dots\dots(2.6)$$

ku me $I_{C(M)}$ është shënuar komponenta e vazhduar e pikës së punës, kurse me I_{cm} amplituda e komponentit alternativ të rrymës së kolektorit (figura 2.141a).

Gjatë transferimit të pikave nga karakteristika kalimtare në atë dalëse vërehet se zhvendosja e pikës së punës M kah B_1 shkakton zmadhimin e rrymës së kolektorit, por edhe zvogëlimin e tensionit të kolektorit. Me fjalë të tjera, gjysmë-perioda pozitive e tensionit të bazës dhe rrymës së bazës krijon një gjysmë-periodë të tensionit të kolektorit, kurse kjo do të thotë se mes tensionit të bazës dhe tensionit të kolektorit ekziston ndryshimi fazor prej 180^0 .

Nëse supozojmë se rezistenca RL nuk është e lidhur, gjë që nuk e ndryshon shumë gjendjen, rryma e kolektorit krijon rënie të tensionit të rezistencës RC, të cilin tash e konsiderojmë për tension. Shprehja për këtë tension është:

$$u_{dal} = -u_{ce} = -I_{C(M)}R_C - I_{cm}R_C \sin \omega t \dots\dots\dots(2.7)$$

ose

$$u_{dal} = -U_{CE(M)} - U_{cem} \sin \omega t \dots\dots\dots(2.8)$$

ku $U_{CE(M)}$ është komponenti i vazhduar i tensionit të kolektorit në pilën M, dhe U_{cem} amplituda e komponentit alternativ të tensionit të kolektorit.

Përforcimi i tensionit, i fituar me stadin e përforcimit, definohet si:

$$A_u = \frac{U_{dalm}}{U_{hyrm}} = \frac{U_{cem}}{U_{bem}} \dots\dots\dots(2.9)$$

kurse përforcimi i rrymës si:

$$A_i = \frac{I_{dalm}}{I_{hyrm}} = \frac{I_{cm}}{I_{bm}} \dots\dots\dots(2.10)$$

dhe në fund, përforcimi i fuqisë si:

$$A_p = \frac{P_{dal}}{P_{hyr}} = A_u \cdot A_i \dots\dots\dots(2.11)$$

Thelbi i përforcimit është në atë që nuk kemi ndryshuar rrymën hyrëse dhe tensionin e hyrjes, por ndryshim i vogël i tensionit dhe rrymës të hyrjes shkakton ndryshim të madh të tensionit të daljes, që interpretohet si tension ose rrymë e hyrjes së përforcuar. Përforcuesi me transistor nuk prodhon energji të re elektrike, por energjinë e burimit të vazhduar të ushqimit e ai e shndërron në energji të sinjalit të përforcuar në dalje.

KONTROLLONI DITURINË TUAJ

1. Për çfarë sinjale hyrëse përdoret metoda grafike për përcaktimin e përforcimit?
2. Sqaro fitimin e karakteristikës dinamike, kalimtare dhe hyrëse me ndihmën e figurës 2.13.
3. Si përcaktohen përforcimet e tensionit, rrymës dhe fuqisë?

Z-2.8. Metoda analitike për llogaritjen e parametrave të përforcuesve

Për llogaritje të përforcimit do të përdorim skemën ekuivalente të përforcuesit me transistor për rrymë dhe tension alternativ për transistor të lidhur me emiter të përbashkët, nga figura 2.3. Skema ekuivalente është dhënë në **figurën 2.15**. Në skemë nuk është futur burimi për tension të vazhduar U_{CC} , i cili është një lidhje të shkurtër për rrymën alternative. Gjithashtu, janë larguar rezistencat R_1 dhe R_2 sepse vlerat e tyre janë shumë më të mëdha se sa vlera e parametrit h_{11} , rezistenca R_E , e cila është e kompensuar me kondensatorin C_E për komponentin alternativ të sinjalit dhe rezistenca R_L që stadi i përforcimit të mos jetë i ngarkuar dhe llogaritja të jetë më e thjeshtë. Shenjat + dhe – të shigjetave që shënojnë tensionin e paraqesin polarizimin e tensionit alternativ në një moment,

në të cilin shihen të gjitha tensionet alternative në qarkun që të dihet a janë reciprokisht në fazë apo në fazë të kundërt.

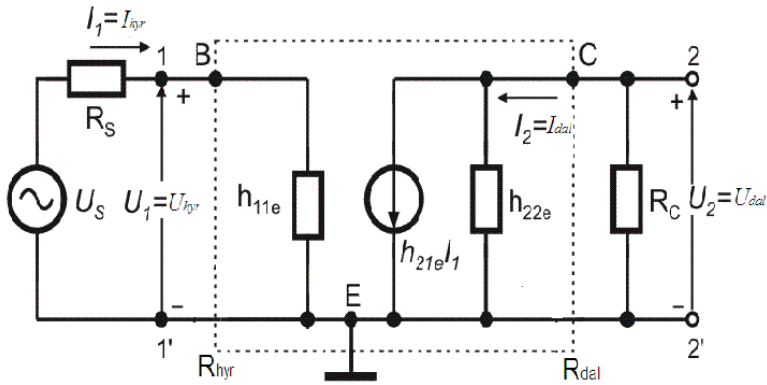


Figura 2.15: Qarku ekuivalent i përforcuesit me emiter të përbashkët.

Sistemi i ekuacioneve me parametra hibrid për qarkun nga figura 2.15 do të jetë:

$$U_1 = h_{11e} I_1 + h_{12e} U_2$$

$$I_2 = h_{21e} I_1 + h_{22e} U_2 \dots\dots\dots (2.12)$$

Tensioni i daljes U_2 është:

$$U_2 = - R_C I_2 \dots\dots\dots (2.13)$$

kështu që rrjedh:

$$I_2 = -\frac{U_2}{R_C} \dots\dots\dots (2.14)$$

Duke futur shprehjen (2.14) në ekuacionin e dytë të sistemi (2.12) dhe zgjidhje të ekuacionit sipas I_1 fitohet:

$$I_1 = -\frac{U_2}{h_{21e}} \left(\frac{1}{R_C} + h_{22e} \right)$$

Tash shprehjen për I_1 do ta zëvendësojmë ne ekuacionin e parë të sistemit (2.12) dhe pas zgjidhjes fitojmë:

$$U_1 = -U_2 \left(\frac{h_{11e} + R_C (h_{11e} h_{22e} - h_{12e} h_{21e})}{h_{21e} R_C} \right)$$

Kjo shprehje thjeshtohet duke futur:

$$\Delta h_e = h_{11e} h_{22e} - h_{12e} h_{21e} \dots\dots\dots (2.15)$$

dhe atëherë është:

Elektronika – pjesa zgjedhore

$$U_1 = -U_2 \frac{h_{11e} + R_C \Delta h_e}{h_{21e} R_C} \dots\dots\dots(2.16)$$

Nga kjo shprehje lehtë mund të fitohet **përforcimi i tensionit** si:

$$A_u = \frac{U_{dal}}{U_{hyr}} = \frac{U_2}{U_1} = - \frac{h_{21e} R_C}{h_{11e} + R_C \Delta h_e} \dots\dots\dots(2.17)$$

Shenja negative në shprehjen e përforcimit të tensionit tregon se tensioni i daljes dhe i hyrjes janë të zhvendosur në fazë për 180^0 .

Me zëvendësimin e shprehjes (2.13) në ekuacionin e dytë të sistemit të ekuacioneve (2.12) dhe operacione matematikore të përsëritura si më parë, fitohet shprehja për rrymën I_2 :

$$I_2 = - \frac{h_{21e} I_1}{1 + h_{22e} R_C} \dots\dots\dots(2.18)$$

Përforcimi i rrymës do të jetë:

$$A_i = \frac{I_{dal}}{I_{hyr}} = \frac{I_2}{I_1} = - \frac{h_{21e}}{1 + h_{22e} R_C} \dots\dots\dots(2.19)$$

Përforcimi i fuqisë është produkt i përforcimit të tensionit dhe rrymës, kështu që kemi:

$$A_p = A_u \cdot A_i = \frac{h_{21e}^2 R_C}{(h_{11e} + R_C \Delta h_e)(1 + h_{22e} R_C)} \dots\dots\dots(2.20)$$

Për shumicën e qarqeve përforcuese me transistorë vlejnjë përafrimet-apraksimacionet e mëposhtme:

$$h_{11e} \gg R_C \Delta h_e \text{ dhe } h_{22e} R_C \ll 1.$$

Me këto përafrime shprehjet për përforcimin e tensionit, rrymës dhe fuqisë bëhen:

$$A_u \approx - \frac{h_{21e} R_C}{h_{11e}} = - \frac{h_{fe}}{h_{ie}} R_C \dots\dots\dots(2.21)$$

$$A_i \approx h_{21e} = -h_{fe} \dots\dots\dots(2.22)$$

$$A_p \approx \frac{h_{21e}^2 R_C}{h_{11e}} = \frac{h_{fe}^2 R_C}{h_{ie}} \dots\dots\dots(2.23)$$

Rezistenca hyrëse e përforcuesit përcaktohet nën kushtin që tensioni dalës U_{dal} të jetë i barabartë me zero, me çka bie gjeneratori i tensionit në hyrje, kështu që kemi:

$$R_{hyr} = \frac{U_{hyr}}{I_{hyr}} = h_{11e} = h_{ie} \dots \dots \dots (2.24)$$

Rezistenca dalëse përcaktohet nën kushtin që qarku i hyrjes të jetë i hapur, me çka bie gjeneratori i rrymës, kështu që kemi:

$$R_{dal} = \frac{U_{dal}}{I_{dal}} = \frac{1}{h_{22e}} = \frac{1}{h_{oe}} \dots \dots \dots (2.25)$$

Përforcimi i tensionit është linearisht i varur nga vlera e rezistencës së ngarkesës dhe zakonisht ka vlerë të madhe. Përforcimi i rrymës së përforcuesit është i barabartë me përforcim e rrymës së transistorit, rezistenca hyrëse e përforcuesit është e barabartë me rezistencën e hyrjes së transistorit, kurse ai dalës në proporcion të kundërt me përçueshmërinë dalëse të transistorit.

MOS HARRO SE...!

- * **Analiza grafike është një metodë për përcaktimin e parametrave nga karakteristikat dinamike të elementit aktiv për sinjale të hyrjes me amplitudë të madhe.**
- * **Sinjali i daljes përmban komponent të vazhduar dhe alternativ.**
- * **Thelbi i përforcim është: ndryshim i vogël i tensionit ose rrymës së hyrjes shkakton ndryshim të madh të tensionit të daljes.**
- * **Përforcuesi në lidhje me emiter të përbashkët ka:**
 - **përforcim të madh të tensionit;**
 - **përforcim rryme të barabartë me koeficientin e përforcimit të rrymës të transistorit;**
 - **përforcim të madh të fuqisë;**
 - **rezistencë hyrëse të barabartë me rezistencën e hyrjes të transistorit h_{ie} ;**
 - **rezistencë dalëse në raport të kundërt me përçueshmërinë dalëse të transistorit $1/h_{oe}$.**

Elektronika – pjesa zgjedhore

- * Përforcuesi në lidhje me kolektor të përbashkët e përforcon vetëm rrymën, kurse përforcimi i tensionit është i afërt me 1. Ai ka rezistencë hyrëse të madhe dhe dalëse të vogël.
- * Përforcimi i tensionit i përforcuesit në lidhje me bazë të përbashkët është i madh dhe përafërsisht i barabartë me përforcimin e tensionit në stadin me emiter të përbashkët. Përforcimi i rrymës është 1, rezistenca hyrëse shumë e vogël dhe dalës shumë e madhe.

VERIFIKIMI TEMATIK



I Pyetje me rrethim

(Rretho përgjigjen e saktë)

1. Standardi amerikan për etiketimin e transistorit fillon me:
 - a) 2N
 - b) BS
 - c) AC
 - d) BF.
2. Shkronja e dytë sipas standardit evropian për etiketimin jep informacion për:
 - a) lloj të caktuar të transistorit dhe karakteristikat e tij
 - b) zbatimin e transistorit
 - c) materialin nga i cili është prodhuar transistori.
3. Në transistorin në lidhje me emiter të përbashkët, tensioni i hyrjes është mes daljeve:
 - a) bazë-emiter
 - b) kolektor-emiter
 - c) bazë-kolektor
 - d) kolektor-bazë.

4. Rryma e daljes në lidhjen me bazë të përbashkët është:

- a) I_B
- b) I_E
- c) I_C .

5. Në transistorin në lidhje me kolektor të përbashkët, rryma e hyrjes është:

- a) I_C
- b) I_B
- c) I_E .

6. Vlerë të madhe e përforcimit të rrymës dhe tensionit ka përforcuesi në lidhje me:

- a) emiter të përbashkët
- b) bazë të përbashkët
- c) kolektor të përbashkët.

7. Tensioni i daljes dhe hyrjes janë të zhvendosur në fazë për 180^0 në përforcuesin në lidhje me:

- a) gejt të përbashkët
- b) drejn të përbashkët
- c) burim të përbashkët.

II Pyetje me lidhshmëria

8. Lidhi karakteristikën dalëse të transistorit me konfiguracionin adekuat të transistorit:

- | | |
|-------------------------------|---------------------------|
| 1. $I_C=f(U_{CE})/I_B=const.$ | a) bazë të përbashkët |
| 2. $I_C=f(U_{CB})/I_E=const.$ | b) emiter të përbashkët |
| 3. $I_C=f(U_{EC})/I_B=const.$ | c) kolektor të përbashkët |

Elektronika – pjesa zgjedhore

9. Lidh madhësinë e përforcimit me konfiguracionin e përforcuesit:

- | | |
|------------|---|
| 1. i vogël | a) përforcues në lidhje me emiter të përbashkët _____ |
| 2. i madh | b) përforcues në lidhje me bazë të përbashkët _____ |
| | c) përforcues në lidhje me kolektor të përbashkët _____ |

10. Lidh konfiguracionin e përforcuesit me zhvendosjen fazore të tensionit të daljes në raport me atë hyrës:

- | | |
|--|-----------------|
| 1. Përforcues në lidhje me burim të përbashkët | a) nuk ka _____ |
| 2. Përforcues në lidhje me drejn të përbashkët | b) 180° _____ |
| 3. Përforcues në lidhje me gejt të përbashkët. | |

III Pyetje me plotësim

11. Përforcues në lidhje me emiter të përbashkët fut zhvendosje në fazën e tensionit të daljes për _____⁰ në raport me tensionin e hyrjes.

12. Nëse dy kalime-PN të transistorit polarizohen direkt, atëherë transistori gjendet në regjimin e _____.

SHTOJCË

DETYRA

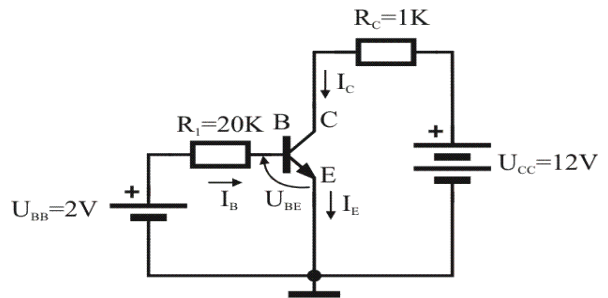
ME SHEMBUJ TË ZGJIDHUR

Elektronika – pjesa zgjedhore

1. Transistori në qarkun në figurë ka $\beta=100$. Kalimi i emiterit është me polarizim direkt me burimin $U_{BB} = 2V$ dhe ka një tension $U_{BE} \approx 0,7V$.

Të përcaktohet:

- rryma e bazës;
- rryma e kolektorit;
- tensioni i kolektorit.



Zgjidhja:

a) Rryma e bazës përcaktohet nga qarku bazë-emiter:

$$U_{BB} - R_1 I_B - U_{BE} = 0$$

Prej ku për I_B merret:

$$I_B = \frac{U_{BB} - U_{BE}}{R_1} = \frac{2 - 0,7}{20 \cdot 10^3} = 65 \mu A.$$

b) Rryma e kolektorit është:

$$I_C = \beta I_B = 100 \cdot 65 \cdot 10^{-6} = 6,5 mA.$$

c) Tensioni i kolektorit përcaktohet nga qarku emiter-kolektor:

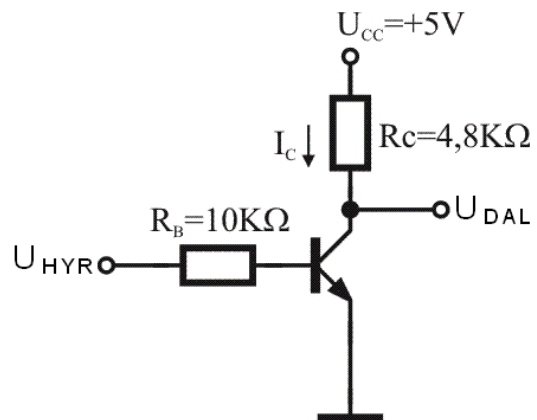
$$U_{CC} - R_C I_C - U_{CE} = 0$$

Prej ku për U_{CE} merret:

$$U_{CE} = U_{CC} - R_C I_C = 12 - 1 \cdot 10^3 \cdot 6,5 \cdot 10^{-3} = 5,5V$$

2. Në figurë në qarkun, në të cilin transistori punon si komutator, janë dhënë vlerat e mëposhtme për transistorin: $U_{CEC} = 0,2V$, $U_{BE} = 0,6V$ dhe $\beta = 50$.

- Përcakto vlerën minimale të tensionit të hyrjes me të cilën transistori kalon në ngopje;
- Përcakto vlerën e duhur të tensionit të hyrjes me të cilën transistori kalon në regjimin e bllokimit.



Zgjidhja:

a) Rryma e kolektorit të transistorit kur kalon në ngopje është:

$$I_{CS} = \frac{U_{CC} - U_{CES}}{R_C} = \frac{5 - 0,2}{4,8 \cdot 10^3} = 1mA.$$

Rryma e bazës llogaritet sipas kushtit:

$$\beta \cdot I_B = I_{CS} \text{ prej ku } I_B = \frac{I_{CS}}{\beta} = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{50} = 0,02mA.$$

Vlerën minimale të U_{HYR} do ta përcaktojmë nëpërmjet:

$$U_{VL} = R_B \cdot I_B + U_{BE} = 10 \cdot 10^3 \cdot 0,02 \cdot 10^{-3} + 0,6 = 0,2 + 0,6 = 0,8V$$

Për çdo vlerë të tensionit të hyrjes dhe rrymë të bazës më të mëdha se të llogariturat, transistori do të jetë në ngopje të thellë. Me përmbushje të këtij kushti sigurohet zbatim i secilit transistor nga lloji i zgjedhur me tolerancë të gjerë të koeficientit β . Niveli i tensionit të daljes prej 0,2V konsiderohet si nivel i ulët i tensionit, kurse transistori si çelës i mbyllur.

Transistori do të jetë në kufijtë e bllokimit kur rryma e bazës është zero, tensioni bazë- kolektor më i vogël se 0,7V. Vijon:

tensionin e hyrjes është $U_{HYR} < 0.6V$, rryma e kolektorit është $I_C \approx 0$, kurse për tensionin e kolektorit fitohet:

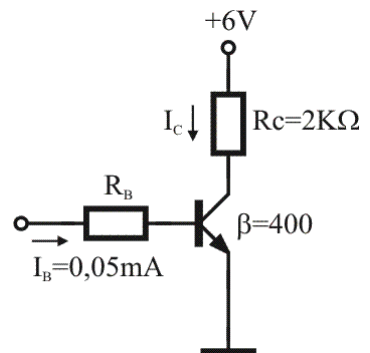
$$U_{CE} = U_{CC} \approx U_{DAL}.$$

3. Llogarit rrymën nëpër rezistencën R_C kur transistori është në ngopje.

Zgjidhja:

Është e njohur se në transistorin i cili ndodhet në regjimin e ngopjes, tensioni U_{CE} është 0,2 V. Sipas kësaj, nga ekuacioni i qarikut të kolektorit:

$$U_{CE} = U_{CC} - R_C I_C$$



Elektronika – pjesa zgjedhore

$$\text{fitohet: } I_C = \frac{U_{CC} - U_{CE}}{R_C} = \frac{6 - 0,2}{2 \cdot 10^3} = 2,4 \text{mA}$$

Në qark është dhënë vlera e rrymës së bazës I_B kështu që me zbatimin e relacionit mes rrymave:

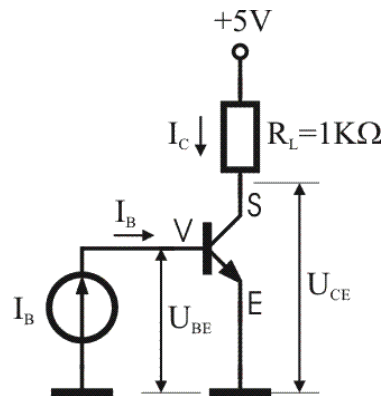
$$\beta = \frac{I_C}{I_B}, \text{ për } I_C \text{ do të fitohej vlera:}$$

$$I_C = I_B \cdot \beta = 0,05 \cdot 10^{-3} \cdot 400 = 20 \text{mA}$$

e cila paraqet gjendje të pamundur në të cilën për qarkun Uce do të fitojë vlerë negative. Kjo na tregon se kur transistori është në ngopje, rryma e kolektorit nuk kontrollohet nga rryma e bazës.

Prandaj, në zonën e ngopjes, rrymën e kolektorit patjetër ta llogarisim nga qarku i kolektorit.

4. Në figurën me transistor në qark kyçet dhe shkyçet llamba e cila ka rezistencë të fibrës së nxehjes $1\text{K}\Omega$ dhe përfaqësohet nga rezistenca R_L . Transistori ka $\beta=50$ dhe tension $U_{BE}=0,7\text{V}$. Të përcaktohet regjimi i punës së qarkut për rrymën e bazës prej 0, 40, 100, dhe 200 μA .



Zgjidhja:

Kur $I_B=0$, atëherë edhe $I_C=0$, nuk ka rrymë nëpër rezistencën R_L , tensioni $U_{CE}=5\text{V}$ dhe $U_{RL}=0$, transistori nuk përçon.

Për $I_B = 40\mu\text{A}$, rryma $I_C = \beta \cdot I_B = 50 \cdot 40 \cdot 10^{-6} = 2\text{mA}$,

$$U_{CE} = 5\text{V} - R_L \cdot I_C = 5\text{V} - 2\text{mA} \cdot 1\text{K}\Omega = 5\text{V} - 2\text{V} = 3\text{V}$$

Tensioni $U_R = 5 - U_{CE} = 5 - 3 = 2\text{V}$.

Kalimi i kolektorit akoma është me polarizim invers:

$U_{CB} = U_{CE} - U_{BE} = 3 - 0,7 = 2,3\text{V}$ dhe transistori është në zonën aktive.

Për $I_B = 100\mu A$,

$$I_C = \beta \cdot I_B = 50 \cdot 100 \cdot 10^{-6} = 5mA,$$

$$U_{CE} = 5V - R_L \cdot I_C = 5V - 5mA \cdot 1K\Omega = 5V - 5V = 0,$$

$$U_{CB} = U_{CE} - U_{BE} = 0 - 0,7V = -0,7V.$$

Kalimi i kolektorit është në kufirin e polarizimit direkt, kurse transistori në kufirin e ngopjes.

Në llambë (rezistenca R_L) ka tension prej 5V.

$$I_C = I_{C_{max}} = \frac{5V}{1K\Omega} = 5mA$$

$$I_{B(Ngop)} = \frac{I_C}{\beta} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{50} = 100\mu A.$$

Kjo është vlera e I_B e cila është e nevojshme për të sjellë qarkun në kufirin e ngopjes.

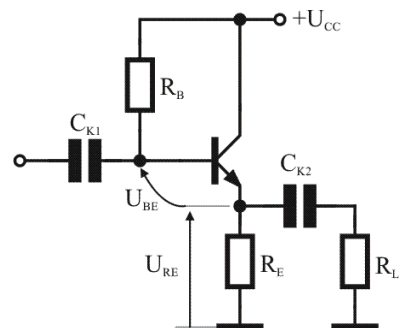
Për $I_B = 200\mu A$,

rryma e bazës e çon transistorin në ngopje të thellë, I_C nuk mund të rritet mbi 5mA, transistori punon si një çelës i mbyllur.

$$I_C = 5mA, I_B = 200\mu A, \beta_{sat} = \frac{I_C}{I_B} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{200 \cdot 10^{-6}} = 25.$$

β_{sat} – faktori i përforcimit të rrymës gjithmonë është më i vogël se β në zonën normale aktive.

5. Të llogaritet vlera e rezistencës R_E për qarkun e dhënë. $U_{CC}=6V$; $U_{RE}=2,4V$; $U_{BE}=0,6V$; $\beta=100$; $R_B=300K\Omega$.



Zgjidhja:

$$\beta = \frac{I_C}{I_B}; \text{ prej nga për } I_C \text{ fitohet: } I_C = I_B \cdot \beta$$

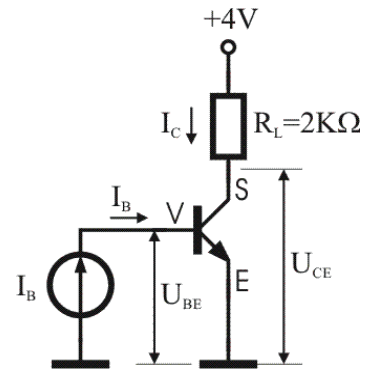
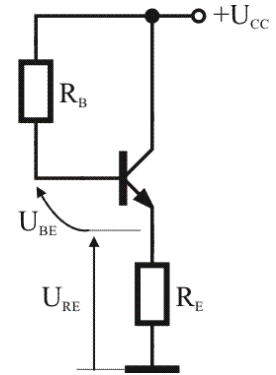
$$I_B = \frac{U_{CC} - U_{BE} - U_{RE}}{R_B} = \frac{6 - 2,4 - 0,6}{300 \cdot 10^3} = 0,01 \text{mA} = 10 \mu\text{A}$$

$$I_C = I_B \cdot \beta = 100 \cdot 10 \cdot 10^{-6} = 1 \text{mA}$$

$$R_E = \frac{U_{RE}}{I_C + I_B} = \frac{2,4}{1 \cdot 10^{-3} + 0,01 \cdot 10^{-3}} = 2,38 \text{K}\Omega$$

6. Përcakto U_{CE} dhe I_C për vlerat e dhëna të I_B dhe përcakto regjimin e punës të qarkut në figurë.

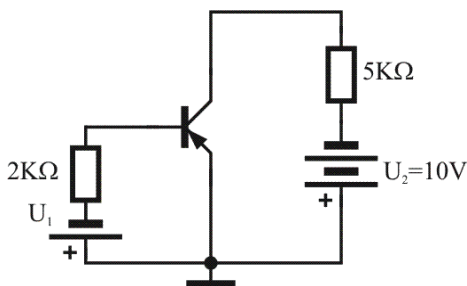
- a) $I_B = 0$,
- b) $I_B = 20 \mu\text{A}$,
- c) $I_B = 60 \mu\text{A}$,
- ç) $I_B = 100 \mu\text{A}$



Zgjidhja:

- a) $I_C=0$, $U_{CE}=+4\text{V}$ bllokim,
- b) $I_C=0,8\text{mA}$, $U_{CE}=2,4\text{V}$ regjim aktiv i punës,
- c) $I_C=2,4\text{mA}$, $U_{CE}=0,2\text{V}$ në kufijtë e ngopjes,
- ç) $I_C=4\text{mA}$, $U_{CE}=0,2\text{V}$ në ngopje të thellë)

7. Transistori PNP në qarkun e figurës i ka karakteristikat vijuese $\beta=75$ dhe të supozojmë vlerë për $U_{CE(ngop)} = -0,1\text{V}$.

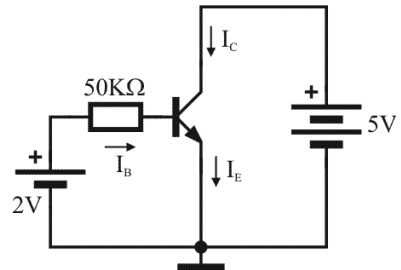


- a) Çfarë rryme e kolektorit rrjedh kur transistori është në ngopje?
- b) Në qoftë se $U_{BE}=-0,6\text{V}$, çfarë vlerë është e nevojshme për U_1 që transistori të kalojë në ngopje?

Zgjidhja: a) $I_C = 1,98 \text{mA}$, b) $U_1 = 0,9 \text{V}$.

8. Transistori NPN nga figura ka $\beta=100$, kurse kalimi i emiterit është me polarizim direkt gjatë $U_{BE}=0,6V$.

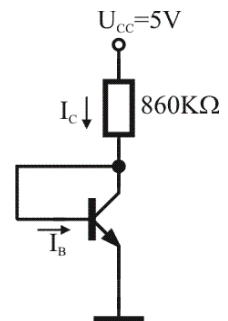
- a) Në cilin regjim punon transistori?
 b) Llogarit rrymën e bazës, emiterit dhe kolektorit.



Zgjidhja: a) $U_{CE} = 5V$, regjimi i përçueshmërisë b) $I_B = 28\mu A$, $I_C = 2,8mA$, $I_E = 2,828mA$.

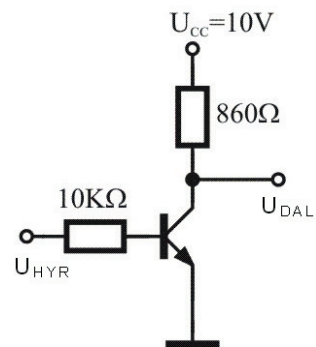
9. Figura tregon transistorin NPN të lidhur ashtu që të duket si diodë. Transistori punon në regjimin aktiv. Për $U_{BE} = 0,7V$ dhe $\beta = 49$ të dhënë, llogarit rrymën e bazës dhe kolektorit.

Zgjidhja: $\mu I_B = 0,1\mu A$, $I_C = 5\mu A$.



10. Për qarqun e dhënë në figurë, për $\beta=100$ dhe $U_{BE} = 0,7V$,

- a) Gjeje U_{DAL} për $U_{HYR} = 0,8; 1,5; 2,0$ dhe $2,5V$.
 b) Për cilën vlerë të përafërt të U_{HYR} rryma e kolektorit do të përcaktohet më tepër me qarqun për polarizim se sa me relacionin për β ? Cili është ky regjim i punës?
 c) Për $U_{HYR}=2,5V$ të përcaktohet raporti mes rrymës së kolektorit dhe bazës (β_{sat}) dhe të krahasohet me vlerën e dhënë në zonën normale të punës.



Zgjidhja: a) për $U_{HYR}=0,8V$, $U_{DAL}=10-0,86=9,14V$,

për $U_{HYR} = 1,5V$, $U_{DAL} = 3,12V$,

për $U_{HYR} = 2V$, $U_{DAL} = 0,2V$,

për $U_{HYR} = 2,5V$, $U_{IZ}=0,2V$,

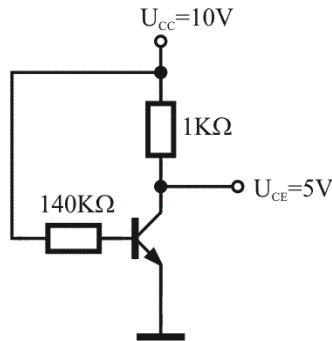
Elektronika – pjesa zgjedhore

b) $U_{HYR} > 0.8V$

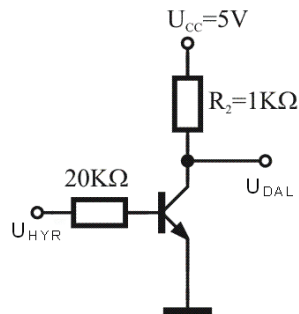
c) $\beta_{sat} = 50 < 100$.

11. Nëse është $U_{BE} = 0,7V$, llogarit vlerën e β për transistorin në qarkun e figurës.

Zgjidhja: $\beta = 73$).



12. Në qarkun, e treguar në figurë, tensioni i kyçjes së kalimit bazë emiter U_{BE} është $0,7V$, U_{CES} është $0,1V$, kurse β është 200 . Gjeje vlerën e tensionit të daljes për $U_{HYR} = 0,8V$ dhe $1,0V$ dhe krahaso raportin e ndryshimit të tensioneve të daljes me raportin e ndryshimeve të tensioneve të hyrjes.



Zgjidhja: për $U_{HYR} = 0,8V$, $U_{DAL} = 4V$,

kurse për $U_{HYR} = 1V$, $U_{DAL} = 2V$,

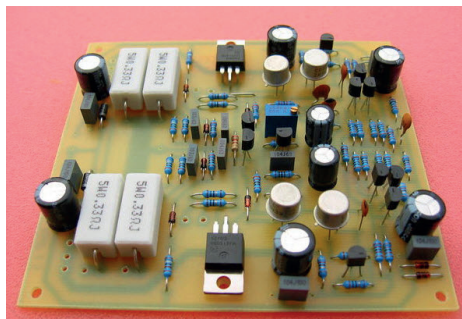
$$\Delta U_{HYR} = 0,2V \quad \Delta U_{DAL} = -0,5V \quad \frac{\Delta U_{dal}}{\Delta U_{hyr}} = -10$$

Z-3.

TRANSISTORI SI PËRFORCUES

Duke studiuar përmbajtjet e kësaj teme, do të fitosh njohuri themelore për përforcuesit dhe do të mund:

- të njohësh parametrat e përforcuesve pa lidhje të kundërt;
- të përshkruash regjimin e punës të transistorit në lidhje me emiter të përbashkët;
- të analizosh qark nxitës me përforcues me një stad;
- të njohësh qark me dy transistorë bipolarë - përforcues diferencial.



Z-3.1. Parametrat e përforcuesit pa lidhje të kundërt

Amplituda është njëri nga parametrat më të rëndësishëm. Përforcuesi është një qark elektronik i cila duhet të rrisë amplitudën e sinjalit. Nëse sinjali është përfaqësuar si një tension, atëherë definohet përforcimi i tensionit të përforcuesit si raport i tensionit të daljes kundrejt tensionit në hyrje të sinjalit.

Kur përforcimi i tensionit është pozitiv, tensioni hyrës dhe dalës janë në fazë, por kur është negativ, ato janë të zhvendosura në fazë për 180°.

$$A_U = \frac{U_{dal}}{U_{hyr}} \dots\dots\dots(3.1)$$

Për sinjalin e rrymës kemi përforcim të rrymës si raport të rrymës dalëse kundrejt asaj hyrëse:

$$A_I = \frac{I_{dal}}{I_{hyr}} \dots\dots\dots(3.2)$$

kurse për përforcimin e fuqisë kemi herës të fuqive të sinjalit alternativ në dalje P_{dal} dhe në hyrje P_{hyr} të përforcuesit:

$$A_P = \frac{P_{dal}}{P_{hyr}} = \left| \frac{U_{dal} \cdot I_{dal}}{U_{hyr} \cdot I_{hyr}} \right| = |A_U \cdot A_I| \dots\dots\dots(3.3)$$

Përforcimi mund të shprehet me njësi logaritmike në decibel (dB) si:

$$A_U(dB) = 20 \log \left| \frac{U_{dal}}{U_{hyr}} \right|, \quad A_I(dB) = 20 \log \left| \frac{I_{dal}}{I_{hyr}} \right|, \quad A_P(dB) = 10 \log \left| \frac{P_{dal}}{P_{hyr}} \right| \dots\dots\dots(3.4)$$

Koeficienti i përforcimit (rendimenti) η definohet si raport i fuqisë së mesme të sinjalit alternativ, që i jepet konsumatorit dhe fuqisë që merret nga burimi i ushqimit, të shprehur në përqindje si:

$$\eta = \left| \frac{P_{sig}}{P_{bur}} \right| \cdot 100(\%) \dots\dots\dots(3.5)$$

Rezistenca hyrëse definohet si raport i tensionit hyrës dhe rrymës hyrëse:

$$R_{hyr} = \frac{U_{hyr}}{I_{hyr}} (\Omega) \dots\dots\dots(3.6)$$

kurse dalëse me:

$$R_{dal} = \frac{U_{dal}}{I_{dal}} (\Omega) \dots\dots\dots(3.9)$$

Në këtë definicion U_{dal} është tension dalës kur konsumatori nuk është i lidhur, kurse I_{dal} rryma dalëse kur dalja është e lidhur shkurt. Nga rezistenca hyrëse kërkohet që të ketë vlerë më të madhe, me çka më pak do të ngarkojë gjeneratorin e sinjalit ose përforcuesin e stadit paraprak.

Rezistenca dalëse, megjithatë, duhet të ketë vlerë më të vogël, që të mos bëhet dobësimi i sinjalit dalës.

Një karakteristikë tjetër e rëndësishme e përforcuesit është karakteristika e frekuencës dhe fazore. Karakteristika e frekuencës (**figura 3.1**) tregon se si ndryshon përforcimi i përforcuesit kur amplituda e tensionit sinusoidal në hyrje është konstant, kurse ndryshon frekuenca e tij.

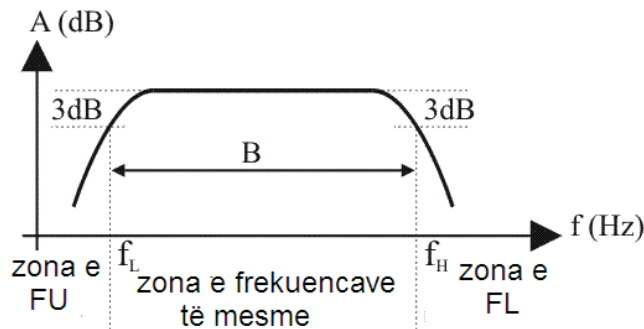


Figura 3.1: Karakteristika e frekuencës e përforcuesit.

Asnjë përforcues real nuk mund të përforcojë sinjalin hyrës në brezin e pafund të frekuencave. Në qarkun e përforcuesit, përveç transistorit, i cili ka kufizime në raport me frekuencat të cilat mund t'i përforcojë, ekzistojnë edhe kapacitete edhe induktivitete, të cilat e bëjnë përforcimin të varur nga frekuenca.

Në disa frekuenca të larta, përforcuesi më nuk do të mund të jetë në gjendje të japë amplitudë të njëjtë të sinjalit dalës, si në frekuencat e mesme.

Për **frekuencë kufitare të sipërme** f_H të përforcuesit llogaritet frekuenca për të cilën përforcimi bie për 3 dB, gjegjësisht për faktor 0.707, në raport me përforcimin në frekuenca të mesme. Rënia e përforcimit bëhet edhe në frekuenca të ulëta, kurse në mënyrë të njëjtë definohet edhe **frekuenca e poshtme kufitare** f_L . Dallimi në mes frekuencës kufitare të sipërme dhe të poshtme:

$$B = f_H - f_L \dots\dots\dots(3.8)$$

quhet **brezi i lëshimit** i përforcuesit. Sinjalet me frekuenca në këtë brez do të përforcohen pa shtrembërime. Shtrembërimi manifestohet në dallimin në formë mes sinjalit dalës dhe sinjalit hyrës dhe paraqitet në sinjalet me frekuencë jashtë brezit të lëshimit.

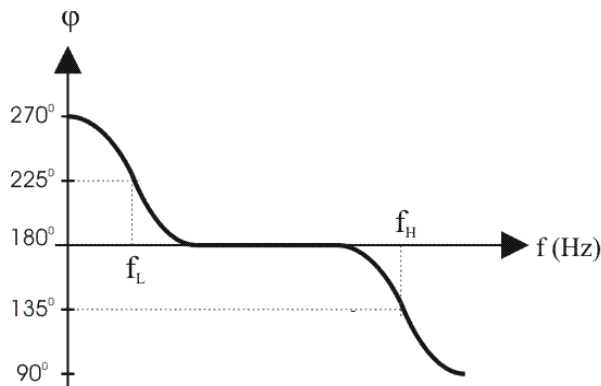


Figura 3.2: Karakteristika fazore e përforcuesit.

Karakteristika fazore (**figura 3.2**) tregon se si ndryshohet zhvendosja fazore e sinjalit dalës në krahasim me sinjalin hyrës me ndryshimin e frekuencës. Vërehet zvogëlim i ndryshimit fazor për frekuenca të larta dhe rritje për frekuenca të ulëta. Për frekuencën kufitare të sipërme ndryshimi fazor zvogëlohet për 45° , kurse për të poshtmen rritet për 45° . Me zvogëlimin dhe rritjen e ndryshimit fazor në raport për 180° paraqiten shtrembërime fazore të sinjalit.

KONTROLLONI DITURITË TUAJA

1. Si definohet përforcimi i rrymës së përforcuesit?
2. Shkruaj ekuacionin me të cilin do të prezantosh përforcimin e tensionit të përforcuesit.
3. Defino koeficientin e përforcimit (rendimentin) të përforcuesit.
4. Shkruaj relacionet me të cilat përcaktohet rezistenca hyrëse dhe dalëse.
5. Defino karakteristikën e frekuencës së përforcuesit.
6. Vizato karakteristikën fazore të përforcuesit dhe defino frekuencën kufitare të sipërme dhe të poshtme.
7. Si përcaktohet brezi i lëshimit i përforcuesit?

MOS HARRO SE ...!

- * **Përforcuesi e përforcon tensioni, rrymën ose fuqinë e sinjalit analog ose digjital.**
- * **Karakteristika e frekuencës së përforcuesit tregon se si ndryshon përforcimi, kurse e fazës si ndryshon faza e sinjalit me ndryshimin e frekuencës së sinjalit.**
- * **Shtrembërimi manifestohet me dallimin në formën mes sinjalit të hyrjes dhe daljes.**
- * **Parametrat bazë të përforcuesit janë përforcimi i tensioni, rrymës dhe fuqisë, koeficienti i përforcimit, rezistenca hyrëse dhe dalëse.**
- * **Frekuenca kufitare e sipërme dhe e poshtme është frekuenca për të cilën përforcimi i përforcuesit bie për 3dB në krahasim me përforcimin në frekuenca të mesme.**
- * **Brezi i lëshimit është brezi mes frekuencës kufitare të sipërme dhe të poshtme të përforcuesit.**

Z-3.2. Përforcues me konfiguracion - emiter të përbashkët

Skema elektrike e përforcuesit në lidhje me emiter të përbashkët është dhënë në **figurën 3.3**.

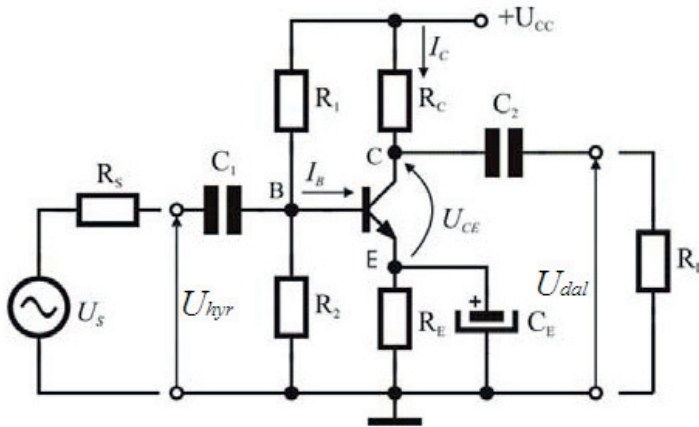


Figura 3.3: Përforcues me transistor bipolar me konfiguracion emiter të përbashkët.

Polarizimi

Transistori do të funksionojë si një përforcues kur kalimet e tij PN janë të polarizuara në mënyrë të rregullt edhe atë kalimi i emiterit të jetë drejt, kurse i kolektorit me polarizim të kundërt. Me ndarësin e tensionit, të përbërë nga dy rezistenca R_1 dhe R_2 , polarizohet drejt kalimi PN i emiterit të transistorit, gjegjësisht përcaktohet rryma e bazës, ashtu që pika e punës së transistorit të gjendet në zonën aktive dhe ai të punojë si një përforcues. Me rezistencën R_C përcaktohet pozita e pikës së punës, kurse me rezistencën R_E sigurohet stabiliteti nga temperatura e pikës së punës.

Kondensatori elektrolitik C_E i lidhur në paralel me rezistencën R_E krijon lidhje të shkurtër për sinjalin alternativ dhe e eliminon ndikimin e kësaj rezistence mbi përforcimin. Kondensatorët për bashkim C_1 dhe C_2 , gjithashtu paraqesin lidhje të shkurtër për sinjalin alternativ. Nga ana tjetër, këta kondensatorë e bllokojnë

rrymën e vazhduar dhe gjithçka që është majtas kondensatorit C_1 dhe djathtas nga kondensatori C_2 dhe nuk ka ndikim mbi polarizimin e transistorit.

Me pranimin e kushtit $I_C \gg I_B$, vlen relacioni:

$$U_{CC} = U_{CE} + (R_C + R_E)I_C \dots\dots\dots(3.9)$$

Ky është ekuacioni i drejtëzës statike të punës. Në karakteristikat dalëse të transistorëve, për drejtëzën e punës zgjidhet pozita më e përshtatshme dhe kjo është të jetë nën hiperbolën e fuqisë maksimale të lejuar të disipacionit - shpërndarjes dhe të sigurojë brez më të gjerë të lëvizjes së pikës së punës në pjesën lineare të karakteristikës (**figura 3.4**). Nga pika prerëse e drejtëzës së punës me boshtin e abshisës përcaktohet vlera e duhur e tensionit të vazhduar të burimit U_{CC} .

Në drejtëzën e punës përcaktohet vendi i pikës të punës, kurse me atë përcaktohen edhe vlerat e rrymës së bazës I_B , tensionit U_{CE} dhe rrymës I_C .

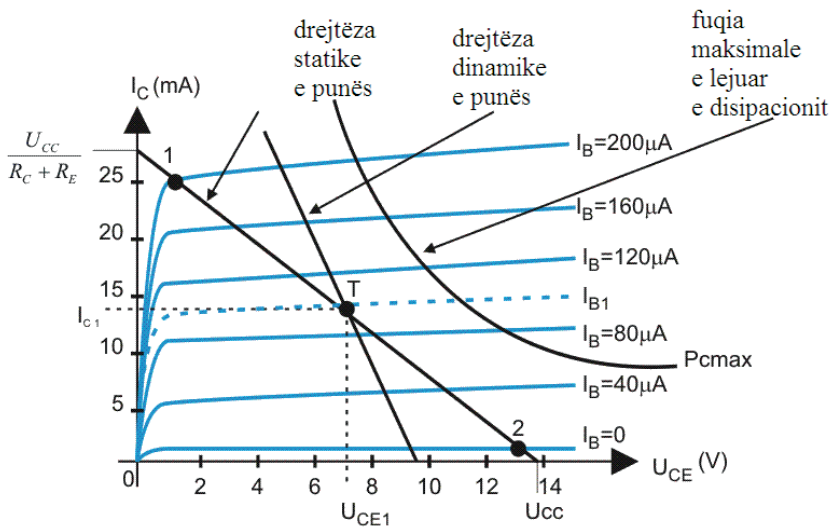


Figura 3.13: Përcaktimi grafik i pikës statike të punës së transistorit.

Rryma e ndarësit të tension R_1 - R_2 është shumë më e madhe se sa rryma e bazës I_B :

$$\frac{U_{CC}}{R_1 + R_2} \gg I_B \dots\dots\dots(3.10)$$

Elektronika – pjesa zgjedhore

Nëse nuk merret parasysh rryma e bazës, rryma e ndarësit do të jetë:

$$I_{R_1} \approx I_{R_2} \approx \frac{U_{CC}}{R_1 + R_2}, \dots\dots\dots(3.11)$$

kurse tensioni i bazës:

$$U_B = U_{CC} \frac{R_2}{R_1 + R_2} \dots\dots\dots(3.12)$$

Tensioni i emiterit U_E është:

$$U_E = U_B - U_{BE} = R_E I_E = R_E(I_C + I_B) \dots\dots\dots(3.13)$$

dhe kështu vijnë në vlerën e R_E :

$$R_E = \frac{U_E}{I_C + I_B} \approx \frac{U_E}{I_C} \dots\dots\dots(3.14)$$

Tani zgjidhet vlera e saktë e rezistencës R_C përmes tensionit të kolektorit:

$$U_C = U_{CE} + U_E \dots\dots\dots(3.15)$$

$$R_C = \frac{U_{CC} - U_C}{I_C} \dots\dots\dots(3.16)$$

Me vlerat e këtilla të zgjedhura për R_E dhe R_C vendoset pika e punës, kështu që t'i kënaqë kushtet specifike të polarizimit.

Drejhtëza statike e punës ka të bëjë vetëm për kushtet statike të punës me rezistencën e kolektorit dhe emiterit. Për rrymën alternative rezistenca e kolektorit është e lidhur në paralel me rezistencën e konsumatorit, kurse rezistenca R_E është e lidhur shkurt me kondensatorin C_E , kështu që drejtëza dinamike e punës e ndryshon këndin kundrejt boshtit të abshisës.

Nëse nuk zbatohet supozimi 3.10, qarku për polarizim mund të transformohet sipas teoremës së Tevenenit (**figura 3.5**), që të bëhet llogaritja e rrymës I_B .

$$U_{BT} = U_{cc} \frac{R_2}{R_1 + R_2} \dots\dots\dots(3.17)$$

$$R_{BT} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \dots\dots\dots(3.18)$$

Për konturën e qarkut bazë-emiter vlen ekuacioni:

$$U_{BT} - R_{BT} \cdot I_B - U_{BE} - I_E \cdot R_E = 0 \dots\dots\dots(3.19)$$

kurse për rrymën I_B fitohet:

$$I_B = \frac{I_E}{\beta + 1} \dots\dots\dots(3.20)$$

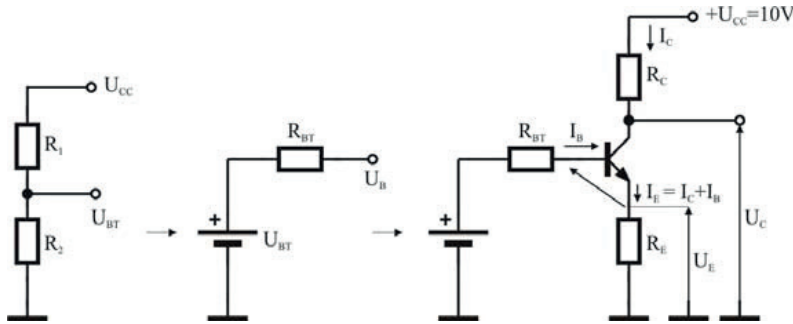


Figura 3.5: Qarku elektrik i përforcuesit për përcaktimin e pikës statike të punës.

Stabilizimi i pikës së punës në ndryshimet e temperaturës me rezistencën R_E kryhet si më poshtë.

Ndryshimet termike në transistor ndodhin ngadalë, ndryshimet e tensionit të emiterit janë të ngadalshme, kurse ndikimi i kondensatorit C_E është i papërfillshëm. Në qarkun e emiterit, kondensatori si do që të jetë nuk ekziston. Me ndryshimin e temperaturës mund të bëhet ndryshimi i ndonjë parametri të transistorit dhe të shkaktojë zhvendosjen e pikës së punës. Nëse, për shembull, bëhet zhvendosja e pikës së punës lart, në drejtimin e rrymës shumicë të kolektorit rritet edhe rënia e tensionit të rezistencës R_E dhe zvogëlohet tensioni bazë-emiter, pasi që tensioni i bazës nuk ndryshon, ai varet vetëm nga tensioni i burimit të ushqimit dhe nga rezistencat R_1 dhe R_2 . Zvogëlimi i tensionit U_{BE} shkakton zvogëlimin e rrymës I_B , kurse me të zvogëlohet edhe rryma I_C . Rezultati përfundimtar është se rryma I_C kthehet në vlerën e mëparshme. Një korrigjim i ngjashëm ndodh edhe nëse zhvendoset pika e punës poshtë në drejtëzën e punës. Në këtë mënyrë rezistenca R_E e mban pikën e punës përafërsisht në të njëjtin vend, gjegjësisht e stabilizon.

Analiza e karakteristikave statike e transistorit bipolar në lidhje me emiter të përbashkët gjendet në faqen 50 të pjesës së rregullt, në tërësinë tematike të dytë: 2. Transistorët bipolarë, kurse koeficienti i përforcimit të rrymës në faqen 53 në të njëjtën tërësi tematike.

MOS HARRO SE...!

- * Transistori punon si përforcues kur kalimi i emiterit është i polarizuar drejt, kurse i kolektorit invers
 - për transistorin NPN $U_C > U_B > U_E$,
 - për transistorin PNP $U_C < U_B < U_E$).
- * Për sinjale të vogla konsiderohen sinjalet që shkaktojnë ndryshime të vogla në pozitën e pikës së punës, ashtu që të mos futet në pjesën jolineare të karakteristikës.
- * Në brezin e lëshimit të përforcuesit, kondensatorët për bashkim dhe burimet e ushqimit konsiderohen si lidhje e shkurtër në raport me komponentin alternativ të sinjalit.
- * Drejtëza e punës vendoset ashtu që të jetë nën hiperbolën e dispacionit - shpërndarjes.
- * Me caktimin e pozitës së pikës së punës, përcaktohen vlerat e rrymës së bazës, tensionit të kolektorit, tensioni kolektor-emiter dhe rryma e kolektorit.
- * Me rezistencën R_E , në qarkun e emiterit arrihet stabilizimi i pikës së punës gjatë ndryshimit të temperaturës.

Z-3.3. Përforcuesi diferencial

Përforcuesi diferencial është përforcues me dy hyrje, njëra quhet invertuese dhe shënohet me "-" dhe tjetra joinvertuese dhe shënohet "+". Në të dy hyrjet barten dy sinjale të ndryshme, U_1 dhe U_2 . Përforcuesi ka vetëm një dalje.

Sinjali i hyrjes mund të jetë diferencial ose në fazë. Tension diferencial të hyrjes kemi kur të dy sinjalet e hyrjes ndërrohen në drejtime të kundërta, njëri në drejtimin pozitiv, kurse tjetri në drejtimin negativ dhe ky është sinjali i dobishëm. Sinjal në fazë kemi kur të dy sinjalet lëvizin në drejtim të njëjtë dhe zakonisht paraqesin sinjal të pengesë.

Sinjali diferencial hyrës është:

$$U_d = U_2 - U_1, \dots \dots \dots (3.21)$$

kurse përforcimi diferencial Ad:

$$A_d = \frac{U_{dal}}{U_d} \dots \dots \dots (3.22)$$

Sinjali në fazë i U_c definohet si vlerë mesatare e të dy tensioneve hyrëse:

$$U_c = \frac{U_1 + U_2}{2}, \dots \dots \dots (3.23)$$

kurse përforcimi i A_c në fazë si:

$$A_c = \frac{U_{dal}}{U_c} \dots \dots \dots (3.24)$$

Tensioni i daljes i përforcuesit diferencial U_{dal} varet nga dy të llojet e sinjaleve të hyrjes sipas relacionit:

$$U_{dal} = U_d A_d + U_c A_c \dots \dots \dots (3.25)$$

Secili nga sinjalet hyrëse ka ndikim të kundërt mbi daljen.

Tensioni rritës pozitiv në hyrjen (+) e bën daljen më pozitive, kurse tensioni rritës negativ në hyrjen (-) e bën daljen më negative. Në mënyrë të ngjashme, tensioni rritës negativ në hyrjen (+) e bën daljen, gjithashtu negative, kurse tensioni rritës negativ në hyrjen (-) e bën të kundërtën. Për shkak të këtyre raporteve, hyrja (-) quhet **invertuese** kurse hyrja (+) **joinvertuese**. Analiza mund të përmblihet në mënyrën në vazhdim: kur polarizimi i tensionit diferencial përputhet me shenjat e hyrjeve, dalja do të jetë pozitive, kurse kur është kundërta, dalja është negative.

Detyra e përforcuesit diferencial është të forcojë diferencën-ndryshimin e tensioneve të sinjaleve hyrëse dhe të mos reagojë në ndryshimet e tensionit të cilat paraqiten në drejtim të njëjtë në të dy hyrjet. Për një përforcues diferencial ideal, përforcimi në fazë është zero, tensioni i daljes nuk varet nga sinjali i hyrjes. Përforcuesi i mirë real duhet të ketë përforcim njëfazor shumë të vogël, kurse faktori i shtypjes i sinjali në fazë, i shprehur përmes:

$$\rho = \frac{|A_d|}{|A_c|} \dots\dots\dots(3.26)$$

duhet të jetë sa më i madh që të jetë e mundur.

Ky faktor mund të shprehet edhe në decibel si:

$$\rho(dB) = 20 \log \frac{|A_d|}{|A_c|} \dots\dots\dots(3.27)$$

ose

$$\rho(dB) = A_d(dB) - A_c(dB) \dots\dots\dots(3.89)$$

Veti e rëndësishme e përforcues diferencial është sepse eliminon sinjalet e padëshiruara dhe zhurmën. Kur silltet sinjal diferencial nga një vend i largët, në të dy telat e furnizimit mund të induktohet sinjali i padëshiruar si sinjal në fazë. Nëse përforcimi në fazë është i vogël, ai do të eliminohet dhe sinjali i kërkuar diferencial do të përforcohet për faktorin Ad.

Karakteristika kalimtare e përforcuesit diferencial jepet në **figurën 3.6**.

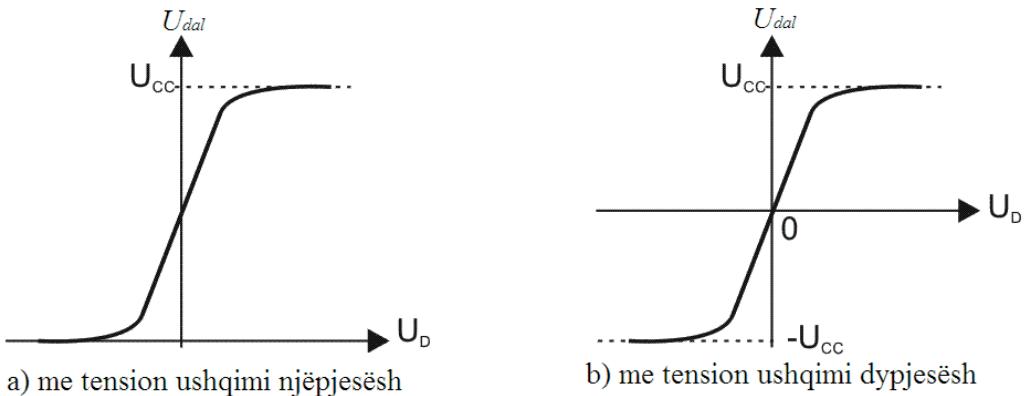


Figura 3.6: Karakteristika kalimtare e përforcuesit diferencial.

Zona e punës, e përcaktuar nga pozita e pikës së punës, është e vendosur në pjesën e pjerrët të karakteristikës. Për rajonin jashtë zonës së punës, përforcuesi është në zonën e ngopjes, që do të thotë sado që të rritet tensioni diferencial hyrës, tensioni i daljes nuk mund ta tejkalojë vlerën e tensionit të ushqimit në drejtimin negativ ose në drejtimin pozitiv.

Z-3.3.1. Konfiguracioni real i përforcuesit diferencial

Qarku i përforcuesit diferencial themelor me transistor dypolar është dhënë në **figurën 3.7**. Qarku është simetrik ndaj vijës vertikale nëpërmjet mesit.

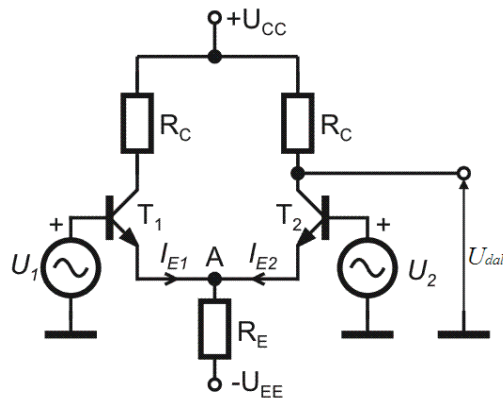


Figura 3.7: Skema elektrike e përforcuesit diferencial.

Për caktimin e pozitës së pikës së punës përdoren dy burime të ushqimit $+U_{CC}$ dhe $-U_{EE}$. Nëse nuk ka sinjale në hyrje, U_1 dhe U_2 janë zero dhe bazat e të dy transistorëve janë në potencial të masës. Kalimet e emiterit janë të polarizuara direkt, kurse emiterët janë në tension $-0,7$ V. Rryma përmes rezistencës R_E përcaktohet sipas:

$$I_{RE} = \frac{-0,7V - (-U_{EE})}{R_E} \dots\dots\dots(3.29)$$

Nëse transistorët janë simetrik (me karakteristika të barabarta), mund të shkruhet:

$$I_{E1} = I_{E2} = \frac{1}{2} I_{RE} \dots\dots\dots(3.30)$$

Kjo paraqet një moment të rëndësishëm për të kuptuar përforcuesin diferencial. Me tensionin $-U_{EE}$ dhe rezistencën R_E përcaktohet rryma e bazën në pikën e punës të secilit transistor, kurse me tensionet dalëse U_1 dhe U_2 përcaktohet se si rryma e bazës do të vendoset në mes të dy anëve të përforcuesit.

Përforcimi diferencial

Përforcuesi diferencial ideal ka vetëm përforcim diferencial, kurse përforcimi i sinjaleve në fazë është i barabartë me zero. Në rastin e tillë kemi:

$$U_1 = \frac{U_d}{2} \text{ dhe } U_2 = -\frac{U_d}{2}$$

dhe me zmadhimin e sinjalit diferencial U_1 zmadhohet në drejtimin pozitiv, kurse U_2 në drejtimin negativ. Rryma e emiterit I_{E1} e njërit transistor do të rritet, kurse I_{E2} e transistorit tjetër do të zvogëlohet. Rryma e përgjithshme përmes R_E nuk ndryshon, tensioni në pikën A nuk ndryshon, sikur të jetë në masën. Për këtë arsye, pika A quhet masa virtuale për sinjal alternativ.

Tani analiza thjeshtohet, kështu që gjysma e përforcuesit diferencial bëhet përforcues emiterial normal, i paraqitur në **figurën 3.8**

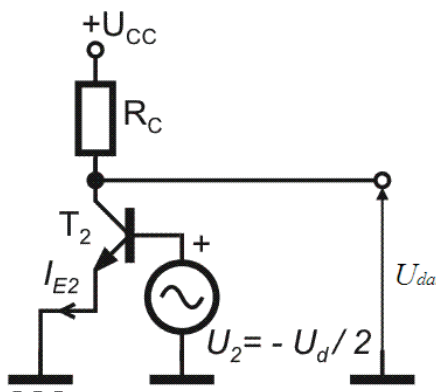


Figura 3.8: Gjysma e përforcuesit diferencial në lidhje me emiter të përbashkët.

Përforcimi i tij është i madh, ai është përforcim diferencial i gjithë përforcuesit:

$$A_d \approx \frac{R_C}{2h_{ie}} \dots \dots \dots (3.31)$$

Për qëllime të caktuara, dalja mund të jetë e lidhur me dy kolektorë, siç tregohet në **figurën 3.9**. Me këtë qark fitohet tension diferencial dalës, i definuar si:

$$U_{dal} = U_{dal1} - U_{dal2} \dots \dots \dots (3.32)$$

dhe ai është dy herë më i madh se shembulli i mëparshëm. Përforcimi i këtij qarku është:

$$A_d \approx \frac{R_C}{h_{ie}} \dots \dots \dots (3.33)$$

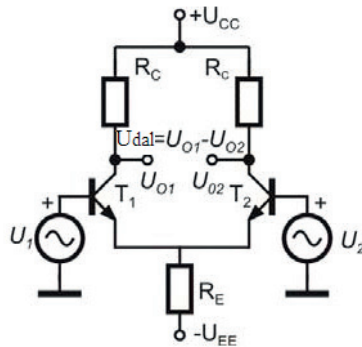


Figura 3.9: Përforcues diferencial me dalje në mes të dy kolektorëve.

Përforcimi në fazë

Për analizën e përforcimit në fazë rezistenca RE të skemës nga figura 3.4 mund të ndahet në dy pjesë të barabarta, secila me një vlerë 2RE, siç është dhënë në **figurën 3.10**.

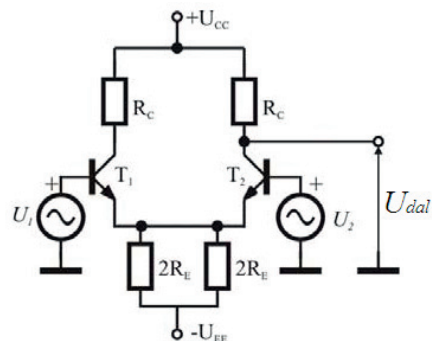


Figura 3.10: Përforcues diferencial për llogaritjen e përforcimit në fazë.

Përsëri, secila gjysmë e qarkut është përforcues me emiter të përbashkët, kurse me kushtin që vlera e R_E të jetë shumë më e madhe se h_{ie} , përforcimi në fazë do të jetë:

$$A_C \approx \frac{R_C}{2R_E} \dots\dots\dots(3.34)$$

Për vlerë më të madhe të faktorit të shtypjes duhet të rritet A_d duke rritur h_{fe} dhe R_C , ose të zvogëlohet A_c duke zmadhuar rezistencën R_E .

KONTROLLONI DITURITË TUAJA

1. Vizato bllok-skemën e përforcuesit diferencial dhe defino: sinjal diferencial hyrës, përforcim diferencial, sinjal në fazë dhe përforcim në fazë.
2. Sa është përforcimi në fazë te përforcuesit diferencial ideal?
3. Defino faktorin e shtypjes të sinjalit në fazë?
4. Cilat burime përdoren për përcaktimin e pozitës të pikës së punës?
5. Sa është përforcimi në fazë te përforcuesit diferencial ideal?

MOS HARRO SE...!

- * Përforcuesi diferencial është qark përforcues me dy hyrje i cili e përforcon ndryshimin e tensioneve të sinjaleve hyrëse dhe nuk reagon në ndryshimet e tensionit në fazë të cilët paraqiten njëkohësisht në të dy hyrjet e tij.
- * Sinjali i hyrjes është diferencial kur të dy sinjalet e hyrjes ndryshojnë në drejtime të kundërta.
- * Sinjal në fazë kemi kur të dy sinjalet hyrëse ndryshojnë në të njëjtin drejtim.
- * Përforcuesi diferencial ideal ka vetëm përforcim diferencial, kurse përforcimi në fazë është zero.
- * Me zbatimin e gjeneratorit të rrymës përmirësohet faktori i shtypjes së përforcimit në fazë.

VERIFIKIMI TEMATIK

I Pyetje me rrethim (Rretho përgjigjet e sakta)



1. Transistori do të punojë si përforcues gjatë polarizimit të kalimeve-PN:
 - a) të emiterit-direkt, kurse të kolektori-invers
 - b) të emiterit-invers, kurse të kolektori-direkt
 - c) të emiterit-direkt, kurse të kolektori-direkt.

2. Përforcues i mirë diferencial real duhet të ketë:
përforcim në fazë të:
 - a) të vogël
 - b) të madhe

3. Përforcues i mirë diferencial real duhet të ketë:
faktor të shtypjes të sinjalit në fazë të:
 - a) të vogël
 - b) të madhe

4. Me relacioni $\rho = \frac{|A_d|}{|A_c|}$ definohet:
 - a) përforcimi diferencial
 - b) përforcimi në fazë
 - c) faktori i shtypjes i sinjalit në fazë.

5. Stabilizimi nga temperatura e pikës së punës së përforcuesit në lidhje me emiter të përbashkët arrihet me rezistencë në:
 - a) qarkun e bazës
 - b) qarkun e emiterit
 - c) qarkun e kolektorit.

III Pyetje me plotësimin

6. Dallimi në mes të frekuencës kufitare të sipërme dhe të poshtme quhet _____ dhe shënohet me _____.

7. Frekuencën në të cilën përforcimi bie për 3dB në raport me përforcimin në frekuenca të mesme quhet _____.

8. Për vlerë më të madhe të faktorit të shtypjes duhet të zmadhohet _____ me zmadhimin e _____ dhe _____, ose të zvogëlohet _____ me zmadhimin e rezistencës _____.

Ushtrime për mësim aktiv:

- ❖ Hulumto në internet dhe gjej përforcues të cilët janë të ndërtuar me një ose dy transistorë.



Z-4.

PËRFORCUESIT OPERACIONAL DHE ZBATIMI I TYRE NË TEKNOLOGJINË E INTEGRUAR

Duke studiuar përmbajtjen e kësaj teme, do të fitosh njohuri bazë për përforcuesit operacional dhe do të mund:

- të njohësh karakteristikat teknike dhe të përshkruash funksionet e qarqeve të integruara (përforcuesit operacional);
- të sqarosh funksionimin e përforcuesit operacional ideal dhe real;
- të njohësh qarqet themelore të përforcuesve invertues dhe joinvertues;
- të llogarisësh parametra të përforcuesve invertues dhe joinvertues.

Z-4. Përforcuesit operacional

Përforcuesi operacional është njëri nga elementet kryesore që mund të plotësojë numër të madh të kërkesave për ndërtimin e sistemeve analoge elektronike. Në kombinim me elemente të ndryshme të jashtme, përforcuesi operacional mund të kryejnë një numër të madh të funksioneve analoge, të tilla si përforcimi, mbledhja, integrimi, diferencimi e të tjera. Përdorimi i gjerë i përforcuesit operacional mundësohet me integrimin e tij në një çip.

Përforcuesi operacional është një përforcues tensioni me shumë stade me lidhje të kundërt direkte, me hyrje diferenciale dhe me përforcim shumë të madh.

Simboli i tij elektrik është dhënë në **figurën 4.1**, kurse skema ekuivalente në **figurën 4.2**. Skema ekuivalente është e përbërë nga një përforcues tensioni ideal dhe vlera të fundme të rezistencës së hyrjes dhe daljes së përforcuesit.

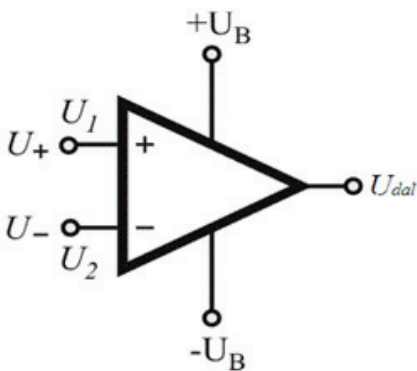
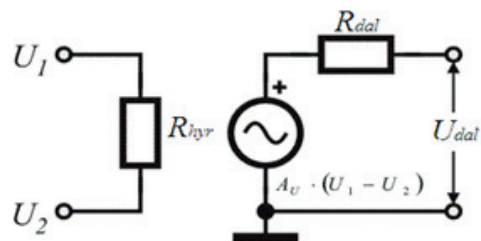


Figura 4.1: Simbol elektrik i Figura përforcuesit operacional



4.2: Skema ekuivalente përforcuesit operacional real

Hyrtet e përforcuesit operacional janë dy lidhje të shënuara me "+", si hyrje jo-konvertues, dhe me "-", si hyrje invertuese dhe tensioni i daljes U_{dal} është në raport të drejtë me diferencën e tensioneve të hyrjes U_- dhe U_+ (njëlloj si te përforcuesit diferencial):

$$U_{dal} = A_U(U_1 - U_2) = A_U(U_+ - U_-), \dots \dots \dots (4.1)$$

ku me A_U është shënuar përforcimi i përforcuesit operacional me hark të hapur (pa lidhje të kundërt). Tensioni i daljes është i zhvendosur në fazë për 180° në raport me tensionin U_2 i cili vjen në hyrjen "-" për atë ajo edhe quhet hyrje invertuese. Tensioni i hyrjes U_{1+} në hyrje me shenjë "+" është në fazë me tensionin e daljes për atë arsye edhe quhet hyrje joinvertuese.

Z-4.1. Përforcuesi operacional ideal

Për të thjeshtuar operacionet matematikore për përcaktimin e shprehjes së përforcimit përdoret përforcuesi operacional ideal. Një përforcues operacional i ka karakteristikat e mëposhtme:

1. **Përforcimi i tensionit pakufi të madh** $A_U = \infty$. Funkzioni primar i përforcuesit është që përforcimi të jetë sa më i madh që të jetë e mundur. Përforcimi gjithmonë mund të zvogëlohet me qark të jashtëm me lidhje të kundërt negative.

2. **Rezistenca hyrëse pafundësisht e madhe**, $R_{hyr} \rightarrow \infty$, që stadi eksitues të mos jetë i mbingarkuar, që do të thotë rrymat e të dy hyrjeve të jenë zero.

3. **Rezistenca dalëse është zero**, $R_{dal} = 0$, përforcuesi operacional atëherë mund të japë rrymë të tillë të madhe, aq sa është e nevojshme për ngarkesën.

4. **Koha e vonësës mes hyrjes dhe daljes të jetë zero**, dalja të paraqitet në të njëjtën kohë me hyrjen invertuese. Zhvendosja fazore të jetë 180° . Karakteristika e frekuencës të jetë e sheshtë, kurse brezi i lëshimit të jetë i pafund, sinjali hyrës alternativ është vetëm një nivel i ndryshueshëm i vazhduar.

5. **Balancë ideale - Offset** (për $U_+ = U_-$, $U_{dal} = 0$). Dalja e përforcimit të jetë zero kur mes hyrjes invertuese dhe joinvertuese bartet sinjal zero.

Skema ekuivalente e përforcuesit operacional ideal është dhënë në **figurën 4.3**.

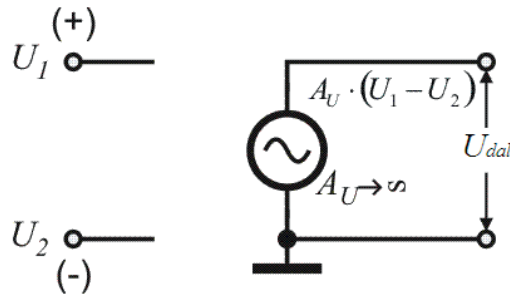


Figura 4.3: Skema ekuivalente e përforcuesit operacional ideal.

Në praktikë përforcimi i tensionit të përforcuesit operacional bëhet të jetë sa më i madh, ai shkon në kufijtë nga disa mijëra në disa qindra mijëra herë. Në analiza gjithmonë supozohet përforcim pafundësisht i madh i përforcuesit operacional, kurse me komponent të jashtëm për lidhje të kundërt arrihen karakteristikat e kërkuara. Rezistenca e daljes është zero, kështu që përforcuesi operacional mund të jap rrymë të nevojshme për ngarkesën, aq sa është e nevojshme. Përveç përforcimit, te përforcuesi operacional real edhe karakteristikat e tjera devijojnë në masë të caktuar nga ata të përforcuesit operacional ideal, por me qëllim që të thjeshtohet analiza e qarkut, përforcuesi real konsiderohet sikur të jetë përforcuesi operacional ideal.

Z-4.2. Lidhja e kundërt e përforcuesit operacional

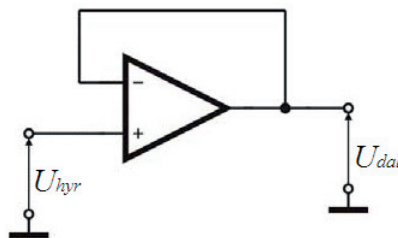


Figura 4.4: Lidhja e kundërt e përforcuesit operacional.

Nëse lidhet dalja e përforcuesit operacional me hyrjen invertuese të tij, kurse në hyrjen joinvertuese lidhet sinjal tensioni (**Figura 4.4**), sinjali i daljes besnikërisht do të ndjekë sinjalin e hyrjes. Me zmadhimin e sinjalit të hyrjes

zmadhohet edhe sinjali i daljes, në përputhje me definicionin e përforcimit diferencial. Megjithatë, në të njëjtën kohë zmadhohet edhe sinjali i kthyer i hyrjes invertuese, kurse veprimi i tij është zvogëlim i dallimit diferencial mes hyrjeve, me çka zvogëlohet tensioni i daljes. Për një vlerë të dhënë të tensionit të hyrjes U_{hyr} , tensioni në dalje do të bëhet shumë i afërt në vlerë me U_{hyr} (parimi i ndjekësit të tensionit), por mjaftueshëm më i vogël, kështu që do të ekzistojë dallimi i tensionit mes U_{hyr} dhe hyrjes invertuese, e cila përforcohet dhe fitohet tension dalës. Qarku shpejt do të arrijë pikën e stabilitetit, në të cilën tensioni i daljes e fiton vlerën e saktë me të cilën rruhet dallimi diferencial i hyrjes.

Për shembull, nëse përforcuesi operacional ka një përforcim prej 200 000 herë dhe nëse është $U_{\text{hyr}} = 6\text{V}$, tensioni i daljes do të jetë $5,999970000149999\text{V}$, kurse tensioni diferencial i hyrjes do të jetë: $6 - 5,999970000149999\text{V} = 29,99985 \mu\text{V}$. Për llogaritjet praktike vlera e $29,99985\mu\text{V}$ nuk është e madhe dhe mund të llogaritet se tensioni diferencial mes dy hyrjeve mbahet me zbatimin e lidhjes së kundërt pikërisht në zero (**figura 4.5**).

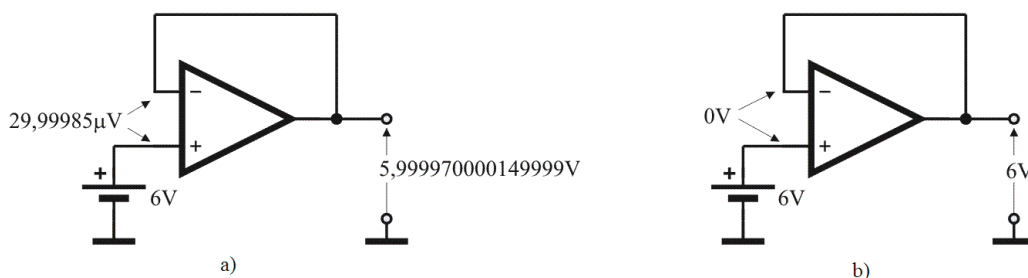


Figura 4.5: Efekti i lidhjes së kundërt dhe i thjeshtë.

Për llogaritjen e përforcimit të tensionit të qarkut, janë të nevojshme dy supozime:

1. Rezistenca e hyrjes së përforcuesit operacional është e pafundme dhe asnjë lloj rryme nuk rrjedh në hyrjet e tij.
2. Përforcimi i përforcuesit operacional është i pafund dhe me lidhjen e kundërt tensionet U_+ dhe U_- bëhen të barabarta.

Këto supozime do të përdoren në zgjidhjen e të gjitha problemeve në të cilat zbatohet përforcuesi operacional ideal.

KONTROLLONI DITURITË TUAJA

1. Defino përforcuesin operacional.
2. Cila hyrje quhet invertuese dhe cila joinvertuese?
3. Cilat karakteristika i ka përforcuesi operacional ideal?

Z-4.3. Konfiguracione të ndryshme të përforcuesve operacional

Njëri nga zbatimet më të përdorura të përforcuesve operacional është zbatimi si përforcues invertues.

Z-4.3.1. Përforcuesi invertues

Me lidhjen e dy rezistencave, si në **figurën 4.6a**, është bërë një qark përforcues me përforcim i cili varet vetëm nga raporti i vlerave të dy rezistencave. Me rezistencën R_2 realizohet lidhja e kundërt negative me të cilën kthehet një pjesë e tensionit të daljes në hyrjen invertuese. Hyrja joinvertuese është e lidhur për masën.

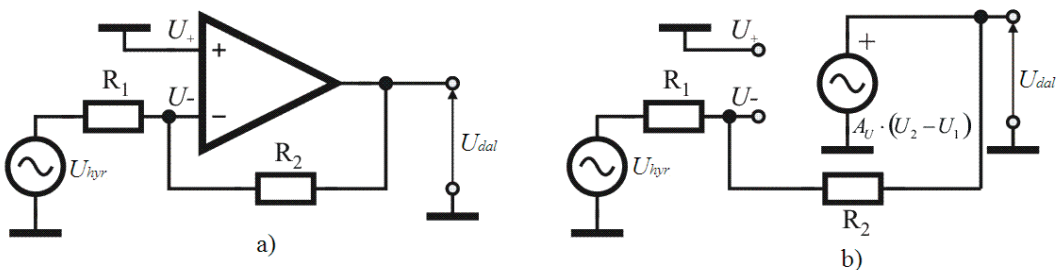


Figura 4.6: Përforcuesi investues dhe skema ekuivalente e tij.

Përforcimi i tensionit të këtij qarku është:

$$A_{inv} = \frac{U_{dal}}{U_{hyr}}$$

Duke zëvendësuar përforcuesin operacional me skemën e tij ekuivalente, fitohet konfiguracion si në **figurën 4.6.b**. Qarku analizohet duke supozuar një vlerë përfundimtare të përforcimit A_U të përforcuesit operacional dhe pastaj rezultati shprehet për vlerën e pafundme të A_U ($A_U \rightarrow \infty$).

Për rrymën e lidhjes së kundërt të rezistencës R_2 mund të shkruhet ekuacioni:

$$I_{R_2} = \frac{U_{dal} - U_{hyr}}{R_1 + R_2}, \dots\dots\dots(4.2)$$

kurse për tensionin e hyrjes invertuese:

$$U_- = U_{hyr} + R_1 \cdot I_{R_2} \dots\dots\dots(4.3)$$

duke zëvendësuar shprehjen për I_{R_2} (4.2) në (4.3) fitohet:

$$U_- = U_{hyr} + R_1 \frac{U_{dal} - U_{hyr}}{R_1 + R_2} \dots\dots\dots(4.4)$$

Hyrja joinvertues është e lidhur për masën, kështu që kemi:

$$U_+ = 0 \text{ dhe } U_{dal} = -A_U \cdot U_-, \text{ ose } U_- = -\frac{U_{dal}}{A_U} \text{ dhe me zëvendësimin e kësaj}$$

shprehjeje në 4.4. fitojmë:

$$U_{dal} = -A_U \left(U_{hyr} + R_1 \frac{U_{dal} - U_{hyr}}{R_1 + R_2} \right) \dots\dots\dots(4.5)$$

Tash për përforcimin e tensionit të qarkut fitohet:

$$A_{inv} = \frac{U_{dal}}{U_{hyr}} = -\frac{1 - \frac{R_1}{R_1 + R_2}}{\frac{1}{A_u} + \frac{R_1}{R_1 + R_2}} \dots\dots\dots(4.6)$$

Në qoftë se në këtë shprehje futet supozimi për $A_U \rightarrow \infty$, gjegjësisht $1/A_U = 0$ fitohet shprehje e thjeshtë:

$$A_{inv} = -\frac{R_2}{R_1} \dots\dots\dots(4.7)$$

Mund të vërehet se përforcimi i tensionit të qarkut të plotë rregullohet me raportin e vlerave të dy rezistencave në qark dhe se nuk varet nga përforcimi i

Elektronika – pjesa zgjedhore

përforcuesit operacional A_U , me kusht që A_U të ketë vlerë shumë të madhe. Shenja “–” tregon se tensioni i daljes është i zhvendosur në fazë për 180° në raport me tensionin e hyrjes dhe për këtë arsye ky përforcues quhet invertues.

Përcaktimi i përforcimit të qarkut bëhet me raportin e vlerave të të dy rezistencave. Ndikimi i të gjithë faktorëve të cilët shkaktojnë ndryshime në rezistencë, siç është temperatura e ambientit eliminohen, sepse ndryshimet ndodhin në të njëjtën kohë në të dy rezistencat njëkohësisht dhe janë proporcionalisht të barabartë, me çka raporti mbetet i pandryshuar.

Duke zëvendësuar rezultatin $\frac{U_{dal}}{U_{hjr}} = -\frac{R_2}{R_1}$ (4.7) në ekuacionin për tensionin e

hyrjes invertuese U_i (3.134) fitohet rezultat interesant: $U_i = 0$. Tensioni i hyrjes invertuese, në këto kushte, mbetet i barabartë me tensionin e hyrjes joinvertuese, në këtë rast zero. Në këtë mënyrë, në skajet e hyrjes të përforcuesit operacional sikur ekziston lidhje e shkurtë e quajtur **lidhje e shkurtër virtuale**.

Tash lehtë mund të përcaktohet rezistenca hyrëse R_{hjr} e qarkut, si rezistencë e shikuar kah qarku në vendin e tensionit të hyrjes U_{hjr} :

$$R_{hjr} = R_1.$$

Lidhja e shkurtër virtuale në hyrjen e përforcuesit operacional ekziston vetëm nëse ai ka të ndërtuar lidhje të kundërt. Nëse realizohet lidhje e kundërt nga dalja me hyrjen invertuese, kemi lidhje të kundërt negative, e nëse bëhet kjo me hyrjen joinvertuese kemi lidhje të kundërt pozitive.

Z-4.3.2. Përforcuesi joinvertues

Nëse kombinohet përforcues operacional ideal me dy rezistenca, siç tregohet në **figurën 4.7** fitohet përforcues operacional joinvertues, në të cilin sinjali i daljes dhe i hyrjes janë në fazë. Sinjali i hyrjes lidhet në hyrjen joinvertuese të përforcuesit operacional.

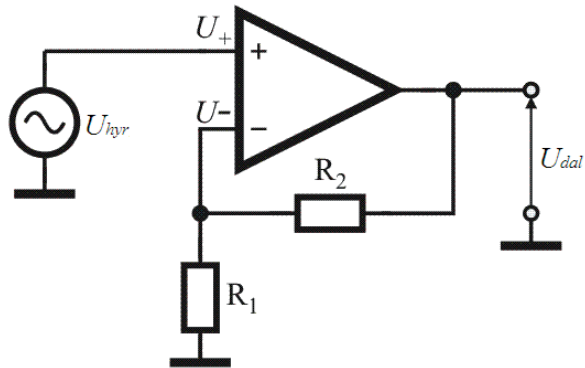


Figura 4.7: Përforcuesi joinvertues.

Me kusht që të mos rrjedhë rryma në hyrjen invertuese edhe gjatë paraqitjes së lidhjes së shkurtër virtuale për shkak të ekzistimit të lidhjes së kundërt negative, shprehja për tensionin e hyrjes invertuese dhe joinvertuese do të jetë:

$$U_+ = U_- = U_{hyr} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_{dal}, \dots\dots\dots(4.8)$$

kurse përforcimi i qarkut:

$$A_{noninv} = \frac{U_{dal}}{U_{hyr}} = 1 + \frac{R_2}{R_1} \dots\dots\dots(4.9)$$

Edhe këtu përforcimi i tensionit A_{noninv} përcaktohet nga raporti i vlerave të rezistencave të qarkut, eliminohen ndryshimet e rezistencave nga ndryshimi i temperaturës së ambientit, e me këtë edhe i përforcimit. Vlera minimale e përforcimit është 1, që fitohet kur $R_2 = 0$, për dallim nga përforcuesi invertues, i cili mund të ketë përforcim edhe më të vogël se 1, e cila nuk praktikohet shpesh.

Z-4.3.3. Përforcuesi operacional me përforcim njësi

Në sistemet analoge ka situata kur është i nevojshme stad i mesëm për riaftësim ose ndarje dhe nga ai nuk kërkohet përforcim. Për qëllime të tilla mund të zbatohet përforcuesi operacional me konfiguracion si në **figurën 4.8**.

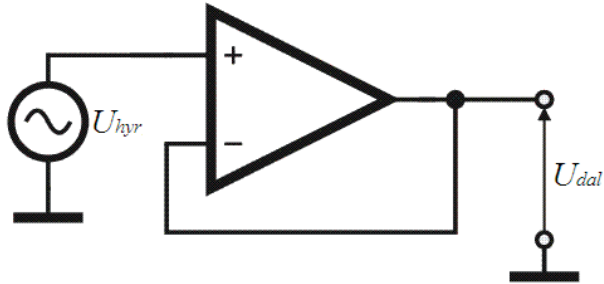


Figura 4.8: Përforcues operacional me përforcim njësi.

Tensioni i daljes së këtij qarku është i njëjtë me tensionin e hyrjes. Megjithatë, në mes të hyrjes dhe daljes së këtij qarku ekziston dallim shumë i rëndësishëm. Rezistenca e hyrjes është e madhe në ekstrem, kurse dalëse shumë e vogël, çka mundëson riaftësim të rezistencës dalëse shumë të madhe të stadit paraprak në rezistencë hyrëse shumë të vogël të stadit në vijim.

Nga esenca e tij përforcuesi operacional me përforcim njësi është rast special i përforcuesit operacional joinvertues në të cilin i gjithë tensioni i daljes U_{dal} kthehet në hyrjen invertuese U_- . Funkzioni i tij themelor është të transformojë impedancë të madhe në impedancë të vogël, gjegjësisht të pranojë sinjal nga burimi me impedancë të lartë dhe në dalje të sigurojë të njëjtin sinjal për qarkun në vazhdim me impedancë të vogël hyrëse. Ai jep përforcim rryme dhe zakonisht përdoret si përforcues “linjë” i cili jep sinjal për linja të gjata apo kablllo.

MOS HARRO SE...!

- * **Përforcuesi operacional është përforcues tensioni me më shumë stade me lidhje direkte, me hyrje diferenciale dhe me përforcim të madh.**
- * **Me përforcuesin operacional ekzekutohen një numër i madh i funksioneve analoge, siç janë: përforcimi, mbledhja, integrimi, diferencimi e të tjera.**
- * **Përforcuesi operacional ideal ka: përforcim tensioni pafundësisht të madh, rezistencë hyrëse pafundësisht të madhe dhe rezistencë dalëse të barabartë me zero.**
- * **Përforcuesi operacional real fitohet me zbatimin e elementeve të jashtme për lidhje të kundërt negative në përforcuesin operacional ideal.**

- * Me përforcuesin operacional invertues, në daljen e tij fitohet sinjal hyrës i përforcuar me zhvendosje fazore prej 180° .
- * Me përforcues operacional joinvertues, në daljen e tij fitohet sinjal hyrës i përforcuar pa zhvendosje fazore.
- * Përforcuesi operacional me përforcim njësi shërben si transformator i impedancës së madhe hyrëse të përforcuesit burimor në impedancë të vogël të ngarkesës. Ai ka përforcim rryme të madhe dhe përforcim tensioni njësi.

Z-4.3.4. Qarku për mbledhje

Qarku i paraqitur në **figurën 4.9** është i ngjashëm me qarkun e përforcuesit operacional invertues. Dallimi është në atë se ky qark ka dy tensione të hyrjes U_{1A} dhe U_{1B} me rezistenca përkatëse R_{1A} dhe R_{1B} . Qarku funksionon si sumator-mbledhës dhe jep tension dalës proporcional me shumën e dy tensioneve të hyrjes.

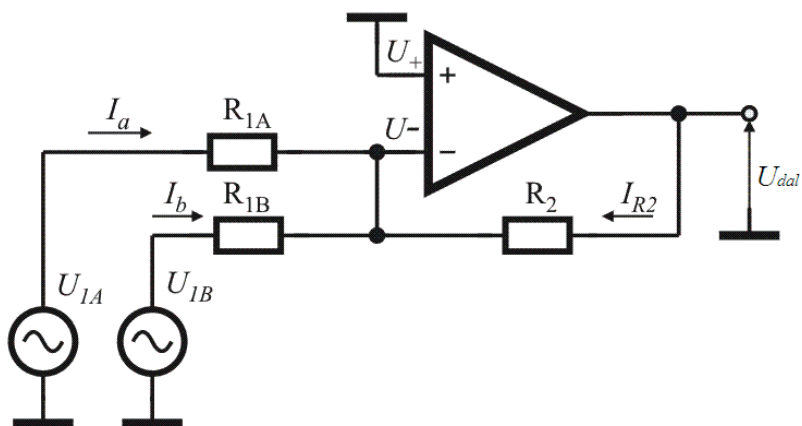


Figura 4.9: Skema e qarkut për mbledhje.

Në analizën e qarkut supozojmë përforcues operacional ideal me lidhje negative, që do të thotë ekzistenca e lidhjes së shkurtër virtuale mes hyrjeve të tij ($U_- = U_+ = 0$). Shprehjet për rrymat në qark janë:

Elektronika – pjesa zgjedhore

$$I_A = \frac{U_{1A}}{R_{1A}}, \quad I_B = \frac{U_{1B}}{R_{1B}}, \quad I_{R_2} = \frac{U_{dal}}{R_2} \dots\dots\dots(4.10)$$

Për nyjen e hyrjes investuese, sipas ligjit të II të Kirkofit, mund të shkruhet:

$$I_A + I_B = -I_{R_2}, \dots\dots\dots(4.11)$$

kurse me zëvendësimin e (4.10) në (4.11) fitohet:

$$\frac{U_{1A}}{R_{1A}} + \frac{U_{1B}}{R_{1B}} = -\frac{U_{dal}}{R_2},$$

dhe më tej:

$$U_{dal} = -\left(\frac{R_2}{R_{1A}}U_{1A} + \frac{R_2}{R_{1B}}U_{1B}\right) \dots\dots\dots(4.12)$$

Ky ekuacion e definon daljen e qarkut për mbledhje me dy hyrje dhe dy rezistenca përkatëse. Qarku mbledhës i tri ose më tepër tensioneve të hyrjes dhe rezistencave mund të formohet me zgjerimin direkt të këtij rezultati. Përforcimi relativ i secilit nga tensionet e hyrjes më shumë përcaktohet nga raporti i vlerave të rezistencave.

Z-4.3.5. Përforcues operacional diferencial

Skema e përforcuesit operacional diferencial, me të cilin përforcohet dallimi i sinjaleve, është dhënë në **figurën 4.10**.

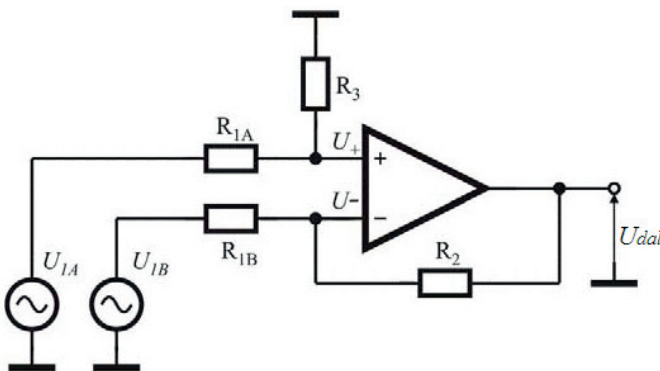


Figura 4.10: Përforcuesi operacional diferencial.

Njëri tension i hyrjes U_{1A} lidhet përmes rezistencës R_{1A} në hyrjen joinvertuese, kurse tjetri U_{1B} përmes rezistencës R_{1B} në hyrjen invertuese të

përforcuesit operacional. Përforcuesi operacional ideal ka një lidhje të shkurtër virtuale në mes të hyrjeve.

Tensioni i hyrjes joinvertuese U_+ përfaqëson pjesë të tensionit U_{1A} , të fituar me ndarësin e tensionit R_{1A} dhe R_3 :

$$U_+ = \frac{R_3}{R_{1A} + R_3} U_{1A} \dots\dots\dots(4.13)$$

Rryma në lidhjen e kundërt rrjedh përmes rezistencave R_{1B} dhe R_2 dhe ajo është:

$$I_{R2} = \frac{U_{1B} - U_-}{R_{1B}} = \frac{U_- - U_{dal}}{R_2} \dots\dots\dots(4.14)$$

Nga këto dy ekuacione llogaritet:

$$U_{dal} = -\frac{R_2}{R_{1B}} \left(U_{1B} - \frac{R_3}{R_2} \frac{R_{1B} + R_2}{R_{1A} + R_3} U_{1A} \right) \dots\dots\dots(4.15)$$

Vlerat e rezistencës së rezistorëve mund të zgjidhen në mënyrë që të jenë:

$$\frac{R_{1B}}{R_2} = \frac{R_{1A}}{R_3} \dots\dots\dots(4.16)$$

dhe për tensionin e daljes do të fitojmë:

$$U_{dal} = -\frac{R_2}{R_{1B}} (U_{1B} - U_{1A}) \dots\dots\dots(4.17)$$

Tensioni i daljes është proporcional me dallimin e tensioneve të hyrjes, kurse faktori i proporcionalitetit përcaktohet me raportin e rezistencës së reaksionit R_2 ndaj rezistencës së burimit të sinjalit për hyrjen invertuese R_{1B} .

Z-4.3.6. Konvertuesi i rrymës në tension

Qarku i konvertuesit të rrymës në tension është i njohur edhe me emrin konvertues rrymë-tension. Ekzistojnë disa zbatime për të cilat është i nevojshëm qarku për konvertim të rrymës së hyrjes në tension. Për këtë qëllim mund të përdoret qark i thjeshtë me përforcues operacional me rezistencë për lidhjen e kundërt negative. (**figura 4.11**).

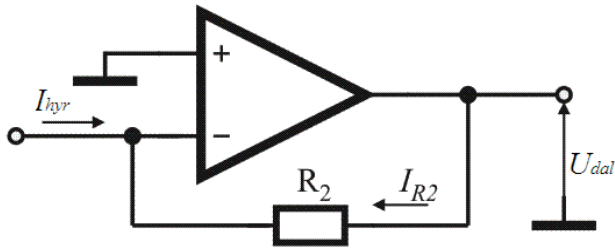


Figura 4.11: Konvertuesi i rrymës në tension.

Rryma e hyrjes nuk rrjedh nëpër përforcuesin operacional për shkak të rezistencës hyrëse të tij të pafundme, ajo rrjedh vetëm nëpër rezistencën për lidhje të kundërt R_2 . Tensioni i daljes është:

$$U_{dal} = I_{hyr} R_2 \dots\dots\dots(4.18)$$

Për këtë qark nuk mund të definohet "përforcim tensioni" ose "përforcim rryme", sepse në hyrje kemi rrymë, kurse në dalje tension. Parametri me të cilin përshkruhet sa do të ndryshojë tensioni i daljes me ndryshimin e rrymës së hyrjes do të mund të definohet si rezistencë transferuese (bartëse), me çka "transferimi" do të thotë se tensioni dhe rryma nuk maten në të njëjtin vend. Një shembull praktik i zbatimit të këtij përforcuesi është në matësin elektronik të ndriçimit. Fotodioda e lidhur në hyrje të konvertuesit të rrymës në tension (**figura 4.12**) jep rrymë proporcionale me intensitetin e dritës që bie në objektivin e saj. Kjo rrymë me konvertuesin shndërrohet në tension, proporcional me dritën e rënë, e cila matet me instrument adekuat.

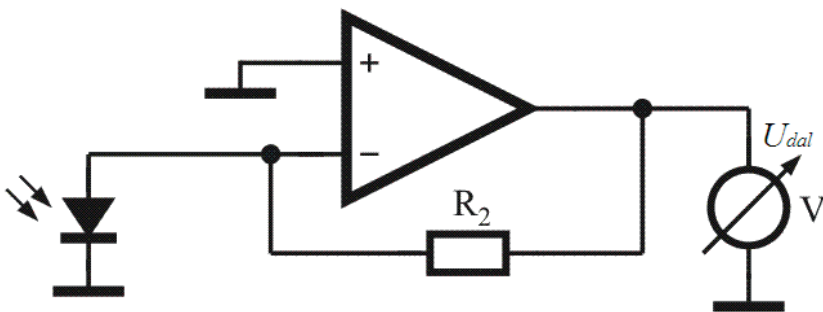


Figura 4.12: Matës i dritës me konvertim të rrymës në tensionit.

Z-4.3.7. Konvertuesi i tensionit në rrymë

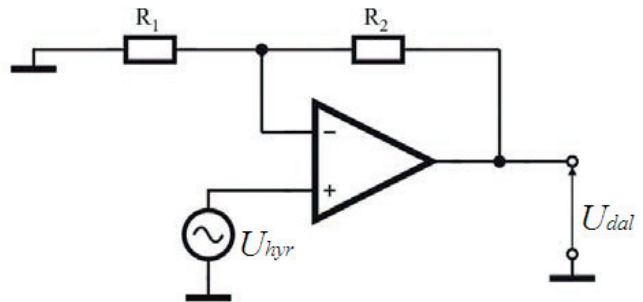
Edhe ky, si edhe konvertuesi paraprak, zakonisht përdoret në teknikat e matjeve gjatë bartjes së sinjalit të matur në largësi. Për një bartje të tillë, sinjali i cili bartet ka shtrembërime më të vogla nëse bartet si sinjal i rrymës. Qarku i këtij konvertori (**figura 4.13**) është i njohur edhe si konvertor tension-rrymë.

Tensioni i hyrjes lidhet në hyrjen joinvertuese të përforcuesit operacional, kurse rryma e daljes rrjedh në rezistencat R_1 dhe R_2 . Lidhja e shkurtër virtuale edhe këtu është e pranishme, e cila e përcakton rrymën e daljes si:

$$I_{dal} = \frac{U_{hyr}}{R_1} \dots\dots\dots(4.19)$$

Rryma e daljes është proporcionale me tensionin e hyrjes dhe nuk varet nga vlera e rezistencës R_2 , e cila këtu e ka rolin e ngarkesës.

Figura 4.13: Konvertuesi i tensionit në rrymë.



Z-4.3.8. Zhvendosësi i fazës

Nëse në vend të rezistencave në përforcuesin operacional invertues vendosen impedanca, të cilat përveç komponentëve aktivë përmbajnë edhe komponentë reaktivë, atëherë përforcimi do të jetë madhësi komplekse. Nëse modulet e impedancave kanë vlerë të njëjtë, $|Z_1| = |Z_2|$, atëherë moduli i përforcimit do të jetë njësi:

$$|A| = \left| -\frac{Z_2}{Z_1} \right| = 1$$

kurse dallimi në fazë në mes të tensionit të daljes dhe hyrjes do të jetë:

$$\varphi = \arctg \frac{A_{IM}}{A_{RE}} \dots\dots\dots(4.20)$$

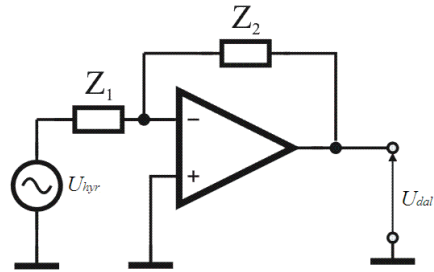
ku:

A_{IM} -është pjesa imagjinare e përforcimit,

A_{RE} -është pjesa reale e përforcimit.

Skema e zhvendosësit të fazës është treguar në **figurën 4.14**.

Figura 4.14: Zhvendosësi i fazës.



Z-4.3.9. Integratori

Në qarkun e kontrollit automatik është e nevojshme që të realizohet funksioni i integrimit të një tension alternativ.

Me termin integrim nënkuptohet ndryshimi i formës së tensionit të daljes në raport me tensionin e hyrjes në bazë të operacionit matematikor integralit.

Skema e qarkut të thjeshtë për integrim është paraqitur në **figurën 5.15**.

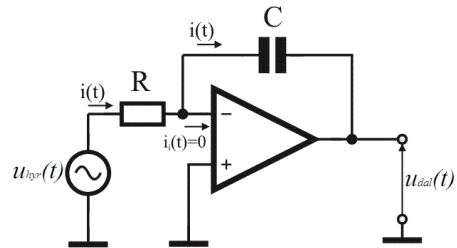


Figura 4.15: Integruesi.

Kondensatori C është i lidhur në mes hyrjes invertuese dhe daljes dhe me të është krijuar lidhja e kundërt negative. Për shkak të ekzistimit të lidhjes së shkurtër virtuale ($U+ = U-, i(t) = 0$) në hyrjen e përforcuesit operacional, rryma nëpër rezistencën R dhe nëpër kondensatorin C do të jetë e njëjtë. Gjatë kësaj, ajo nuk do të varet nga kapaciteti i kondensatorit C e as nga vlera e tensionit të daljes. Ajo rrymë është e përcaktuar nga ekuacioni:

$$i(t) = \frac{u_{hyr}}{R}$$

Tensionet dhe rrymat janë shënuar si funksione të kohës t , me qëllim që të potencohet se ato janë të ndryshueshme në kohë. Tensioni i daljes $u_{dal}(t)$ është i barabartë me tensionin në skajet e kondensatorit C, por me shenjë të kundërt, shikuar në raport me rrymën e cila rrjedh nëpër kondensator. Me rrjedhjen e rrymës nëpër kondensator, ndryshohet ngarkimi elektrik i kondensatorit dhe me të ndryshohet edhe tensioni në skajet e tij.

Në **figurën 4.16** janë dhënë disa shembuj të cilët tregojnë se si ndryshon tensioni i daljes të integruesit për tensione të ndryshme të hyrjes.

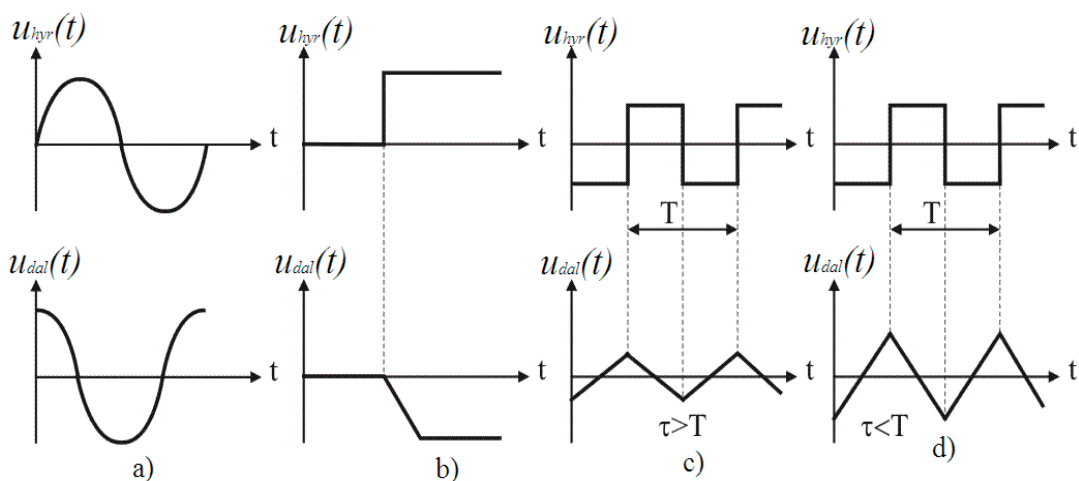


Figura 4.16: Ndryshimi në kohë i tensionit të daljes tek integruesi për tensione të ndryshme të hyrjes.

Nëse në hyrje të integruesit lidhet tension sinusoidal si në **figurën 4.16a**, në dalje do të fitohet e njëjta formë valore si edhe tensioni i hyrjes vetëm se është i zhvendosur në fazë.

Në **figurën 4.16b** është treguar një shembull kur tensioni i hyrjes ka formë shkallë. Derisa tensioni i hyrjes është zero edhe tensioni i daljes është zero. Kur do të vijë në kërcimin të tensionit të hyrjes, tensioni i daljes nuk do të ndryshojë menjëherë.

Në **figurën 4.16c dhe 4.16d** është dhënë shembull kur tensioni i hyrjes ka formë të valës kënddrejtë, për dy konstantat të ndryshme kohore të integralit τ në raport me periodën e tensionit kënddrejtë $\tau > T$ (figura 4.16c), dhe $\tau < T$ (figura 4.16d).

Me prodhimin $\tau = RC$ definohet konstanta kohore e integralit e cila e përcakton faktorin e proporcionalitetit të integruarit.

Z-4.3.10. Diferenciatori

Skema e diferenciatorit (bllokut diferencial) është dhënë në **figurën 4.17**. Tensioni i hyrjes është i lidhur në mes hyrjes invertuese të përforcuesit operacional dhe masës përmes kondensatorit C. Në degën e lidhjes së kundërt është lidhur rezistenca R. Për shkak të ekzistencës të lidhjes së shkurtër virtuale ($U_+ = U_-$, $i(t) = 0$) në hyrjen e përforcuesit operacional, rryma e cila rrjedh nëpër kondensatorin C, do të jetë e njëjtë me rrymën nëpër rezistorin R.

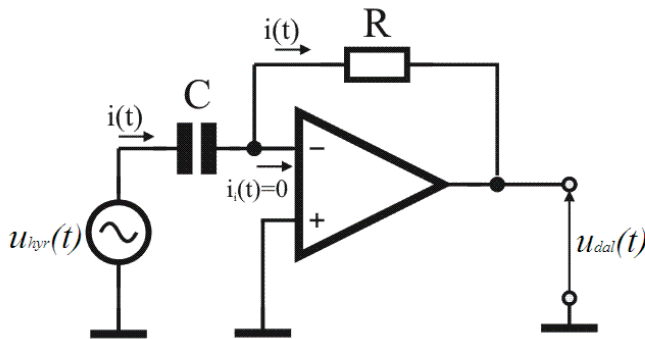


Figura 4.17: Diferenciatori.

Tensioni i daljes është proporcional me shpejtësinë e ndryshimit të tensionit të hyrjes. Me prodhimin $\tau = RC$ definohet konstanta kohore e diferenciatorit.

Në **figurën 4.18** tregohen ndryshimet e tensionit të daljes të diferenciatori për tensione të ndryshme të hyrjes. Nëse tensioni i hyrjes të diferenciatori është tension sinusoidal (figura 4.18a), tensioni i daljes do të ketë të njëjtën formë valore siç është tensioni i hyrjes, vetëm se është i zhvendosur në fazë. Nëse tensioni i hyrjes ka formë valore shkallë (figura 4.18b), në momentin e kërcimit të sinjalit të hyrjes, në dalje do të paraqitet kërcim me shenjë të kundërt me amplitudë të njëjtë si edhe kërcimi në hyrje. Pastaj tensioni i daljes bie në mënyrë eksponenciale deri në vlerën zero. Në figurat 4.18c dhe 4.18d, janë dhënë shembuj kur tensioni i

hyrjes ka formë valore kënddrejtë. Në qoftë se konstanta kohore e diferenciatorit është më e madhe se perioda e tensionit kënddrejtë $\tau > T$ (figura 4.18c), në dalje do të paraqiten shkallë të tensionit të cilat me kalimin e kohës bien gradualisht, por jo në vlerën zero. Në qoftë se konstanta kohore $\tau < T$ (figura 4.18d), në dalje do të paraqiten maja të holla në momentin kur tensioni i hyrjes ndryshon shpejt dhe ato bien në vlerën zero. Qarku është diferencues i mirë nëse ka konstantë të vogël kohore në krahasim me kohën e ndryshimit të tensionit të hyrjes. (figura 4.18d).

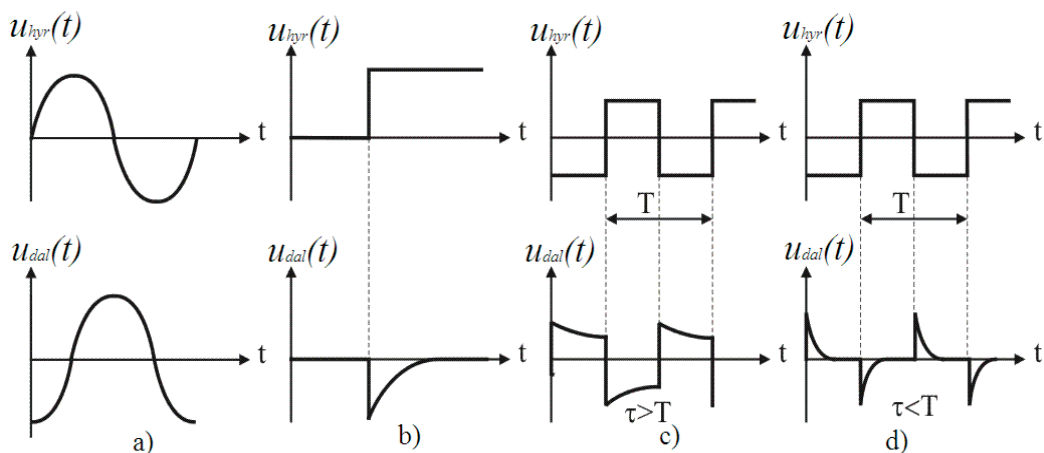


Figura 4.18: Ndryshimi në kohë i tensionit të daljes te diferenciatori për tense të ndryshme të hyrjes.

KONTROLLONI DITURITË TUAJA

1. Vizato përforcues invertues dhe paraqit shprehjen për përforcimin e tensionit me supozimin se $A_U \rightarrow \infty$.
2. Defino termin "lidhje e shkurtër virtuale".
3. Ku zbatohen përforcuesit operacional me përforcim njësi?
4. Shkruaje ekuacionin për tensionin e daljes te qarku për mbledhje.
5. Cili përforcues operacional përforcon ndryshim të sinjaleve?
6. Cili është përdorimi praktik i konvertuesit të rrymës në tension?
7. Cili përforcues operacional përdoret në teknikën e matjeve gjatë bartjes së sinjalit të matur në largësi?
8. Cili përforcues operacional përdoret në qarqet për përpunimin e sinjaleve?
9. Të vizatohet skema e integritorit dhe të përshkruhet parimi i punës.

MOS HARRO SE...!

- * Me përforcuesin operacional për mbledhje fitohet dalje proporcionale me mbledhjen e tensioneve të hyrjes.
- * Përforcuesi operacional diferencial e përforcon dallimin e sinjaleve të hyrje.
- * Konvertuesit e rrymës në tension dhe tensionit në rrymë janë përforcues operacional me zbatim në teknikën e matjeve.
- * Integratori fitohet kur në lidhjen e kundërt të një përforcuesi operacional do të vendoset një kondensator.

Z-4.4. Përforcuesi operacional real

Përforcuesi operacional real, sipas karakteristikave të tij devijon nga ideali. Nga ana tjetër ai ka një strukturë të përbërë komplekse nga disa stade dhe numër të madh të elementeve aktive. Karakteristika më të rëndësishme të përforcuesit operacional real janë:

1) Përforcim të sinjalit diferencial të hyrjes (Diferential open-loop voltage gain)

Përforcuesi operacional real ka një përforcim që lëviz brenda kufijve 105-106. Përforcimi karakteristik për njërin nga përforcuesit operacional më të njohur (741) është $A_d \approx 200000$ (106dB), ndërsa vlera minimale e përforcimit të sinjalit diferencial të hyrjes është 5000 (74dB). Për këtë shkak shpesh mund të konsiderohet se përforcimi karakteristik $A_d \rightarrow \infty$.

2) Karakteristika kalimtare nuk është plotësisht lineare (nuk është drejtëz), dhe si pasojë e kësaj bëhen shtrembërimet e sinjalit.

3) Kufizimet në karakteristikën e frekuencës

Brezi i frekuencës do të lëvizë nga $f_p = 0$, deri në një frekuencë kufitare të sipërme.

4) Faktori i shuarjes i sinjalit njëfazësh (Common mode rejection ratio-CMRR)

Ky është një numër që tregon se sa herë përforcimi i tensionit diferencial i hyrjes është më i madh nga përforcimi i tensionit njëfazor të hyrjes. Te përforcuesit real ai ka një vlerë prej 70dB deri në 100dB.

5) Rezistenca e hyrjes (Input resistance)

Rezistenca e hyrjes në përforcuesin operacional real nuk është pafundësisht e madhe. Zakonisht sillet mes $100\text{k}\Omega$ dhe $1\text{M}\Omega$. Megjithatë, për shkak të ekzistencës së lidhjes së kundërt, rezistenca e hyrjes mund të mos merret parasysh. Këtu më tepër duhet të kemi kujdes në raportin mes rezistencës hyrëse dhe rezistencës së lidhjes së kundërt. Gjegjësisht, nëse rryma e hyrjes në vetë përforcuesin operacional, është shumë më e vogël nga rryma nëpër degën kthyese, gjegjësisht nëse rezistenca e hyrjes është shumë herë më e madhe se rezistenca e degës kthyese (të paktën 10 herë), mund të konsiderohet se rezistenca e hyrjes nuk ndikon në përforcim. Përforcuesit operacional me MOS transistorë, në përgjithësi, kanë rezistencë hyrëse pafundësisht të madhe. Megjithatë, në praktikë, për shkak të nevojës për të mbrojtur gejtin e MOSFET-it në raport me elektricitetin statik, që zakonisht bëhet me anë të diodave me polarizim invers, kjo rezistencë mund të jetë më e vogël.

6) Rezistencë dalëse (Output resistance)

Rezistenca e hyrje do të ketë ndikim më të vogël mbi përforcimin nëse rezistenca e degës kthyese është shumë herë më e madhe se e hyrjes, që është në kundërshtim me kërkesën në krahasim me rezistencën e hyrjes. Prandaj, gjatë projektimit të përforcuesit rezistenca në degën kthyese duhet të zgjidhet në atë mënyrë që të ketë një vlerë optimale, si në raport me rezistencën e hyrjes, ashtu edhe në raport me rezistencën e daljes. Për më tepër, vetë përforcuesi i përdorur operacional duhet të ketë sa të jetë e mundur rezistencë hyrëse më të madhe dhe sa të jetë e mundur rezistencë dalëse më të vogël. Përforcuesit operacional me transistor për përdorim të përgjithshëm kanë rezistencë dalëse nga 40 deri 100Ω .

7) Mospërshtatja e rrymës së hyrjes - ofset i rrymës (input offset current)

Që të sigurohet që tensioni i daljes të jetë zero kur në hyrje nuk kemi sinjal, që të kompensohen asimetritë në karakteristikat e elementeve, zakonisht duhet të sigurohet rrymë e ndryshme e polarizimit në transistorët e hyrjes. Ofseti i rrymës definohet si ndryshim i rrymave të hyrjes të polarizimit me kusht që tensioni i daljes të jetë zero.

8) Drejft i ofsetit të rrymës së hyrjes (Input offset current drift)

Përfaqëson koeficient të ndryshimit të ofsetit të rrymës së hyrjes dhe ndryshimit të temperaturës. Për përforcuesin operacional $\mu\text{A} 741$ ai është $0,1 \text{ nA}^\circ\text{C}$.

9) Mospërshtatja e tensioni të hyrjes- ofset i tensionit (input offset voltage)

Definohet si tension diferencial që duhet të lidhet mes dy hyrjeve (për hyrje simetrike), ose në mes të hyrjeve dhe masës (për hyrje asimetrike), të përforcuesit operacional ashtu që tensioni i daljes të pranojë vlerë zero. Quhet edhe tërheqje e tensionit të hyrjes kurse varet edhe nga temperatura. Zakonisht, te strukturat bipolare sillet nga $0,1$ deri në 2nV , ndërsa te qarqet-MOS nga 1 deri në 20mV .

10) Shtypja e ndryshimit të tensionit të ushqimit (PSRR- power supply rejection ratio)

Për shkak të varësisë së parametrave të elementeve aktive nga tensioni i ushqimit, sidomos nëse ndryshohet tensioni i vetëm njërit prej burimeve, gjatë ndryshimit të tensionit të ushqimit do të ndryshohet edhe tensioni i daljes. Për të kompensuar këtë ndryshim të tensionit të daljes, zakonisht është e nevojshme të bëhet ndryshimi i duhur i tensionit të hyrjes. Marrëdhënia në mes ndryshimit të njërit prej burimeve të ushqimit dhe ndryshimit përkatës të tensionit të hyrjes që tensioni i daljes të mos ndryshohet, quhet faktori i shtypjes së ndryshimit të tensionit të ushqimit. Vlera tipike është $20\mu\text{V/V}$.

11) Shpejtësia e ndryshimit të tensionit të daljes (Slew rate)

Për shkak të ekzistencës së kapaciteteve parazitare në elementet aktive dhe lidhjet në qark, tensioni i daljes nuk është në gjendje për momentin të ndjek ndryshimet e tensionit të hyrjes. Shkalla e rritjes së tensionit të daljes (slew rate) definohet si raport i ndryshimit të tensionit daljes në kohën njësi gjatë eksitimit të hyrjes me impuls drejtkëndor. Vlera tipike është nga $1\text{V}/\mu\text{s}$ deri në $15\text{V}/\mu\text{s}$. Nëse

përforcuesi ka një shpejtësi të vogël të ndryshimit të tensionit të daljes lehtë impulset drejtkëndore të hyrjes, në dalje mund të paraqiten me formë trapezi, kurse sinjali sinusoidal i frekuencave të larta të shtrembërohet dhe në dalje të fitojë formë të përafërt trekëndëshi.

12) Kompensimi i mospërshtatjes së përforcuesit operacional

Kompensimi i mospërshtatjes në hyrje (përputhje në "zero") më lehtë bëhet nëse përforcuesi operacional, me vetë konstruksionin, ka të paraparë mundësinë për operacion të tillë. Për shembull, përforcuesi operacional i llojit 741 ka të ndërtuar mundësinë për përshtatje me zero. Në të janë të ndërtuara lidhje për kompensim. Është e paraparë që mes këtyre lidhjeve të vendoset potenciometër, me çka treguesi-shigjeta e tij lidhet me masën. Duke rregulluar pozicionin e treguesit mund të realizohet që tensioni i daljes të ketë vlerën zero kur në hyrje nuk ka sinjal. Nëse përforcuesi operacional nuk ka të ndërtuar mundësi për përshtatje në zero, ajo mund të arrihet me lidhjen e elementeve të veçanta për këtë qëllim. Gjatë kësaj është e nevojshme të sigurohet burim plotësues për krijimin e tensionit, gjegjësisht rrymës, për kompensim.

13) Brezi maksimal i ndryshimit të tensionit të hyrjes sinfazor

Brezi i ndryshimit të tensionit të hyrjes sinfazor është i kufizuar nga gjendja e transistorëve në stadin e hyrjes të një përforcuesit operacional. Në të vërtetë, të gjithë transistorët e stadi të hyrjes patjetër të jenë në zonën aktive normale në brezin mes tensionit të hyrjes sinfazor minimal dhe maksimal.

14) Tensioni i hyrjes së zhurmës dhe rryma e zhurmës (Input noise voltage, Input noise current)

Ato janë vlerat efektive të burimeve të tensionit dhe rrymës së zhurmës të përforcuesit, me çka kufizohet niveli më i vogël i tensionit të hyrjes që mund të përforcohet. Vlera tipike për tensionin e zhurmës është $\frac{10nV}{\sqrt{Hz}}$, kurse për rrymën

e zhurmës është $\frac{0,2pA}{\sqrt{Hz}}$.

Z-4.4.1. Bllok-skema e përforcuesit operacional real

Përforcuesit operacional kanë strukturë të brendshme komplekse të vendosur në një qark të integruar. Blloqet bazë nga të cilët është i ndërtuar një përforcues operacional janë: përforcues diferencial në hyrje, përforcues tensioni dhe përforcues fuqie në dalje. (figura 4.19). Kjo është baza mbi të cilën është ndërtuar sot përforcuesi operacional më i njohur 741 (UA741 ose μ A741).

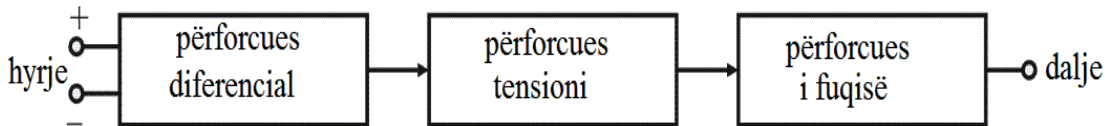


Figura 4.19: Bllok-skema e përforcuesit operacional.

Përforcuesi diferencial ka dy hyrje dhe një dalje dhe është realizuar në atë mënyrë që të arrijë një faktor të madh të shtypjes së tensionit në fazë të hyrjes, rrymë të vogël të hyrjes dhe rezistencë të hyrjes së madhe, përforcim të madh stabil të pavarur nga ndryshimi i temperaturës së mjedisit. Në bllokun e dytë është një përforcues tensioni me përforcim të tensionit të lartë. Në këtë pjesë zbatohet edhe kompensimi i karakteristikës së frekuencës së përforcuesit. Blloku i tretë është një përforcues rryme në klasën AB. Ai siguron rrymë të nevojshme dalëse dhe rezistencë të ulët dalëse për të gjithë përforcuesin operacional, shtrembërim minimal dhe disipacion të vogël deri në 300mW.

Skema e thjeshtuar e përforcuesit operacional 741 është dhënë në **figurën 4.22**.

Përforcuesit operacional dhe zbatimi i tyre në teknologjinë e integruar

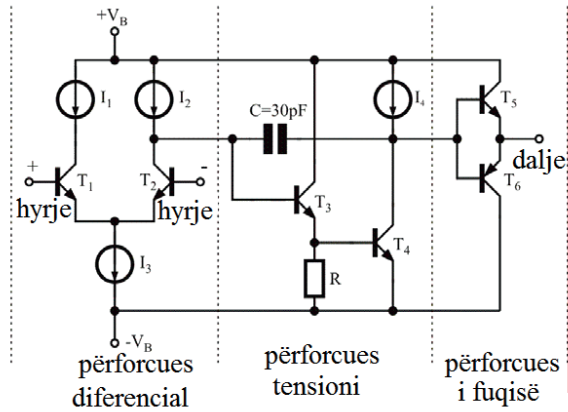


Figura 4.22: Skema e thjeshtuar e përforcuesit operacional 741

Përforcuesi hyrës diferencial është i përbërë nga transistorët T_1 dhe T_2 . Në qarkun e përbashkët të emiterit dhe kolektorit janë vendosur gjeneratorët e rrymave I_1 , I_2 dhe I_3 . Me gjeneratorin e rrymës sigurohet që rryma e bazës të jetë shumë e vogël e rendit nanometër, çka siguron rezistencë të madhe hyrëse të përforcuesit operacional. Gjeneratorët e rrymave sigurojnë edhe stabilitet të madh nga temperatura.

Përforcuesi i tensionit është i formuar me transistorët T_3 , i cili punon në lidhje me kolektor të përbashkët dhe T_4 , i cili është në lidhje me emiter të përbashkët. Në vend të rezistencës së kolektorit, transistori T_4 në qarkun e kolektorit ka gjenerator rryme I_4 . Me kondensatorin C realizohet lidhja e kundërt nga kolektori i transistorit T_4 në bazën e transistorit T_3 . Me këtë lidhje të kundërt negative është realizuar kompensimi i frekuencës, gjegjësisht zgjerimi i brezit të lëshimit të përforcuesit. Pasi që kemi të bëjmë me përforcues të vazhduar (njëkahësh), frekuenca e sipërme kufitare e saj është 10Hz. Mbetet edhe mundësia për përfshirjen e lidhjes së kundërt të jashtme.

Përforcuesi i fuqisë është realizuar me çift transistorësh komplementar T_5 dhe T_6 , në klasën B. Përforcimi i tensionit i këtij stadi është njësi, por ai siguron përforcim të rrymës së daljes.

Skema e plotë e përforcuesit operacional 741, e përbërë nga 24 transistorë bipolar, 11 rezistenca dhe një kondensator, të gjitha të vendosura në pllakë silici

Elektronika – pjesa zgjedhore

prej 1mm^2 , të vendosura në shtëpizë metalike cilindrike ose në çip standard të integruar, është dhënë në shtojcën 1 në fund të këtij kapitulli.

MOS HARRO SE...!

- * Përforcuesi operacional real ka përforcim i cili sillet brenda kufijve 105-106.
- * Rezistenca e hyrjes te përforcuesit operacional real zakonisht sillet mes $100\text{K}\Omega$ dhe $1\text{M}\Omega$.
- * Ofseti i rrymës definohet si ndryshim i rrymave të hyrjes të polarizimit me kusht tensioni i daljes të jetë zero.
- * Drejt i ofsetit të rrymës së hyrjes paraqet herës të ndryshimit të ofsetit të rrymës së hyrjes dhe ndryshimit të temperaturës.
- * Mospërshtatja e tensionit në hyrje definohet si tension diferencial i cili duhet të lidhet mes dy hyrjeve (për hyrjen simetrike), ose mes hyrjeve dhe masës (për hyrje asimetrike), të përforcuesit operacional që tensioni i daljes të pranojë vlerë zero.
- * Raporti mes ndryshimit të njërit prej burimeve të ushqimit dhe ndryshimit përkatës të tensionit të hyrjes që tensioni i daljes të mos ndryshojë quhet faktor i shtypjes i ndryshimit të tensionit të ushqimit.
- * Shpejtësia e rritjes së tensionit të daljes (slew rate) definohet si raport i ndryshimit të tensionit të daljes në kohën njësi gjatë eksitimit të hyrjes me impuls kënddrejtë.
- * Blloqet themelore nga të cilët është ndërtuar një përforcuesi operacional, janë: përforcuesi diferencial në hyrje, përforcuesi i tensionit dhe përforcuesi i fuqisë në dalje.

KONTROLLONI DITURITË TUAJAN

1. Defino parametrat fizik të përforcuesit real.
2. Cilat janë bloqet themelore nga të cilat është ndërtuar një përforcues operacional real?
3. Analizo skemën elektrike të përforcuesit operacional real ($\mu A741$).
4. Në cilën klasë punon çifti komplementar i transistorëve T_5 dhe T_6 në skemën e thjeshtuar të përforcuesit operacional 741?
5. Cili është roli i kondensatorit C në skemën e thjeshtuar të përforcuesit operacional 741?

VERIFIKIMI TEMATIK

I Pyetje me rrethim (Rretho përgjigjet e sakta)



1. Parametra të përforcuesit operacional me vlerë pafundësisht të madhe janë:
 - a) përforcimi i tensionit
 - b) rezistenca e daljes
 - c) rezistenca e hyrjes.
2. Për riaftësimin e rezistencës së madhe dalëse të stadit paraprak në rezistencën e hyrjes së stadit në vazhdim përdoret:
 - a) përforcuesi operacional invertues
 - b) përforcuesi operacional joinvertues
 - c) përforcuesi operacional me përforcim njësi.

Elektronika – pjesa zgjedhore

3. Tensioni i daljes është proporcional me ndryshimin e tensioneve të hyrjes te:

- a) përforcuesi operacional invertues
- b) përforcuesi operacional diferencial
- c) përforcuesi operacional joinvertues.

4. Në matësin elektronik të ndriçimit përdoret:

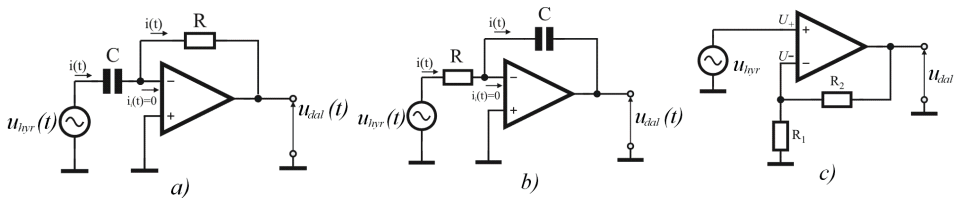
- a) konvertuesi i tensionit në rrymë
- b) konvertuesi i rrymës në tension
- c) përforcuesi operacional joinvertues.

5. Përforcuesi operacional joinvertues:

- a) ka lidhje të kundërt pozitive
- b) ka lidhje të kundërt negative
- c) nuk ka lidhje të kundërt.

II pyetje me lidhshmëri

6. Lidh skemat e përforcuesve operacional me llojet e përforcuesve operacional:



- 1. Përforcues operacional joinvertues _____
- 2. Diferenciator _____
- 3. Integrator _____.

7. Lidh renditjen e stadeve në përforcuesin operacional real:

- 1. Stadi I a) Përforcues tensioni _____
- 2. Stadi II b) Përforcues diferencial _____
- 3. Stadi III c) Përforcues fuqie _____.

III Pyetje me plotësimin

8. Kur tensioni hyrjes invertuese është i barabartë me tensionin joinvertues atëherë në skajet e hyrjes të përforcuesit operacional ekziston lidhje e shkurtër e quajtur _____.
9. Në përforcuesin operacional invertues tensioni i daljes është i zhvendosur në fazë për _____ në raport me tensionin e hyrjes.
10. Qarku në të cilin ekziston varësi logaritmike mes tensionit të daljes dhe tensionit të hyrjes quhet _____.
11. _____ është një numër i cili tregon se sa herë përforcimi i tensionit diferencial të hyrjes është më i madh se përforcimi i tensionit të hyrjes në-fazë.
12. Përforcuesi _____ përdoret në teknikën e matjeve.

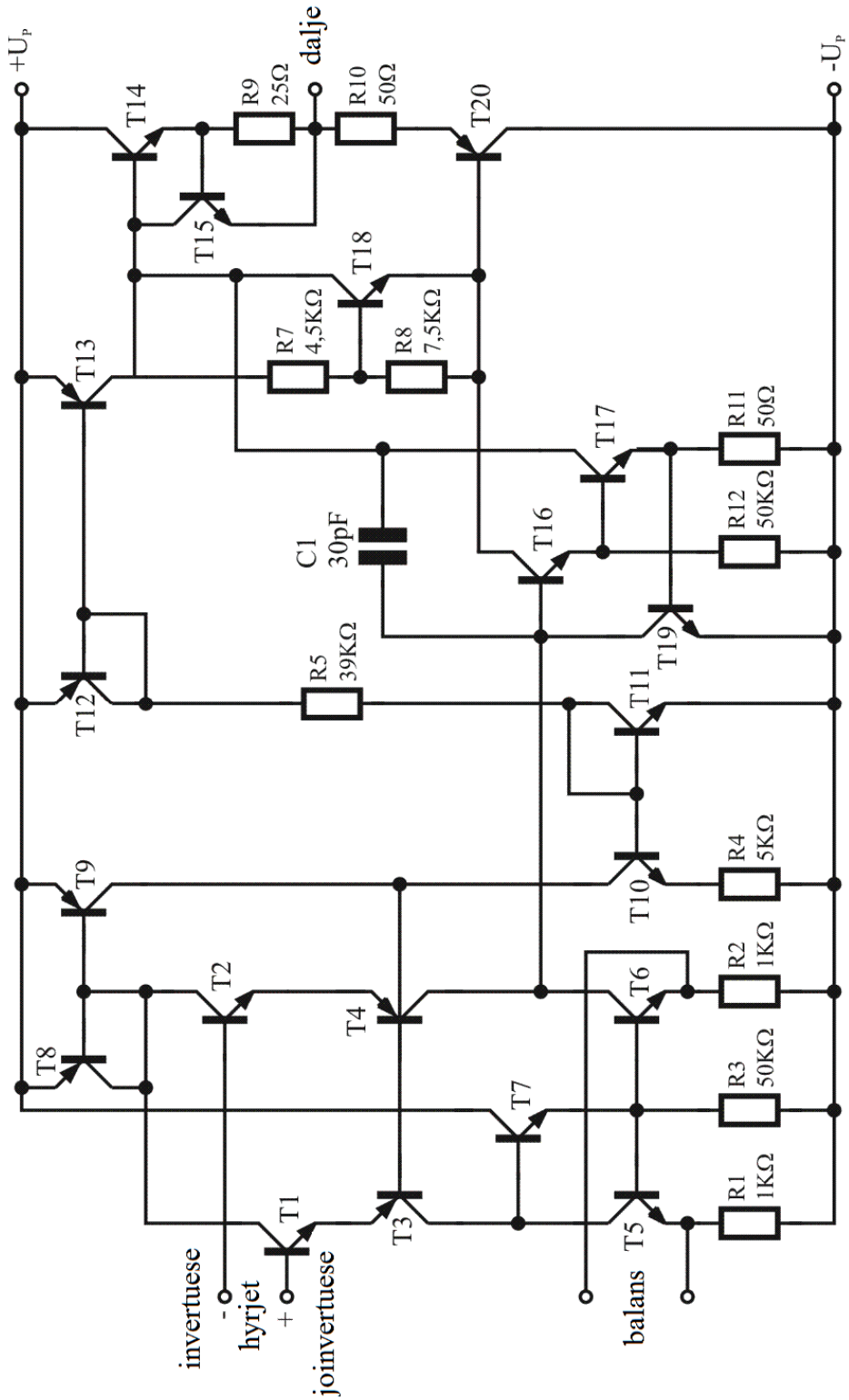
Ushtrime për mësim aktiv

- Hulumto në internet për përforcuesit operacional.
- Përpuno projekt në temën e përforcuesve operacional.
- Hulumto në internet për skema me përforcues operacional dhe për zbatimin praktik të tyre në teknikën automobilistike.



SHTOJCË

Skema e plotë e përforcuesit operacional 741



SHTOJCË

DETYRA

ME SHEMBUJ TË ZGJIDHUR

Përforcuesit operacional dhe zbatimi i tyre në teknologjinë e integruar

1. Në përforcuesin joinvertues në figurën 4.6a nga teksti, është ndërtuar përforcues operacional ideal me $R_1 = 2K\Omega$ dhe $R_2 = 80K\Omega$. Të llogaritet përforcimi i tensionit kur:

- përforcimi i përforcuesit operacional është i pafund dhe
- përforcimi i përforcuesit operacional është 100.

Zgjidhja:

$$a) A_{inv} = -\frac{R_2}{R_1} = -\frac{80 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^3} = -40.$$

$$b) A_{inv} = \frac{U_{dal}}{U_{hyr}} = -\frac{1 - \frac{R_1}{R_1 + R_2}}{\frac{1}{A_u} + \frac{R_1}{R_1 + R_2}} = -\frac{1 - \frac{2K}{82K}}{\frac{1}{100} + \frac{2K}{82K}} = -\frac{28}{4}.$$

2. Gjej përforcimin e tensionit të përforcuesit joinvertues nga **figura 4.01** përmes skemës nga figura 4.6b të dhënë në tekst, kur:

- $A_U = 50$, $R_2 = 10K\Omega$, $R_1 = 800\Omega$;
- njëlloj si nën a) vetëm me $A_U = 500$;
- njëlloj si nën a) me $A_U \rightarrow \infty$.

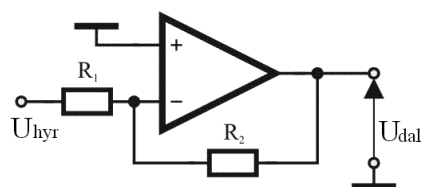


figura 4.01

3. Për qarkun me përforcues operacional në **figurën 4.02** të llogaritet përforcimi i tensionit.

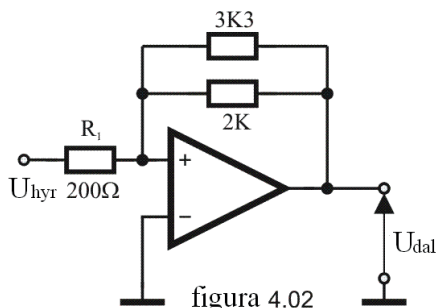


figura 4.02

(Zgjidhja: $A_u = 6,2$).

Elektronika – pjesa zgjedhore

4. Për qarkun e përforcuesit joinvertues nga figura 4.7 nga teksti me $R_1 = R_2 = 10\text{K}\Omega$ të gjendet vlera e rezistencës R_2 që të fitohet përforcim prej 25.

Zgjidhje:

$$25 = 1 + \frac{R_2}{10 \cdot 10^3} \rightarrow R_2 = 240\text{K}\Omega$$

5. Të gjendet përforcimi i tensionit për qarkun nga figura 4.7 në tekst, nëse $R_1 = 200\Omega$ dhe $R_2 = 4\text{K}\Omega$.

(Zgjidhja: $A_u = 41$).

6. Për qarkun me përforcues operacional ideal nga figura 4.03 të gjendet përforcimi i tensionit.

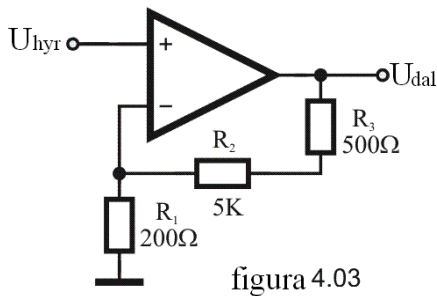


figura 4.03

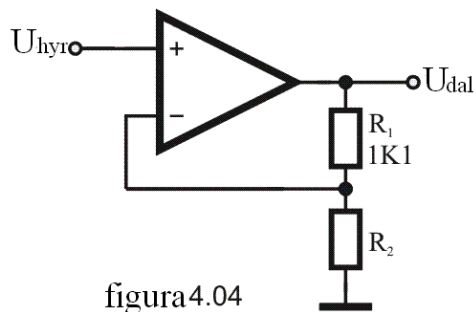


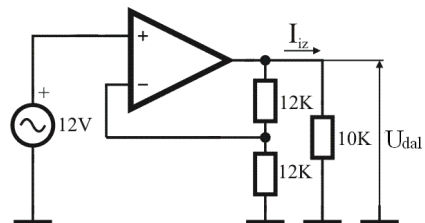
figura 4.04

(Zgjidhja: $A_u = 28,5$).

7. Për qarkun me përforcues operacional ideal nga figura 4.04 të gjendet vlera e rezistencës R_2 me të cilën qarku jep përforcim tensioni prej 30.

(Zgjidhja: $R_2 = 38\text{K}\Omega$)

8. Për qarkun e figurës të përcaktohet vlera e rrymës së daljes.



(Zgjidhja: $I_{dal} = 2,4\text{ mA}$).

Z-5.

STABILIZATORËT E TENSIONIT DHE RRYMËS

Duke studiuar përmbajtjet e kësaj teme, të fitosh njohuri themelore për stabilizatorët e tensionit dhe rrymës dhe do të mund:

- të kuptosh nevojën për stabilizatorët e tensionit dhe rrymës;
- të kuptosh rolin e diodës zener si element për stabilizimin e tensionit;
- të zgjedhësh qark me diodë zener;
- të llogarisësh madhësi fizike dhe elektrike të elementeve të qarkut;
- të përshkruash zbatimin e qarqeve speciale të integruara për stabilizimin e tensionit;
- të njohësh qarqet e veçanta për stabilizimin e tensionit;
- të përshkruash përdorimin e përforcuesit operacional në pajisje për stabilizator të saktë.

Z-5.1. Stabilizimi dhe rregullimi i tensionit

Pajisja e furnizimit (ushqimit), e përbërë nga transformatori, drejtuesi dhe filtri, paraqesin burim jostabil të furnizimit.

Pajisja ideale për furnizim mund të ketë rezistencë të brendshme zero (burimi ideal i tensionit), ose rezistencë pafundësisht të madhe të brendshme (burim ideal i rrymës). Në burimin ideal të furnizimit tensioni i daljes ose rryma e daljes nuk varen nga rezistenca e ngarkesës.

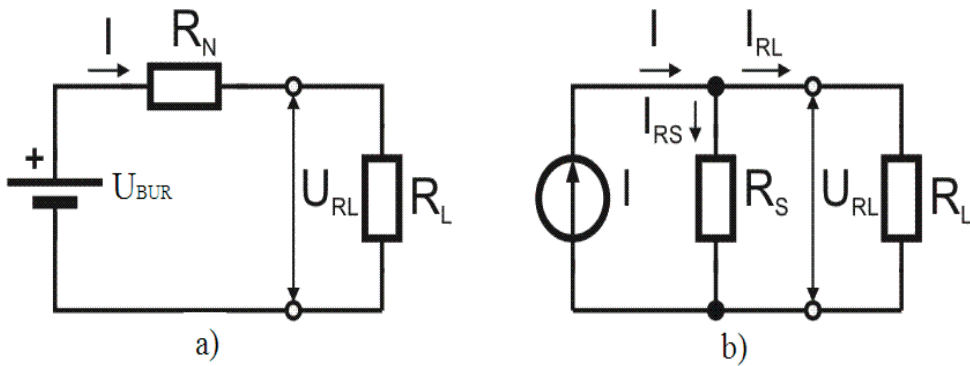


Figura 5.1: Burim ideal i furnizimit të tensionit dhe rrymës.

Pajisja reale e furnizimit ka vlerë të fundme të rezistencës së brendshme dhe ajo mund të përfaqësohet me një burim tensioni ideal dhe me rezistencën e brendshme R_N (**figura 5.1**). Nëse në ngarkesë rrjedh rryma I , tensioni i ngarkesës do të jetë:

$$U_{R_L} = U_{BUR} - R_N I \dots\dots\dots(5.1)$$

Çdo ndryshim në rezistencën e ngarkesës R_L do të shkaktojë një ndryshim në rrymën I , e me të edhe të tensionit të ngarkesës U_{R_L} . Në rastin e fundit në lidhjen e shkurtër të daljes, rryma I e fiton vlerën maksimale, çka mund të shkaktojë dëmtim të ndonjërit element të pajisjes së furnizimit.

Nëse pajisjen reale për furnizim e paraqesim me një burim rryme ideale, i cili jep rrymë konstante dhe rezistencë të brendshme të lidhur paralel R_S , e fitojmë qarkun e paraqitur në **figurën 5.1b**. Si do që të jetë ndryshimi i rezistencës së ngarkesës, ndryshon rryma I_{RL} për llogari të rrymës I_{RS} sipas shprehjes:

$$I = I_{R_S} + I_{R_L} \dots\dots\dots(5.2)$$

Burimet e rrymës për furnizim hasen më rrallë në praktikë. Kjo tregon se te burimi real për furnizim tensioni i daljes ose rryma e daljes ndryshojnë me ndryshimin e rezistencës së ngarkesës.

Siç u tha, pothuajse çdo qark elektrik kërkon tension konstant të furnizimit. Kjo do të thotë se në dalje të burimit të pastabilizuar për furnizim duhet të vendoset qark për stabilizimin dhe të fitohet burim i stabilizuar për furnizim.

Z-5.2. Stabilizimi i tensionit me diodë zener

Stabilizatori më i thjeshtë i tensionit përdor diodë zener, si element i cili në karakteristikën në zonën e ngopjes ka vetinë që në skajet të mbajë tension konstant. Mënyra e lidhjes së saj është dhënë në **figurën 5.1**.

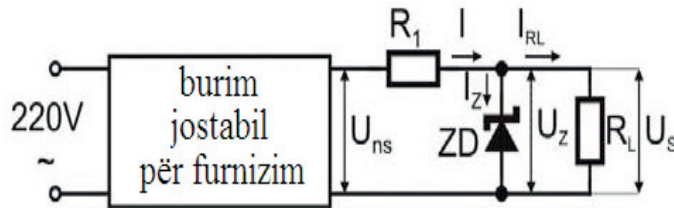


Figura 5.2: Stabilizator i tensionit me diodë zener.

Në figurë kemi burim jostabil të furnizimit, stabilizator të tensionit, të ndërtuar me rezistencën R_1 dhe diodën zener ZD dhe rezistencë të ngarkesës R_L . Tensioni i pastabilizuar U_{ns} duhet të jetë më i madh se tensioni i stabilizimit të diodës zener U_z . Nëpërmjet rezistencës R_1 do të rrjedhë rryma I , kurse nëpër diodën zener rryma I_z , me çka

$$I = I_z + I_{R_L} \dots\dots\dots(5.3)$$

Elektronika – pjesa zgjedhore

kurse tensioni i stabilizuar është:

$$U_S = R_L I_{R_L}, \dots \dots \dots (5.4)$$

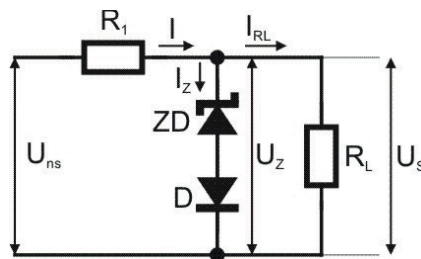
Ndryshimi i tensionit U_S mund të ndodhë me ndryshimin e tensionit të pastabilizuar U_{ns} ose për shkak të ndryshimit të rrymës I_{RL} , të shkaktuar me ndryshimin e rezistencës së ngarkesës R_L .

Nëse bëhet rritja e tensionit të pastabilizuar U_{ns} , do të rritet rryma I e rezistencës R_1 . Tash vjen në shprehje veprimi i diodës zener, ashtu që do të rritet rryma e saj I_z , kurse rryma I_{RL} dhe tensioni U_S ngelin të pandryshuara. Në rastin e zvogëlimit të tensionit të pastabilizuar, procesi rrjedh në drejtimin e kundërt, ashtu që zvogëlohet rryma e diodës zener.

Kur bëhet ndryshimi i rezistencës së ngarkesës R_L , tentimi për ndryshimin e rrymës I_{RL} kompensohet me ndryshimin e rrymës së diodës zener I_z . Nëse zvogëlohet R_L , zvogëlohet rryma I_z , që rryma I_{RL} të mbetet e pandryshuar dhe anasjelltas. Në të dy shembujt tensioni U_S mbetet i pandryshuar, gjegjësisht ai është stabilizuar.

Përdorimi i këtij stabilizatori është i kufizuar me rrymën e lejueshme të diodës zener, kurse zakonisht për rrymë prej disa mA jep rezultate të mira. Sa i takon tensionit, diodat zener me të njëjtin intensitet të rrymës së lejuar mund të lidhen në seri dhe me kombinim të duhur të fitohet tensioni i kërkuar.

Për tensione më të mëdha se 6V, dioda zener ka një koeficient temperature pozitiv dhe që të arrihet stabilizimi nga temperatura i tensionit të daljes zakonisht që në seri me diodën zener duhet të vendoset diodë gjysmëpërçuese me polarizim direkt me koeficient temperature të tensionit negativ (figura 5.3).



5.3: Kompensimi i temperaturës i stabilizatorit të tensionit me diodë zener.

Elektronika – pjesa zgjedhore

bazë-emiter të transistorit me çka realizohet stabiliteti nga temperatura i tensionit të daljes së stabilizatorit.

$$U_s = U_Z + U_{BE}.$$

Tensioni i daljes mund të jetë më i madh se $U_Z + U_{BE}$ nëse dioda zener lidhet mes bazës së transistorit dhe ndarësit të tensionit R_1 - R_2 (**figura 5.5**). Kjo lidhje lejon që me ndryshimin e rezistencës R_1 të ndryshohet vlera e dëshiruar e tensionit të daljes U_s . Tensioni i daljes përcaktohet nga relacioni:

$$U_s = \frac{R_1 + R_2}{R_2} (U_{BE} + U_Z).$$

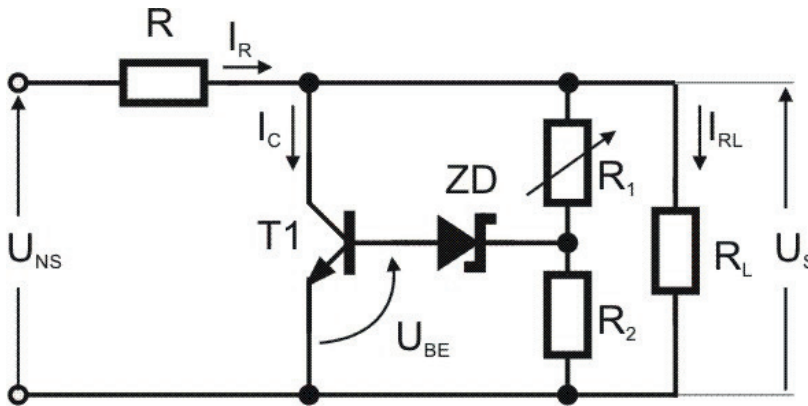


Figura 5.5: Stabilizator paralel i tensionit me ndryshimin e tensionit të daljes.

Nëse për ndonjë arsye tensioni i daljes fillon të zvogëlohet, nën supozimin se tensioni i diodës zener U_Z është konstant, ajo do të shkaktojë zvogëlim të tensionit mes bazës dhe emiterit të transistorit U_{BE} , me çka si pasojë do të shkaktojë një zvogëlim të rrymës në kolektorin e transistorit I_C . Si pasojë, do të rritet rryma nëpër ngarkesë I_{RL} , gjegjësisht do të rritet tensioni i daljes U_s . Me këtë realizohet korrigjimi i tensionit të daljes dhe ai kthehet në vlerën fillestare.

Z-5.3.2. Stabilizatori serik i tensionit me transistor

Në stabilizatorin me diodë zener gjithmonë ka një rënie të tensionit të rezistencës R_1 dhe fuqi e cila shndërrohet në nxehtësi. Kufizimet e rrymës mund të shmangen duke përdorur një element aktiv – transistor, në seri me ngarkesën.

Qarku i një stabilizatori të tillë është dhënë në **figurën 5.6**. Qarku është i përbërë nga një stabilizator i tensionit me diodë zener, i cili tërheq rrymë prej disa dhjetëra miliamperësh dhe me të cilin stabilizohet tensioni i bazës së transistorit T1.

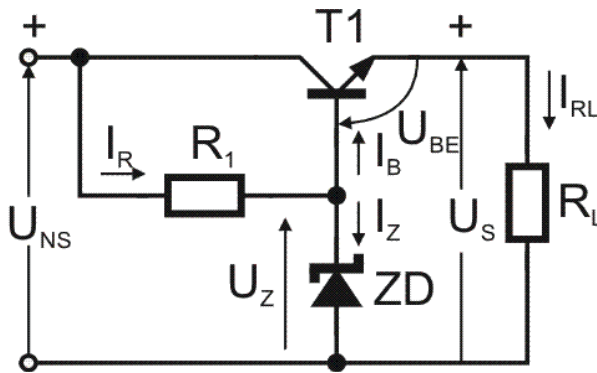


Figura 5.6: Stabilizatori serik i tensionit me transistor.

Transistori punon si një përforcues në lidhje me kolektor të përbashkët ose ndjekës emiterial dhe mund të përçojë rrymë edhe deri në disa amperë. Me rrymën I_B , transistori mbahet në gjendjen e përçueshmërisë dhe siguron rrymën I_{RL} për ngarkesën. Tensioni U_Z dhe tensioni i lidhjes së emiterit të transistorit U_{BE} janë konstant, kështu që për tensionin e daljes U_S mund të shkruhet:

$$U_S = U_Z - U_{BE} \dots\dots\dots(5.5)$$

edhe ai është konstant. Efekti i stabilizimit mund të analizohen për ndryshimin e rezistencës së ngarkesës dhe për ndryshimin e tensionit të pastabilizuar.

Nëse zvogëlohet rezistenca e ngarkesës R_L , do të rritet rryma e bazës I_B , e cila rrjedh përmes kësaj rezistence dhe do të shkaktojë ndryshim për $(1+\beta)$ herë të

Elektronika – pjesa zgjedhore

rrymës së kolektorit. Thjesht thënë: edhe një konsumator i lidhur në paralel kërkon rrymë më të madhe nga stabilizatori dhe e fiton në mënyrën e përshkruar automatikisht. Në rast të zmadhimit të rezistencës së ngarkesës (largim të njërës prej ngarkesave), zvogëlohet rryma e bazës, gjegjësisht e kolektorit dhe fitohet i njëjti tension i stabilizuar si edhe para saj.

Nëse zvogëlohet tensioni i pastabilizuar U_{NS} , me veprimin e stabilizatorit zener rryma I_B mbetet e pandryshuar, me çka fitohet rrymë e kolektorit më e vogël dhe tension U_{CE} më i vogël në sasi të barabartë me atë sa është zvogëluar tensioni i pastabilizuar U_{NS} . Pasi që:

$$U_S = U_{RL} = U_{NS} - U_{CE} \dots\dots\dots(5.6)$$

tensioni i daljes U_{RL} mbetet i pandryshuar. Për tension të madh U_{NS} , veprimi është i njëjtë, vetëm me drejtim të kundërt. Transistori serik në këtë stabilizues ka kushte më të rënda pune kur nuk ka ngarkesë, kur është i ekspozuar në tension maksimal dhe në rryma të mëdha të ngarkesës, kur ka disipacion të madh. Në këtë rast zbatohen masa për ftohje shtesë me ndërtimin e ftohësve në shtëpizën e transistorit.

Për stabilizatorë me rrymë më të madhe të transistorit serik përdoret lidhja e Darlingtonit, siç tregohet në **figurën 5.7**. Pa lidhjen e ngarkesës, rrjedh vetëm rryma e diodës zener.

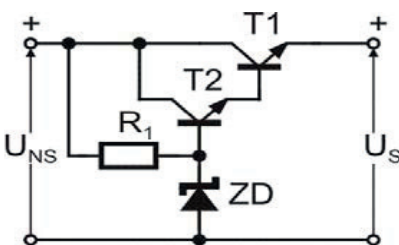


Figura 5.7: Stabilizator tensioni me stad të mesëm

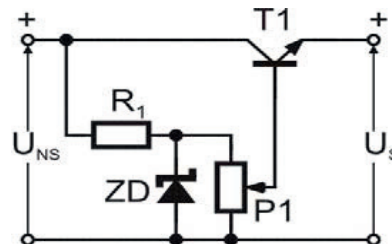


Figura 5.8: Stabilizator me rregullim të tensionit të daljes

Duke lidhur potenciometër paralelisht me diodën zener, si në **figurën 5.8**, mund të fitohet tension i stabilizuar me rregullim.

Z-5.4. Stabilizatori serik i tensionit me lidhje të kundërt

Mangësi e stabilizatorit të përshkruar më parë është se qarku i stabilizatorit nuk ka asnjë lloj informacioni kthyes për atë si është realizuar stabilizimi. Një informacion i tillë mund të realizohet me qarkun e lidhjes së kundërt, si në **figurën 5.9**.

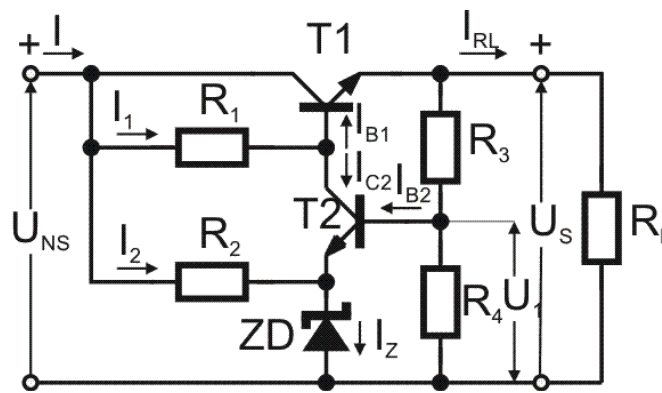


Figura 5.9: Stabilizatori i tensionit me lidhje të kundërt.

Me ndarësin e tensionit $R_3 - R_4$ fitohet e dhëna për madhësinë e tensionit të daljes dhe ai bartet në bazën e transistorit T_2 . Emiteri i T_2 mbahet në tension fiks dhe të stabilizuar, të fituar me diodën zener. Si do që të jetë, ndryshimi i tensionit të stabilizuar U_s shkakton ndryshim të tensionit U_1 . Një ndryshim i tillë quhet tension i gabimit dhe bartet në hyrjen e transistorit T_2 , i cili punon si përforcues i tensionit të vazhduar. Tensioni i gabimit i përforcuar në hyrje të stadi për rregullim të stabilitetit vjen në bazën e transistorit serik dhe e ndryshon rrymën e tij, në pajtim me tensionin e gabimit. Kjo do të thotë, nëse gabimi është në drejtimin negativ (zvogëlim i tensionit U_s) zvogëlohet rryma I_{C2} , zvogëlohet rënia e tensionit të rezistencës R_1 , tensioni në pikën B, gjegjësisht tensioni i bazës së T_1 rritet, e me të rritet edhe rryma e transistorit serik, me çka kompensohet zvogëlimi fillestar i tensionit U_s .

Elektronika – pjesa zgjedhore

E njëjta gjë vlen edhe për gabimin në drejtimin pozitiv, kur bëhet zvogëlimi i rrymës së transistorit serik dhe kthimin e tensionit të stabilizuar në vlerën e mëparshme.

Ky lloj i stabilizatorit quhet stabilizator kompensues i tensionit të vazhduar. Në praktikë ky qark jep përmirësim në stabilizimit deri edhe në 10 herë më të madh se qarku i mëparshëm.

KONTROLLONI DITURINË TUAJ

1. Cilat janë elementet përbërëse të burimit të pastabilizuar të furnizimit?
2. Çfarë ndodh me tensionin e daljes dhe rrymën e daljes te burimi real i furnizimit?
3. Pse përdoret dioda zener në stabilizatorët e tensionit?
4. Cila është përparësia e stabilizatorit të tensionit me transistor në krahasim me stabilizatorin e tensionit me diodë zener?
5. Cila është mangësia e stabilizatorit të tensionit me transistor që është tejkaluar me stabilizatorin serik të tensionit me lidhje të kundërt?
6. Cili stabilizator quhet stabilizator kompensues i tensionit të vazhduar?

Z-5.5. Stabilizatorët linearë të integruar të tensionit

Stabilizatorët linearë të integruar të tensionit përmbajnë rregullator serik të rrymës dalëse dhe qark kontrollues me të cilin vëzhgohet tensioni i daljes dhe kontrollohet me rregullatorin serik që të mbajë tensionin e daljes në vlerën e kërkuar.

Skema e thjeshtuar e një stabilizator të integruar të tensionit është dhënë në **figurën 5.10**.

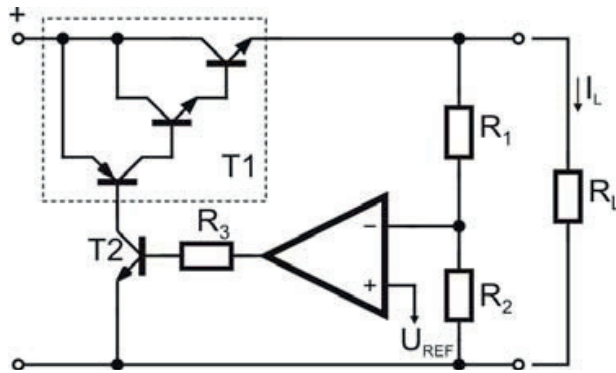


Figura 5.10: Skema e thjeshtuar e stabilizatorit të integruar të tensionit.

Tensioni i daljes kontrollohet nga një hyje e lidhjes së kundërt me stad të caktuar të kompensimit, që të sigurohet stabilitet i nyjës (të mos paraqiten vet-oshilime). Shumica e stabilizatorëve linearë kanë të ndërtuar kompensim dhe janë plotësisht të stabilizuar pa zbatimin e komponentëve të jashtëm. Kompensimi zakonisht bëhet me kapacitet të lidhur në skajin dalës kah masa.

Me T1 dhe lidhjet e ndërprera është treguar rregullatori serik, i përbërë nga dy transistor-NPN në lidhjen e Darlingtonit, i eksituar ne transistor PNP. Rryma e rregullatorit serik, e cila del nga emiteri i transistorit në lidhjen e Darlingtonit të transistorit, komandohet nga transistori T2 dhe me përforcuesin e tensionit të gabimit. Rryma e ndarësit të tensionit R1-R2 është shumë më e vogël se rryma e ngarkesës I_{RL} .

Nyja e lidhjes së kundërt, e cila komandon me lidhjen e kundërt, fillon me ndarësin e tensionit R1-R2, i cili duhet ta “lexojë” tensionin e daljes. Tensioni i “lexuar” bartet në hyrjen invertuese të përforcuesit të tensionit të gabimit. Hyrja joinvertuese është e lidhur në tensionin referent, që do të thotë se përforcuesi i tensionit të gabimit vazhdimisht e përshtat daljen e tij (rrymën nëpër T1) që t’i bëjë tensionet e hyrjeve të tij të jenë të barabarta. Në këtë mënyrë, me veprimin e nyjës së lidhjes së kundërt mbahet tensioni i daljes në vlerë fikse, pa marrë parasysh ndryshimet e rrymave të ngarkesës.

Stabilizatori linear i integruar i tensionit pakëtohet në shtëpizë me tri dalje, kurse mënyra e lidhje së është dhënë në **figurën 5.11**.

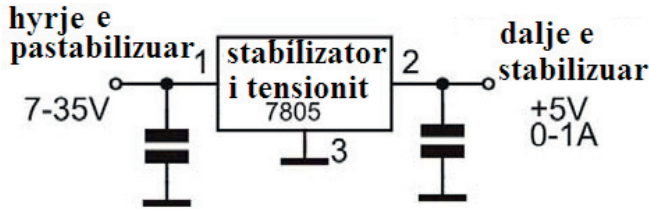


Figura 5.11: Lidhja e stabilizatorit të integruar të tensionit.

Në figurë është treguar një stabilizator konkret për +5V, i cili bie në familjen e stabilizatorëve 78xx për tension pozitiv dhe 79xx për tension negativ (nën shenjë xx futen vlerat e tensionit të stabilizuar për të cilin është destinuar stabilizatori, si për shembull, 05).

Në figurën 5.12 është dhënë skema si lidhet stabilizatori i tensionit që të merret vlera e tensionit të daljes, e cila nuk është në vlerat standarde të prodhuesve.

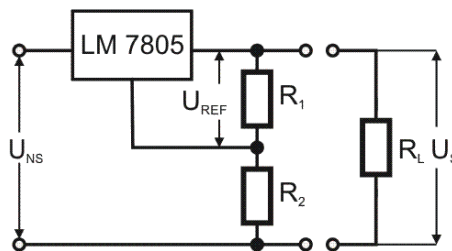


Figura 5.12: Stabilizatori i tensionit me ndarës tensioni.

Me një ndarës të jashtëm tensioni R_1 - R_2 përcaktohet vlera e tensionit të daljes si:

$$U_S = \frac{U_{REF}(R_1 + R_2)}{R_1} \dots\dots\dots(5.7)$$

Nga të dhënat e cekura në figurën 5.8, shihet se në vetë stabilizatorin (në rregullatorin serik të tij) ekziston rënie e caktuar e tensionit, e caktuar si rënie mes tensionit të hyrjes të pastabilizuar dhe tensionit të daljes të stabilizuar. Ekziston një vlerë minimale në këtë rënie të tensionit, nën të cilën rregullatori nuk mund të kryejë funksionin e stabilizimit dhe të rregullimit. Vlera e rënies minimale të tensionit varet nga konfiguracioni i rregullatorit serik në stabilizator, kështu që sipas saj dallojmë:

Stabilizatorët e tensionit dhe rrymës

- stabilizator standard (me transistorë në lidhjen e Darlingtonit si rregullator serik) dhe
- stabilizator baterie (me një transistor-PNP për rregullator serik).

Për stabilizatorin standard, rënia minimale e tensionit është 2,5 V - 3V, që do të thotë se për stabilizator për +5V, tensioni i hyrjes duhet të jetë më i madh se +8V. Sa më e madhe të jetë rënia e tensionit, më e madhe është disipacioni i brendshëm në stabilizator, gjë që kërkon masa shtesë për të ftohur trupin e stabilizatorit. Stabilizatori standard është më i mirë për përdorim me burime furnizimi të rrjetave.

Stabilizatori i baterive ka një rënie më të ulët të tensionit me një vlerë minimale prej 0,7V deri në 0,8V dhe ai varet drejtpërdrejtë nga rryma e ngarkesës. Për vlera të vogla të rrymës mund të arrijë deri në 50mV. Përdoren zakonisht për mbushjen e baterive.

KONTROLLONI DITURITË TUAJA

1. Si shënohet familja e stabilizatorëve të integruar të tensionit për tension pozitiv dhe si për tension negativ?
2. Çka paraqesin dy shifrat e fundit në etiketë?
3. Cili stabilizator përdor transistor Darlingtoni si rregullator serik?
4. Cili transistor përdor një transistor-PNP për rregullator serik?

Z-5.6. Stabilizatori i rrymës

Përveç stabilizimit të tensionit shpesh kërkohet të kryhet stabilizimi i rrymës. Vetë burimet e rrymës konstante mund të konsiderohen si një lloj i stabilizatorit për rrymë. Por, rryma që e sigurojnë, edhe pse nuk varet nga ngarkesa, varet nga tensioni i furnizuesit. Te stabilizatorët e tensionit, rryma nëpër ngarkesë nuk varet nga tensioni i furnizuesit.

Elektronika – pjesa zgjedhore

Stabilizatori i rrymës paraqet burim të rrymës konstante nëpër ngarkesë edhe gjatë ndryshimit të rezistencës së saj. Rregullimi është i mundur për ndryshimin e rezistencës së ngarkesës brenda kufijve të caktuar.

Qarku i thjeshtë i stabilizatorit të rrymës është dhënë në **figurën 5.13**. Me ndihmën e diodës zener dhe rezistencës në qarkun e emiterit mbahet rryma konstante e kolektorit të transistorit.

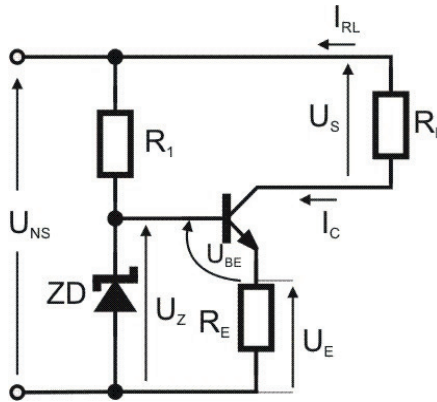


Figura 5.13: Burim i rrymës konstante- qarku i stabilizimit të rrymës.

Rryma e emiterit ndahet në dy komponentë: rryma e kolektorit dhe rryma e bazës. Nëse me ndryshimin e rezistencës së ngarkesës bëhet rritja e rrymës së kolektorit, rritet edhe rënia e tensionit në rezistencën e emiterit dhe deri te zvogëlimi i tensionit bazë-emiter, sepse tensioni i bazës mbahet në nivel konstant me diodën zener. Me zvogëlim të tensionit U_{BE} zvogëlohet edhe rryma e bazës, e cila, megjithatë, e zvogëlon rrymën e kolektorit dhe e kthen në vlerën paraprake.

Rryma nëpër ngarkesë nuk varet as nga rezistenca e ngarkesës e as nga tensioni i furnizuesit. Ajo definohet nga karakteristikat e diodës zener dhe vlera e rezistencës R_E . Nëse koeficienti i përforcimit të transistorit β është shumë më i madh se 1, atëherë rryma e kolektorit llogaritet sipas relacionit:

$$I_C = -I_{RL} \approx IE = \frac{U_Z - U_{BE}}{R_E} \approx const.$$

Ky parim i stabilizimit të rrymës gjerësisht përdoret në qarqet e integruara, ku është i nevojshëm burim i rrymës me impedancë të madhe.

Rregullatori i rrymës me zbatimin e qarkut të integruar të stabilizatorit të tensionit është treguar në **figurën 5.14**.

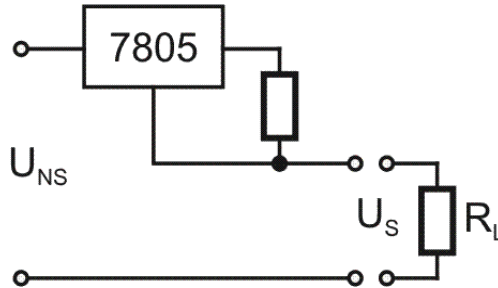


Figura 5.14: Rregullator i rrymës me stabilizator të integruar të tensionit.

Z-5.7. Stabilizatori i tensionit me kufizim të rrymës

Nëse vendoset, nga çfarëdo lloj arsye, dalja e stabilizatorit të tensionit në lidhje të shkurtër, nëpër transistorin serik do të rrjedhë rrymë e madhe e cila mund ta shkatërrojë transistorin. Në këtë rast, është e nevojshme që të kufizohet rryma e ngarkesës në vlerë paraprakisht të përcaktuar, të cilën transistori serik do të mund ta përballojë pa u dëmtuar.

Figura 5.15 tregon skemën elektrike të stabilizatorit të tensionit në të cilën janë shtuar elemente për kufizimin e rrymës. Me diodat D_2 dhe D_3 fitohet tension stabil prej 1,4V për bazën e T1, që ky stad të punojë si kufizues i rrymës. Në qoftë se rryma e ngarkesës rritet aq sa rënia e tensionit në R_5 të bëhet më e madhe se 0,7V, fillon qarku për kufizim. Vlera e rezistencës e R_5 është $0,7\Omega$ për kufizimin e rrymës prej 1A, $0,35\Omega$ për rrymën prej 2A e kështu me radhë.

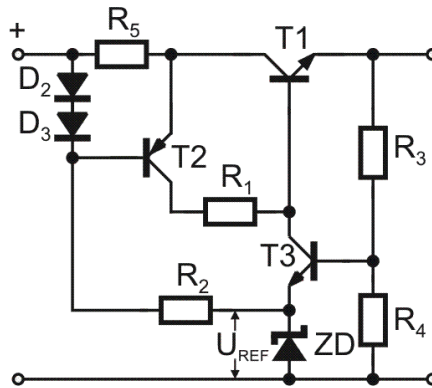


Figura 5.15: Stabilizatori i tensionit me kufizim të rrymës.

Në figurën 5.16 tregohet përdorimi i përforcuesit operacional si stabilizator i tensionit, bashkë me qarkun për kufizimin e rrymës.

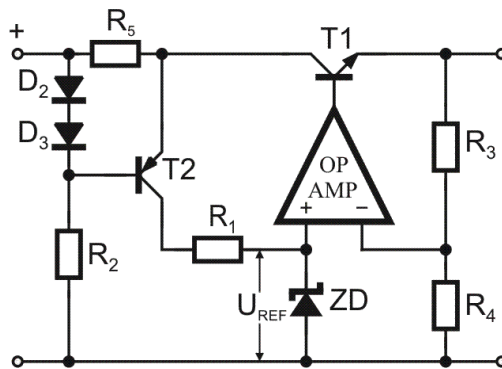


Figura 5.16: Stabilizator i tensionit me përforcues operacional.

Z-5.8. Stabilizatori i saktë me përforcues operacional

Dioda zener si stabilizator nuk e jep plotësisht tensionin e stabilizuar në dalje, me ndryshimin e rrymës ndryshon edhe tensioni në lidhjet dalje të qarkut për stabilizim.

Me kombinimin e diodës zener dhe përforcuesit operacional (figura 5.17) fitohet burim i tensioni shumë më stabil.

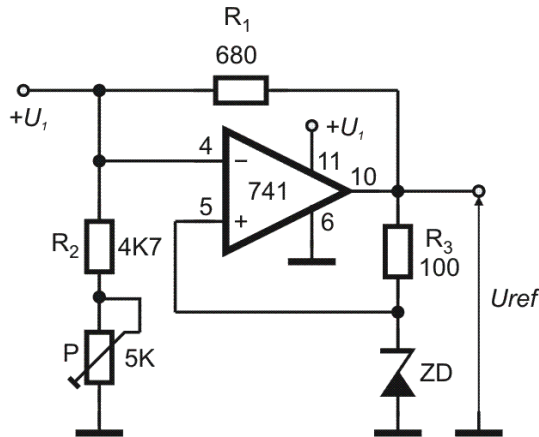


Figura 5:17: Stabilizator i saktë i tensionit me përforcues operacional.

Kusht themelor është që tensioni në hyrje të qarkut të jetë për 5V më i madh nga tensioni i stabilizuar i daljes që është:

$$U_1 = U_{ref} + 5 \text{ V.}$$

Tensioni në dalje është pak më i madh se tensioni nominal i diodës zener dhe mund të bëhet rregullim i saktë i tensionit të daljes me potenciometrin P në kufijtë prej 0,5 deri në 1 V. Kështu, për shembull, për diodën zener me një tension nominal prej 5,6 V në dalje mund të fitohet tension prej 6V.

Tensioni në hyrje mund të sillet deri në 30V, me kusht që për 5V të jetë më i madh se ai dalës, kurse rryma maksimale që e jep ky burim i tensionit është 20 mA.

Z-5.9. Drejtues i saktë i valës së plotë me përforcues operacional

Drejtues i saktë i valës së plotë me përforcues operacional është dhënë në **figurën 5.18**.

Përforcuesi operacional A1 me diodat D1 dhe D2 paraqet drejtues të saktë të valës së plotë, kurse përforcuesi operacional A2 është mbledhës i tensioneve u_{hyr} dhe u_a . Kur tensioni i hyrjes është pozitiv, tensioni i daljes së drejtuesit është $u_a = u_{dal}$. Tensioni i daljes nga mbledhësi A2 është:

Elektronika – pjesa zgjedhore

$$u_{dal} = -u_{hyr} - 2u_a = -u_{hyr} + 2u_{hyr} = u_{hyr} .$$

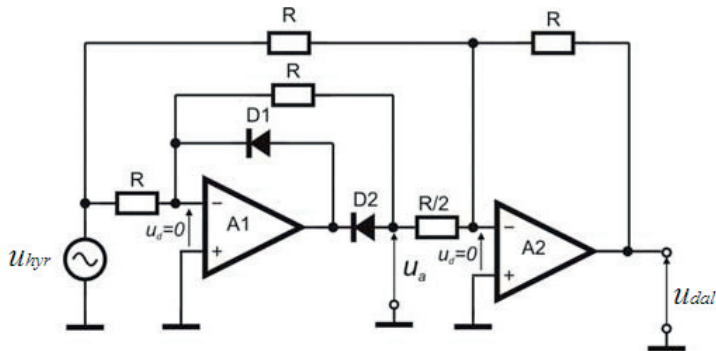


Figura 5.18: Drejtuesi i saktë i valës së plotë me përforcues operacional.

Derisa tensioni i hyrjes u_{hyr} është negativ, dalja e drejtuesit të saktë të valës së plotë $u_{dal}=0$. Tash tensioni i daljes nga mbledhësi A2 është:

$$u_{dal} = -u_{hyr} .$$

Pasi që tensioni i hyrjes është negativ, tensioni i daljes është pozitiv.

Me këtë tregohet se tensioni i daljes është vlerë absolute e tensionit të hyrjes, ose

$$u_{dal} = |u_{hyr}| .$$

MOS HARO SE...!

- * Pajisja për furnizim (ushqim), e përbërë nga transformatori, drejtuesi, filtri dhe stabilizatori paraqet burim të stabilizuar të ushqimit.
- * Me ndryshimin e rezistencës së ngarkesës ndryshohet tensioni i daljes ose rryma e daljes së drejtuesit.
- * Stabilizatori i tensionit bëhet me diodë zener me transistor të lidhur në seri dhe me stabilizator linear të tensionit.
- * Stabilizatori i rrymës është burim i rrymës konstante e cila nuk ndryshohet me ndryshimin e ngarkesës.

KONTROLLONI DITURITË TUAJA

1. Sqaro procesin e stabilizimit të stabilizatorit të rrymës.
2. Ku përdoret stabilizatori i rrymës?
3. Çka ndodh nëse në dalje e stabilizatorit të tensionit është në lidhje të shkurtër dhe çka duhet të kufizohet?
4. Vizato stabilizator të tensionit me qark për kufizim të rrymës i cili përmban përforcues operacional.

VERIFIKIMI TEMATIK

I Pyetje me rrethim
(Rretho përgjigjet e sakta)



1. Në dalje të stabilizatorit të integruar të tensionit me shenjë 7905 fitohet tension i stabilizuar me vlerë:
 - a) 79V
 - b) 5V
 - c) 7905V.
2. Në dalje të stabilizatorit të integruar të tensionit me shenjë 78xx fitohet:
 - a) tension pozitiv
 - b) tension negativ
 - c) tension alternativ.

II Pyetje me lidhshmëri

3. Lidh burimet ideale me madhësinë e rezistencave të tyre të brendshme:

- | | |
|-------------------------|-------------------------------|
| 1. Burim rryme ideal | a) Zero _____ |
| 2. Burim tensioni ideal | b) Pafundësisht e madhe _____ |

III Pyetje me plotësimin

4. Për stabilizimin e tensionit përdoret dioda zener në zonën e _____.

5. Pajisja e cila paraqet burim të rrymës konstante nëpër ngarkesë edhe gjatë ndryshimit të rezistencës së saj quhet _____.

6. Tension i stabilizuar me rregullim fitohet me lidhjen e _____ paralelisht në diodën zener.

7. Pajisja për furnizim, e përbërë nga _____, _____ dhe _____ paraqet burim të pastabilizuar të furnizimit.

Ushtrime për mësim aktiv:

- Hulumto në internet për skemat elektrike të stabilizatorëve kompleks dhe të saktë të tensionit dhe rrymës dhe në bazë të hulumtimit përpuno projekt.



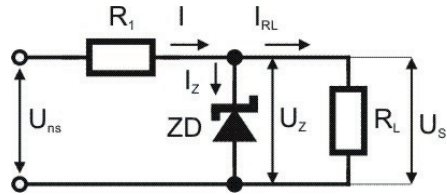
SHTOJCË DETYRA

1. Për stabilizatorin e tensionit me diodë zener janë të njohur $U_{NS}=20V$, $U_s=12V$, $R_1=50\Omega$ dhe $R_L=100\Omega$. Të caktohet të tri rrymat e qarkut!

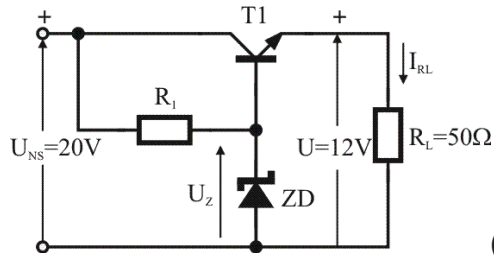
$$I_{RL} = \frac{U_s}{R_L} = 120mA,$$

$$I = \frac{(U_{NS} - U_s)}{R_1} = 160mA,$$

$$I_z = I - I_{RL} = 40mA.$$

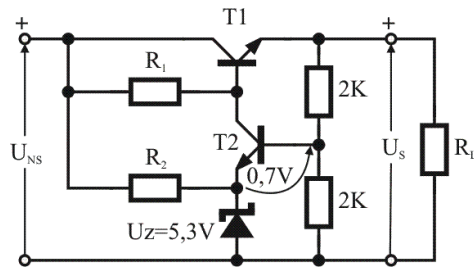


2. Sa është fuqia e disipacionit e ngarkesës nga figura?



(Përgjigje 2,88W).

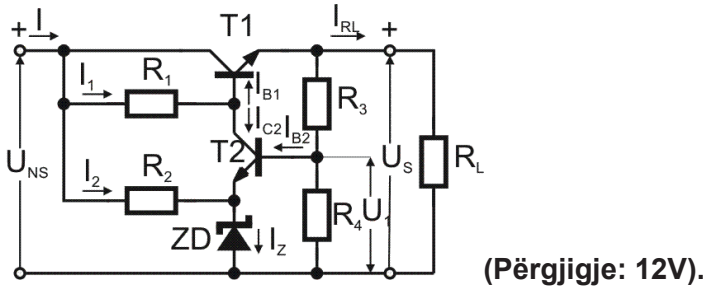
3. Sa është tensioni i stabilizuar i qarkut nga figura?



(Përgjigje 12V).

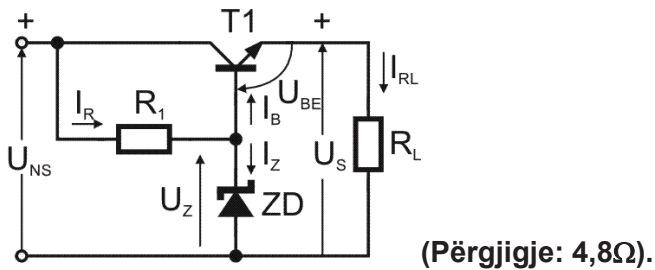
Elektronika – pjesa zgjedhore

4. Për qarkun nga figura është dhënë: $U_z = 5,3V$, $R_3 = R_4 = 2K\Omega$. Sa është tensioni i daljes?



5. Për qarkun nga pyetja paraprake, janë dhënë $R_3 = R_4 = 2K\Omega$, dhe $U_s = 15V$. Sa është tensioni i diodës Zener? (Përgjigje: 6,8V).

6. Për qarkun e dhënë në figurë, janë të njohur vlerat e: $U_{NS} = 16V$ dhe $U_s = 12V$. Sa mund të jetë vlera minimale e rezistencës R_L , nëse transistori mund të durojë disipacion maksimal prej 10W.



Z-6.

PROCEDURAT PËR MATJEN E QARQEVE ELEKTRONIKE

Duke studiuar përmbajtjet e kësaj teme, do të fitosh njohuri themelore për metodat e testimit të elementeve dhe qarqeve elektronike dhe do të mund:

- të përshkruash metodat e thjeshta për testimin e diodave dhe transistorëve;
- të testosh karakteristika të qarqeve me dioda për drejtim;
- të njohësh qarkun për matje të karakteristikave të diodave zener;
- të përdorësh osciloskopin në qarqet për drejtim, për stabilizim, për përforcim me transistor, për përforcim me përforcues operacional;
- të përdorësh katalogë për dioda, transistorë, qarqe të integruara;
- të njohësh procedura për matje të qarkut për stabilizim me qark të integruar.

Z-6.1. Testimi i diodave

Saktësia e diodave testohet me instrument universal të vendosur në zonën omike të matjes. Bateria në instrument kryen polarizimin direkt ose invers të diodës në varësi të lidhjes së sondave testuese. Gjatë testimit të diodës së përpiktë me instrument analog, për shkak të veprimit të saj drejtues, në njërin drejtim ommetri duhet të tregojë rezistencë të vogël, kurse në tjetrin rezistencë shumë të madhe. Dioda e përpiktë ka rezistencë të vogël gjatë polarizimit direkt (**figura 6.1 a**), kurse shumë të madhe në polarizimin invers (**figura 6.1 b**). Sonda matëse e lidhur në polin pozitiv të instrumentit e tregon katodën, kurse në polin negativ e tregon anodën.

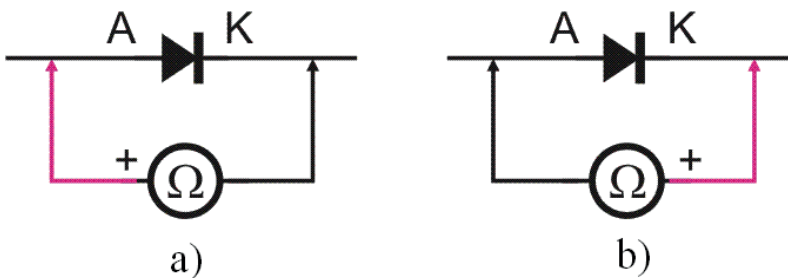


Figura 6.1: Testimi i saktësisë së diodës.

Dioda është e shpuar në qoftë se gjatë matjes në të dy drejtimet ommetri tregon rezistencë të vogël, gjegjësisht dioda është në lidhje të shkurtër. Nëse, megjithatë, në të dy drejtimet rezistenca është shumë e madhe, atëherë ajo është në bllokim.

Gjatë përcaktimit të daljeve të diodës me instrument digjital universal, gjatë polarizimit direkt, anodë është ajo dalje e cila është e lidhur në polin pozitiv të ommetit (sonda e kuqe), kurse katoda është e lidhur në polin negativ të ommetit (sonda e zezë). Gjatë polarizimit invers daljet janë të lidhura në të kundërt.

Përveç testimit të saktësisë së diodës dhe përcaktimit të poleve të saj, me ndihmën e instrumentit digjital mund të testohet nëse dioda është nga germaniumi ose silici. Çelësi i instrumentit vendoset në fushë të veçantë për testimin e gjysmëpërçuesit

– dioda test, ku instrumenti e mat rënien e tensionit të diodës në rrymë testuese konstante prej rreth 1mA. Dioda e saktë e germaniumit, gjatë polarizimit të drejtë ka tension mes anodës dhe katodës U_{AK} prej 200 deri në 400 mV, kurse dioda e silicit prej 500 deri 700 mV, ndërsa gjatë polarizimit invers tensioni ka vlerë shumë më të madhe, me çka instrumenti tregon 1 ose OL (tejkalim i brezit të matjes).

Daljet e diodës mund të përcaktohen edhe përmes unazës rrethore të katodës (**figura 6.2**).

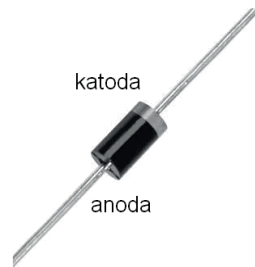


Figura 6.2: Përcaktimi i daljeve të diodës.

Z-6. 2. Testimi i transistorëve

Saktësia e transistorit testohet me ndihmën e skemës ekuivalente të transistorit si dy dioda me katodë të përbashkët për llojin PNP, ose me anodë të përbashkët për llojin NPN të transistorit. (**figura 6.3**).

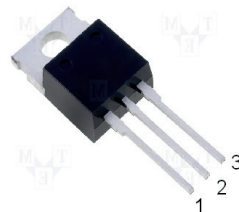
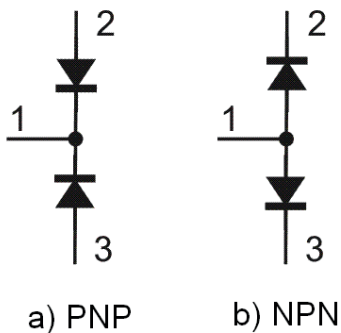


Figura 6.3: Skema ekuivalente e transistorit

Figura 6.4: Shënimi i daljeve.

Elektronika – pjesa zgjedhore

Testimi realizohet me matje me multimetër digjital në zonën e matjes “dioda test”. Maten tensionet dhe me krahasimin e pozitive të sondave matëse dhe të rezultateve të fituara përcaktohet lloji i transistorit, siç sqarohet në tekstin më poshtë.

Daljet e transistorit nuk janë të renditura në mënyrë standarde për çdo shtëpizë. Prandaj është e domosdoshme që të përcaktohet shpërndarja e daljeve. Daljet e transistorit të panjohur shënohen me 1, 2 dhe 3 (**figura 6.4**) dhe kryhen matje në mes çdo dy daljeve në të dy drejtimet. Rezultatet futen në tabelë siç është tabela 1.

Tabela 1:

+ Sonda matëse (e kuqe)	- Sonda matëse (e zezë)	Rezultat i fituar në instrument
në daljen 2	në daljen 3	OL ose 1 - (vlerë shumë e madhe)
në daljen 3	në daljen 2	OL ose 1 - (vlerë shumë e madhe)
në daljen 1	në daljen 2	660 mV
në daljen 2	në daljen 1	OL ose 1 - (vlerë shumë e madhe)
në daljen 3	në daljen 1	OL ose 1 - (vlerë shumë e madhe)
në daljen 1	në daljen 3	665 mV

Këto rezultate janë vetëm një shembull nga i cili mund të konstatohet se kombinimet e vetme që japin një vlerë numerike janë në mes të daljeve 1 dhe 2 dhe në mes të daljeve 1 dhe 3. Dalje e përbashkët e të dy kombinimeve është dalja 1 dhe ajo është baza. Numri më i vogël në mes të daljeve 1 dhe 2 paraqet tension të përçueshmërisë së kalimit kolektor-bazë, çka tregon se dalja 2 është kolektor.

Numri më i madh në mes të daljeve 1 dhe 3 paraqet tension të përçueshmërisë së kalimit emiter-bazë, që do të thotë se dalja 3 është emiter.

Sonda e kuqe matëse (plusi) në instrument për të dy kombinimet me vlerat e matura është në bazë, transistori në këtë rast është i llojit-NPN. Për transistorin e llojit-PNP polariteti i sondave do të jetë i kundërt me atë që është treguar në (tabelën 1).

Nëse gjatë matjeve nuk fitohen rezultate të ngjashme më këto, kjo do të thotë se transistori është i pasaktë (i dëmtuar).

Testimi i llojit të transistorit mund të bëhet duke matur tensionin mes bazës dhe emiterit U_{BE} , kur transistori gjendet në qarkun elektrik me burim ushqimi (**figura 6.5**). Nëse tensioni U_{BE} është pozitiv (sonda e kuqe lidhet në bazë), bëhet fjalë për transistor të llojit-NPN, nëse ai është negativ, transistori është i llojit-PNP.

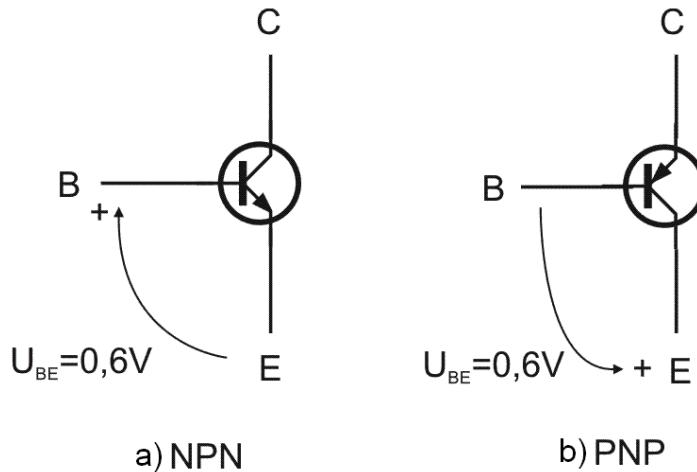


Figura 6.5: Tensionet-bazë në transmetuesin e NPN dhe PNP-transistorëve.

KONTROLLONI DITURINË TUAJ

1. Në cilën zonë të matjes testohet saktësia e diodave me instrument universal?
2. Çfarë rezistence ka dioda e saktë gjatë polarizimit direkt dhe çfarë gjatë polarizimit invers?
3. Çka tregon instrumenti gjatë matjes së tensionit mes anodës dhe katodës U_{AK} gjatë polarizimit invers të diodës së saktë?
4. Cila dalje e tregon unazën rrethore të diodës?
5. Shpjegoje mënyrën e testimit të transistorit duke matur tensione në mes daljeve dhe me përcaktimin e vendndodhjes së sondave matëse?
6. Kur transistori është i dëmtuar?
7. Si është tensioni U_{BE} në transistorin e llojit-NPN, si është në transistorin e llojit-PNP?

Z-6.3. Testimi i karakteristikave të diodave gjysmëpërçuese

Për testimin e karakteristikës rrymë-tension të diodës, është e nevojshme të bëhet testimi gjatë polarizimit direkt dhe në polarizimin invers të diodës. Qarku për testim përmban një voltmetër për të matur tensionin, një ampermetër për matjen e rrymës, një burim ushqimi i tensionit të vazhduar të ndryshueshëm dhe një rezistencë për kufizimin e rrymës në qark. Qarku për testim gjatë polarizimit direkt është paraqitur në **figurën 6.6a**.

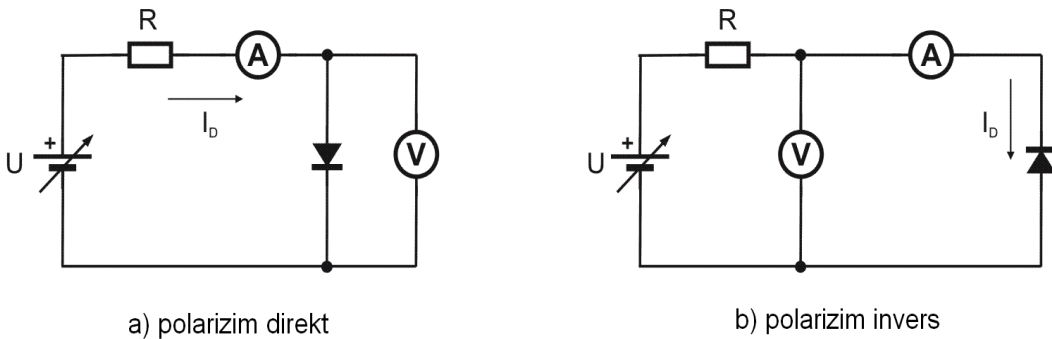


Figura 6.6: Qarku për testim të karakteristikës rrymë-tension të diodës gjysmëpërçuese.

Ampermetri e mat rrymën nëpër diodë e cila mund të ketë vlerë të rendit në mA dhe A. Me voltmetrin e matim tensionin e skajeve të diodës i cili duhet të jetë shumë i vogël, më shumë deri 2V. Rezistenca R shërben për kufizimin e rrymës nëpër diodë. Vlera dhe fuqia e saj llogariten sipas ekuacioneve në vazhdim:

$$R = \frac{U_{\max} - U_{D\max}}{I_{D\max}} \approx \frac{U_{\max}}{I_{D\max}} \text{ dhe } P_R > RI_{D\max}^2.$$

Me ndihmën e burimit të ndryshueshëm të tensionit ndryshon tensioni i diodës U_D në hapa të vegjël dhe për çdo vlerë të saj në ampermetër e lexojmë vlerën e rrymës nëpër diodën I_D . Matja përsëritet më shumë herë dhe rezultatet regjistrohen në tabelë. Nga vlerat e plotësuara në tabelë për vlerat e fituara të

tensioneve dhe rrymave vizatohet grafik në sistemin koordinativ X-Y. Në boshtin X vendosen vlerat e tensionit U_D kurse në boshtin Y vlerat e rrymave I_D në shkallën përkatëse.

Qarku për testimin e karakteristikave të diodës gjatë polarizimit invers është paraqitur në **figurën 6.6b**. Pasi shumica e diodave përballojnë tension të madh invers, kurse rryma inverse është shumë e vogël, nuk ka nevojë për rezistencë për mbrojtje. Procedura për testimin e karakteristikës së diodës gjatë polarizimit invers është e njëjtë si në polarizimin direkt. Me burimin e ndryshueshëm e ndryshojmë tensionin e diodës të cilin e lexojmë në voltmetër, kurse me ampermetër e matim rrymën nëpër diodë e cila është e rendit μA . Ndryshimet e tensionit në momentin fillestar mund të rriten, por kur rryma do të fillojë të rritet shpejt kjo do të thotë se është arritur vlera e tensionit të shpimit. Tash ndryshimet e tensionit të hyrjes duhet të zvogëlohen që të mos bëhet shpimi i diodës, kurse, megjithatë, duhet të përcaktohen edhe disa pika të grafikut. Të gjitha vlerat e fituara vendosen në tabelë dhe vizatohet grafiku në pjesën inverse (-X dhe -Y). Nga grafiku i fituar mund të përcaktohen karakteristikat e diodës.

Z-6.4. Testimi i karakteristikave të diodës zener

Në diodat zener testohet vetëm polarizimi invers. Testimi realizohet me ndihmën e qarkut të specifikuar në **figurën 6. 7**. Roli i rezistencës R është i njëjtë sikurse gjatë testimit të karakteristikave të diodës drejtuese, si edhe vetë procedura e testimit. Dallimi është në atë që me ndryshimin e tensionit të burimit ndryshon rryma nëpër diodën zener, të cilën e matim me ampermetër, kurse tensionin e diodës zener e matim me voltmetër. Karakteristika e fituar nga vlerat e matura, e vizatuar në pjesën inverse, na jep mundësi të përcaktojmë karakteristikat e diodës zener: tensionin zener U_z , rezistencën dinamike r_z , si edhe I_{zmax} dhe P_{Dmax} .

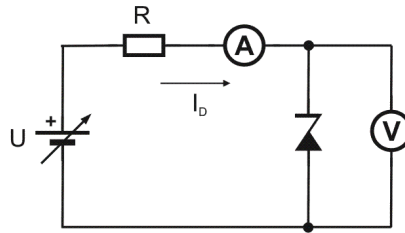


Figura 6.7: Qarku për testimin e karakteristikës rrymë-tension të diodës zener.

Z-6.5. Testimi i karakteristikave të transistorit

Te transistori katër madhësi janë të shprehura në varësi të qartë reciproke. Këto janë: rryma e bazës I_B dhe tensioni bazë-emiter U_{BE} , si madhësi hyrëse, dhe rryma e kolektorit I_C dhe tensioni kolektor-emiter U_{CE} , si madhësi dalëse. Varësitë e tyre mund të paraqiten grafikiisht përmes karakteristikave statike të transistorëve. Karakteristikat e plota i jep prodhuesi i transistorit, ose fitohen me qark të thjeshtë për testimin e karakteristikave.

Testohen:

- karakteristika dalëse $I_C = f(U_{CE})$ për $I_B = \text{const.}$;
- karakteristika kalimtare $I_C = f(I_B)$ për $U_{CE} = \text{const.}$;
- karakteristika hyrëse $U_{BE} = f(U_{CE})$ për $I_B = \text{const.}$
-

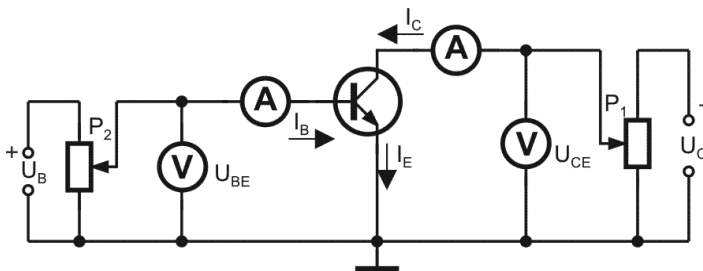


Figura 6.8: Qarku për matjen e karakteristikave statike të transistorit-NPN në lidhje me emiter të përbashkët.

Në figurën 6.8 është treguar qarku për testimin e karakteristikave të transistorit. Procedura për testimin e karakteristikave statike të transistorit është e njëjtë me testimin e karakteristikave të diodave gjysmëpërçuese.

MOS HARRO SE...!

- * Saktësia e diodave testohet me instrument universal të vendosur në zonën omike të matjes.
- * Dioda është e shpuar nëse gjatë matjeve në të dy drejtimet ommetri tregon rezistencë të vogël.
- * Daljet e diodës mund të përcaktohen edhe përmes unazës rrethore të katodës.
- * Nëse tensioni mes bazës dhe enterit U_{BE} të transistorit është pozitiv, bëhet fjalë për transistor të llojit-NPN, nëse është negativ, bëhet fjalë për transistor të llojit-PNP.
- * Qarku për testimin e diodës gjysmëpërçuese përmban një voltmetër për matjen e tensionit, një ampermetër për matjen e rrymës, një burim të tensionit të vazhduar të ndryshueshëm dhe një rezistencë për kufizimin e rrymës në qark.
- * Në qarkun për testimin e karakteristikave të diodës zener, me ndryshimin e tensionit të burimit ndryshon rryma nëpër diodën zener, të cilën e matim me ampermetër, kurse tensionin e diodës zener e matim me voltmetër.
- * Tek ampermetri testohen karakteristika dalëse, kalimtare dhe hyrëse.

KONTROLLONI DITURITË TUAJ

1. Çka përmban qarku për testimin e karakteristikave të diodës gjysmë-përçuese?
2. Shpjego procedurën për testimin e karakteristikave të diodës gjysmë-përçuese.
3. Vizato qarkun për testimin e karakteristikave të diodës zener dhe sqaro procedurën e testimit.
4. Në cilin polarizim bëhet testimi i karakteristikave të diodës zener dhe pse?
5. Cilat karakteristika testohen te transistori?

Z-6.6. Leximi i katalogëve për elementet elektronike

Numri i elementeve elektronike është shumë i madh. Për përdorimin më të lehtë të tyre janë përpunuar katalogë në të cilët elementet elektronike kategorizohen sipas shenjave, materialit nga i cili janë përpunuar, funksioni i tyre dhe zbatimi i tyre.

Informacioni shtesë i cili mund të merret nga katalogu është edhe zëvendësimi adekuat i elementit elektronik. Ekzistojnë katalogë në formë të shtypur dhe në formë elektronike. Në kohën e sotme gjithnjë e më tepër përdoren katalogë në formë elektronike, në të cilët mund të gjenden shumë më tepër parametra për elementet elektronike, si edhe për shkak të mundësisë për plotësim më të lehtë të tyre me të dhëna të reja.

Në praktikë hasen katalogë të llojeve të ndryshme. Janë dhënë disa shembuj të katalogëve të elementeve elektronike.

Në tabelën 2 është dhënë një pjesë e katalogut për diodat, i cili është i përbërë nga katër shtylla në të cilat, në kolonën e parë dhe të dytë janë dhënë shenja dhe kodi i diodës, në kolonën e tretë është dhënë materiali nga i cili është përpunuar dioda, kurse në kolonën e fundit gjendet përshkrimi dhe zbatimi i diodës.

Tabela 2:

Shenja	Kodi	Materiali	Përshkrim i shkurtër i elementit
AA	119	Ge-Di	dioda demodulatore, omike e lartë 30V, 35mA
AA	133	Ge-Di	dioda universale, 130V, 50mA
BA	159	Si-Di	dioda komutuese, 1000V/1A, 300ns

Në tabelën 3 tregohen vlerat të katalogut për disa lloje të ndryshme të diodave drejtuese.

Tabela 3:

Shenja	I_{dmax} – në polarizim direkt (A)	në tension direkt (V)	I_{inv} – në polarizim invers (mA)	në tension invers (V)	Tensioni invers maksimal i lejuar U_{imax} (V)
AX101	0,5	<0,5	<0,02	40	40
AX102	0,5	<0,6	<0,03	60	60
AX103	0,5	<0,8	<0,04	80	80
BY50A	20	1,2	1	100	100
BY50B	20	1,2	1	200	200
BY50D	20	1,2	1	400	400
1N4001	1	1,1	0,01	50	50
1N4002	1	1,1	0,01	100	100
1N4003	1	1,1	0,01	200	200
1N5407	3	1,3	/	/	1000

Vlera katalogu për disa dioda LED të ndryshme janë dhënë në tabelën 4.

Tabela 4:

Lloji	Ngjyra	I_F max.	U_F typ.	U_F max.	U_R max.	Intensiteti i dritës	Këndi i ndriçimit	Gjatësia valore
Standarde	E kuqe	30mA	1.7V	2.1V	5V	5mcd	60°	660nm
Standarde	E kuqe e ndritshme	30mA	2.0V	2.5V	5V	80mcd	60°	625nm
Standarde	E verdhë	30mA	2.1V	2.5V	5V	32mcd	60°	590nm
Standarde	E gjelbër	25mA	2.2V	2.5V	5V	32mcd	60°	565nm
High intensity	E kaltër	30mA	4.5V	5.5V	5V	60mcd	50°	430nm
Super bright	E kuqe	30mA	1.85V	2.5V	5V	500mcd	60°	660nm
Low current	E kuqe	30mA	1.7V	2.0V	5V	5mcd	60°	625nm

Elektronika – pjesa zgjedhore

Në tabelën 5 janë dhënë vlera katalogu për disa dioda të ndryshme zener:

Tabela 5:

Shenja	Tensioni Zener Uz (V)	Rz = $\Delta U_z / \Delta I_z$ (Ω)	Për Iz (mA) të dhënë	Fuqia maksimale e lejuar e disipacionit Pdmax (mV)	Rryma maksimale e lejuar Izmax (mA)	Temperatura maksimale e lejuar ($^{\circ}\text{C}$)
BZ1	0,6-0,75	5	5	250	100	150
BZ2	2-3	70	5	250	50	150
BZ3	3-4	75	5	250	50	150
BZ4	4-5	65	5	250	100	150
ZE4,7	4,1-5,2	65	5	250	/	150
ZE5,6	5-6,3	35	5	250	/	150
ZE6,8	6,1-7,5	4	5	250	/	150
ZF1,4	1,3-1,5	20	1,4	400	130	150
ZF2,1	1,9-2,3	30	2,1	400	80	150
ZR2,7	2,5-2,9	70	5	250	/	150
BZL27	24,1-30	<15	25	1,25	40	150
ZBL28	29,6-36,5	<15	25	1,25	33	150

Në tabelën 6 është dhënë pjesë nga katalogu për transistorët:

Tabela 6:

Shenja	Kodi	Materiali	Përshkrim i shkurtër i elementit
AC	187k	Ge-N	Transistor FU 25V/1A, 1W
AF	239S	Ge-P	Transistor UHF 20V/10mA, 780MHz
AL	102	Ge-P	Transistor i fuqisë 130V/6A, 30W (TG=55 $^{\circ}\text{C}$)
BC	879	N-darl.	Darlington universal 100V/1A, 0,8W, 200MHz
BC	880	P-darl.	Darlington universal 100V/1A, 0,8W, 200MHz
BD	139	Si-N	Transistor i fuqisë 100V/1,5A, 12,5W, 250MHz

Në tabelën 7 jepen të dhëna katalogu për transistorë dhe vlera të β si parametër kyç.

Tabela 7:

Shenja	për I_C (mA)	për U_{CE} (V)	β	Kategoria (përdorimi)	Zëvendësimi i mundshëm
BC107	2	5	125-260	Audio, për fuqi të vogla	BC182 BC547
AF240	2	10	50	Përforcues në zonën –UHF	/
BC182	2	5	125-260	Për përdorim të përgjithshëm, për fuqi të vogla	BC107 BC182L
BC547B	2	5	110-450	Audio, për fuqi të mëdha	BC107B
BC875	7	10	2000	Përforcues audio në frekuenca të ulëta	BC876
BF421	25	20	>40	Video-përforcues dalës në pajisjet-TV.	/

Në tabelën 8 janë dhënë vlera katalogu për vlerat maksimale të lejuara të tensionit, rrymës dhe fuqisë për disa transistorë.

Tabela 8:

Shenja	I_{Cmax} (mA)	U_{CEmax} (V)	P_{CDmax}
AC175	2000	18	1100
AF115	10	20	50
AF139	8	15	60
ASY80	1000	15	500
BC183A	200	45	300

Shembull i katalogut për qarqet e integruara është dhënë në tabelën 9.

Tabela 9:

Shenja	Kodi	Përshkrimi i elementit	Prodhuesi
NDV	8501	Procesor	National Semiconductor
NE	555	Tajmer	Philips
NDY	4803	Konvertor DC-DC	C&D Technologies

Nga Tabela 9 mund të shihet se në kolonën e parë dhe të dytë është dhënë shenja dhe kodi i qarkut të integruar, kolona e tretë tregon përshkrimin dhe në kolonën e fundit është dhënë prodhuesi i qarkut të integruar.

Shembujt e dhënë janë vetëm një nga llojet e katalogëve për elementet elektronike. Ekzistojnë edhe lloje të tjera të katalogëve në të cilët janë dhënë edhe të dhëna tjera për elementet elektronike.

Z-6.7. Matja me osciloskop

Osciloskopi është një instrument matës për matjen dhe testimin e sinjaleve elektrike. Ai mundëson vëzhgimin vizual të formës së sinjalit elektrik në varësi të kohës në ekranin e tij.

Në ekran është ndërthurur rrjetë e katrorëve me dimensione prej 1 cm. Ngjyra e grafikut është e gjelbër ose e kaltër. Në ekranin e osciloskopit fitohet imazh në formë valore të madhësisë elektrike hyrëse – tensionit elektrik. Shfaqja e madhësisë hyrëse në ekran, është me lakore që shkëlqen, e quajtur **oscilogram**.

Pamja e osciloskopit është dhënë në **figurën 6.9**.

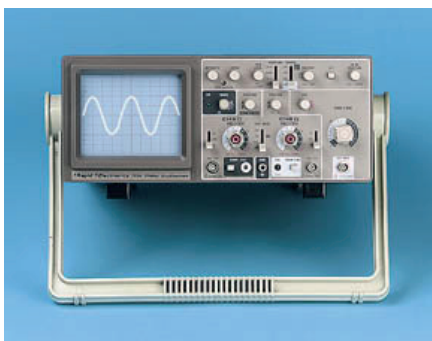


Figura 6.9: Osciloskopi.

Në osciloskop dykanalësh mund të vëzhgohen në të njëjtën kohë dy sinjale, me çka mundësohet krahasimi i tyre (si p.sh., sinjali hyrës dhe dalës i një përforcuesi).

Procedurat për matjen e qarqeve elektronike

Për lidhjen e sinjalit të matur – sinjalit hyrës ekzistojnë dy dalje koaksiale (BNC), në të cilat lidhen sondat matëse. Këto lidhje janë shënuar si hyrje-Y. Për përshtatjen e imazhit në mesin e ekranit vertikalisht, është paraparë çelës me më shumë pozita, i shënuar me V/cm. Përshtatja e grafikut të sinjalit horizontalisht bëhet me çelës për bazën kohore, i shënuar me koha/cm (sec/cm, msec/cm ose μ sec/cm). Baza kohore zgjidhet në mënyrë që të shihet së paku një cikël i sinjalit në ekran. Për imazh të paqëndrueshëm zgjidhet pozita AUTO me çelësin e shënuar si TRIGGER.

Me osciloskop mund të matet amplituda e sinjalit alternativ në pika të caktuara të drejtuesit të rrjetit. Vlera e matur e tregon vlerën maksimale të tensionit në pikën e dhënë nga maja në majë. Amplituda e sinjalit është gjysma e asaj vlere.

Me osciloskop mund të matet edhe perioda kohore e një cikli të plotë të sinjalit në sekonda, milisekonda ose mikrosekonda. Kjo vlerë mund të përdoret për përcaktimin e frekuencës së sinjalit. Frekuenca e sinjalit alternativ paraqet numër të cikleve në një sekondë dhe llogaritet sipas:

$$f = 1 / T.$$

Vlera e tensionit lexohet në boshtin vertikal me numrin e kuadrateve të grafikut të sinjalit. Ky numër shumëzohet me treguesin e pozitës së çelësit për hyrjen-Y. Kështu, për shembull, nëse distanca nga maja në majë e sinjalit është 3,4cm, kurse pozita e çelësit është në 2V/cm, tensioni ka vlerë:

$$U = 3,4 \text{ cm} \times 2\text{V/cm} = 6,8 \text{ V}.$$

Nëse matet perioda kohore T horizontalisht prej 4cm, kurse pozita e çelësit për boshtin-X është në pozitën 5ms/cm, fitojmë vlerë për periodën kohore:

$$T = 4\text{cm} \times 5\text{ms/cm} = 20\text{ms},$$

ndërsa frekuenca llogaritet sipas:

$$f = 1/20\text{ms} = 50\text{Hz}.$$

Elektronika – pjesa zgjedhore

Në figurën e ardhshme janë dhënë forma valore të sinjalit para dhe pas drejtimit të fituara në ekranin e osciloskopit të lidhur në dy pika matëse në drejtuesin e valës së plotë.

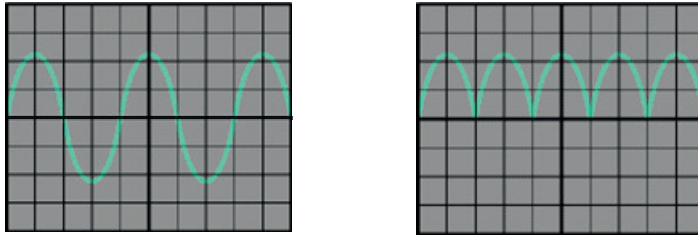


Figura 6.10: Forma valore të sinjalit para dhe pas drejtimit me drejtues të valës së plotë.

Në daljen e qarkut për stabilizim fitohet tension i paraqitur në osciloskop që ka formën si në **figurën 6.11**.

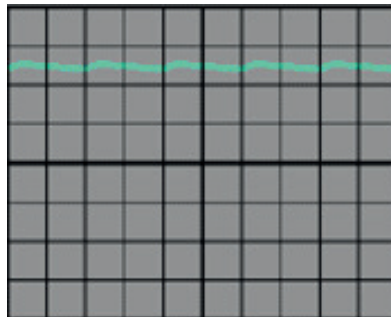


Figura 6.11: Tension dalës i stabilizatorit.

Z-6.7.1. Përdorimi i osciloskopit në qarqet për drejtim

Përdorimin e osciloskopit në qarqet për drejtim do ta kuptojmë në shembujt e mëposhtëm. Osciloskopi lidhet në dy pika matëse të drejtuesit, në hyrje (në burimin e tensionit alternativ) dhe në dalje të qarkut (në skajet e ngarkesës). Në osciloskop monitorohen dhe maten format valore të sinjalit para dhe pas drejtimit të cilat fitohen në ekranin e osciloskopit.

Në **figurën 6.12** tregohet rezultati i veprimi të njëres diodë si drejtues gjysmëvalor. Në figurë tregohet parimi i matjes me dy kablllo matëse. Në rastin real, kabllot matëse përfshihen në sondat matëse, me çka njëra lidhje (e shënuar me të zezë) realizohet me kapëse matëse, kurse tjetra (e shënuar me të kuqe) me matje zgjedhëse. Hyrja është e vendosur në pozicionin "alternative-ac".

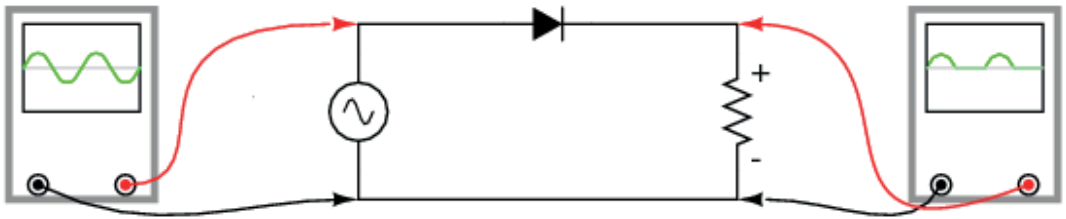


Figura 6.12: Drejtues gjysmëvalor me një diodë.

Në **figurën 6.13** tregohen tensionet e hyrjes dhe daljes nga drejtuesi i valës së plotë me dy dioda dhe transformatori me dalje të mesme.

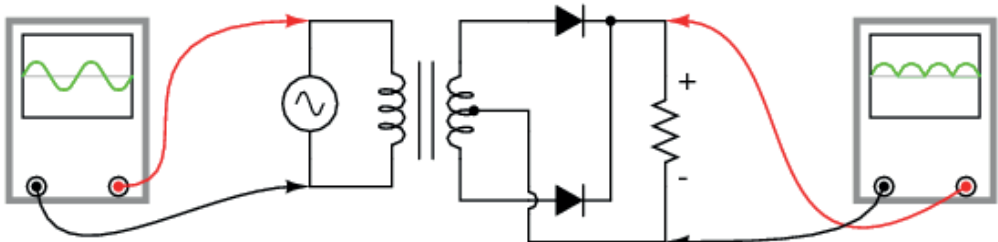


Figura 6.13: Drejtues i valës së plotë me dy dioda.

Në **figurën 6.13a** tregohen tensionet në hyrje dhe dalje të drejtuesit të valës së plotë me dy dioda dhe transformator me dalje të mesme për kohën e gjysmëperiodës pozitive, kurse në **figurën 6.13b** gjatë kohës së gjysmëperiodës negative të tensionit hyrës.

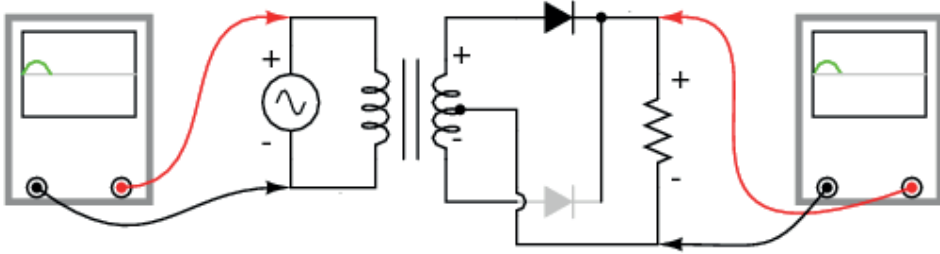


Figura 6.13a: Drejtues i valës së plotë me dy dioda gjatë kohës së gjysmëperiodës pozitive.

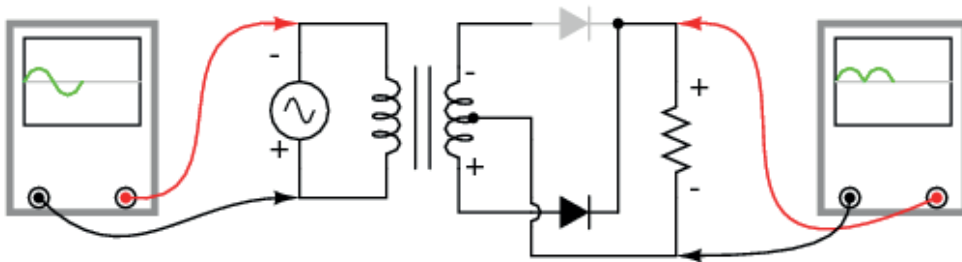


Figura 6.13b: Drejtues i valës së plotë me dy dioda gjatë kohës së gjysmëperiodës negative.

Në **figurën 6.14** është dhënë rezultat i drejtimit i drejtuesit me 4 dioda dhe transformator me dalje të mesme, me çka fitohet drejtim i valës së plotë me polaritet të dyfishtë.

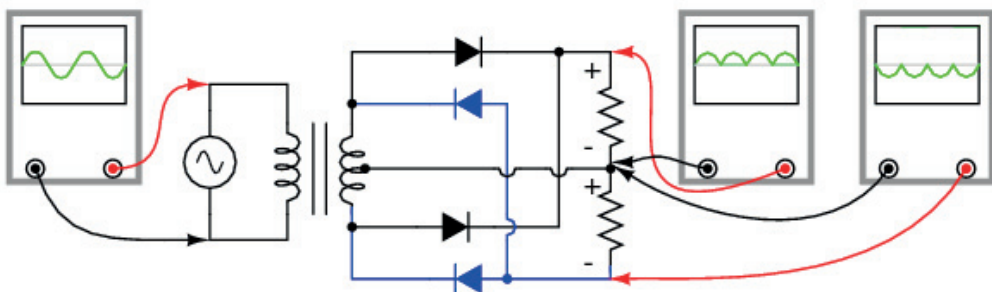


Figura 6.14: Drejtues i valës së plotë me katër dioda.

Figura 6.15 e tregon testimin e drejtuesit me lidhje të Grecit, me çka fitohet rezultat i njëjtë si në drejtuesin e valës së plotë me dy dioda.

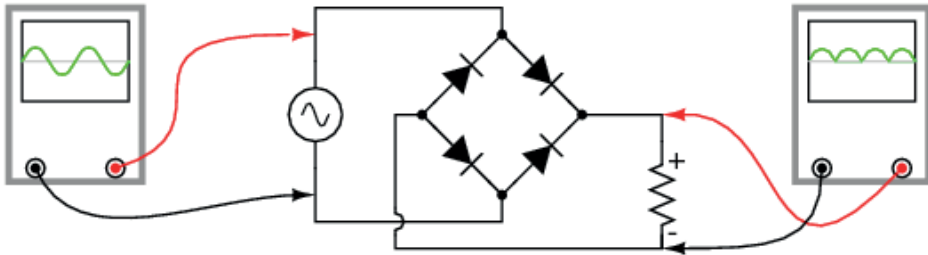


Figura 6.15: Drejtuesi i valës së plotë me katër dioda- lidhja i Grecit.

Në **figurën 6.16** dhe **figurën 6.17** tregohet rezultati i drejtimit për secilën gjysmëperiodë të tensionit të hyrjes te drejtuesi me lidhje të Grecit.

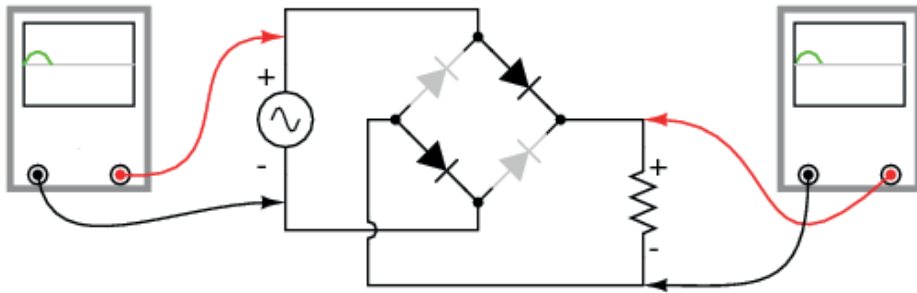


Figura 6.16: Lidhja e Grecit gjatë kohës së gjysmëperiodës pozitive.

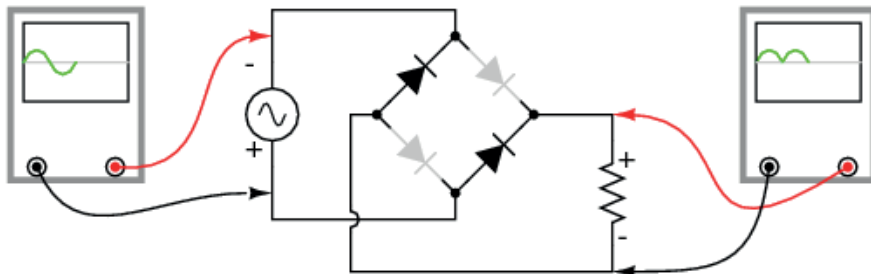


Figura 6.17: Lidhja e Grecit gjatë kohës së gjysmëperiodës pozitive.

Në **figurën 6.18** tregohet testimi i drejtuesit të valës së plotë për kohën e ty dy periodave.

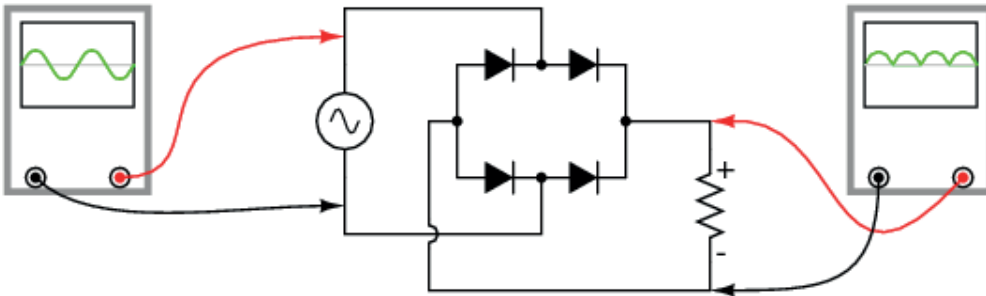


Figura 6.18: Drejtuesi i valës së plotë me katër dioda gjatë kohës së dy periodave.

Z-6.8. Procedura për matjen e qarkut për stabilizim me qarqe të integruara

Stabilizatorë më të njohur të tensionit me qark të integruar janë stabilizatorët me numra serik 78xx për fitimin e tensionit të stabilizuar të vazhduar me parashenjë pozitive dhe 79xx për fitimin e tensionit të stabilizuar të vazhduar me parashenjë negative.

Në **figurën 6.19** tregohet qark bazë i stabilizatorit të integruar 78xx dhe 79xx. Kondensatori C1 në lidhjen hyrëse ka për detyrë të parandalojë vetë oscilimin, kurse kondensatori C2, i lidhur në dalje, është i destinuar për filtrimin e tensionit dalës. Në praktikë, vlera e kondensatorit C1 është 100nF.

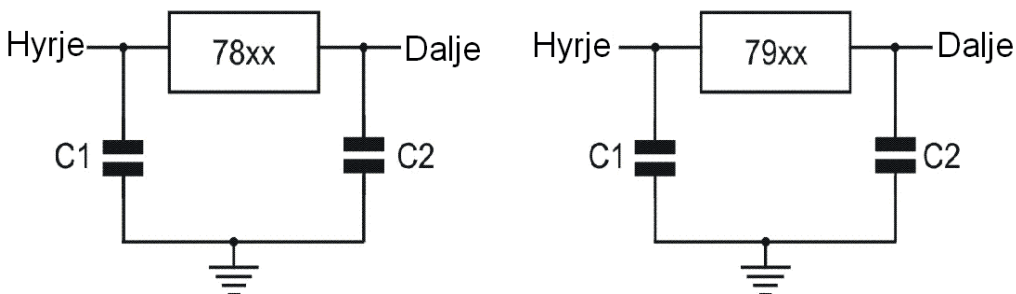


Figura 6.19: Qarku themelor i stabilizatorit të integruar 78xx dhe 79xx.

Në tabelën 10 janë dhënë shembuj për shënimin e stabilizatorëve dhe madhësia e tensionit dalës të stabilizuar i cili fitohet në daljet e tyre.

Tabela 10:

Shenja e stabilizatorit	Tensioni dalës
7805	5
7806	6
7808	8
7885	8,5
7809	9
7810	10
7812	12
7815	15
7818	18
7824	24
7905	-5
7906	-6
7908	-8
7985	-8,5
7909	-9
7910	-10
7912	-12
7915	-15
7918	-18
7924	-24

Stabilizatorët e integruar përpunohen për tensione dhe rryma të ndryshme deri në 0,1A, deri në 1A ose deri në 5A. Për rrymën dalëse deri në 0,1A përdoret shenja L, për rryma deri në 1A nuk ka shenjë dhe për rrymat deri në 5A, shenja S (Tabela 11).

Tabela 11:

Shenja	Rryma dalëse
L	<0,1A
Pa shenjë	<1A
S	<5A

Elektronika – pjesa zgjedhore

Kështu, për shembull, stabilizatori 78L05 jep tension prej 5V me parashenjë pozitive dhe rrymë deri në 0,1A, kurse stabilizatori 7915 jep tension prej 15V me parashenjë negative dhe rrymë deri në 1A.

Matja e tensionit të burimet e stabilizuara të integruara mbështetet në matjen e tensionit hyrës dhe dalës ose të rrymës dalëse. Matja realizohet me instrument universal (analog ose digjital) ose me osciloskop.

Në tabelën 12 tregohen vlerat e matura në llojet e ndryshme të stabilizatorëve.

Tabela 12:

Shenja e stabilizatorit	Tensioni hyrës	Tensioni dalës	Rryma dalëse
7805	min. +7,2V max. +30V	+5V	- me shenjën 78L05 deri 0,1A - me shenjën 7805 deri 1A - me shenjën 78S05 deri 5A
7905	min. -7,2V max. -30V	-5V	- me shenjën 79L05 deri 0,1A - me shenjën 7905 deri 1A - me shenjën 79L05 deri 5A
78L06	min. +8,2V max. +30V	+6V	deri 0,1A
79S08	min. -10,2V max. -30V	-8V	deri 5A
7809	min. +11,2V max. +30V	+9V	- me shenjën 78L09 deri 0,1A - me shenjën 7809 deri 1A - me shenjën 78L09 deri 5A
7912	min. -14,2V max. -30V	-12V	- me shenjën 79L12 deri 0,1A - me shenjën 7912 deri 1A - me shenjën 79L12 deri 5A
78L15	min. +17,2V max. +30V	+15V	deri 0,1A

Procedurat për matjen e qarqeve elektronike

Për matjen e tensionit, instrumenti universal është i lidhur paralel me lidhjet hyrëse apo dalëse, të vendosura në zonën matëse të tensionit (në shembujt e dhënë deri në 200V), kurse për matjen e rrymës është e nevojshme të shkyçet qarku kah ngarkesa dhe në seri të lidhet instrumenti universal, më së miri së pari në zonën matëse të rrymës deri në 20A.

VERIFIKIMI TEMATIK



I Pyetje me rrethim (Rretho përgjigjet e sakta)

1. Daljet e diodës mund të përcaktohet edhe përmes unazës rrethore e cila është e vendosur në:

- a) katodë
- b) anodë.

2. Dioda është e shpuar në qoftë se gjatë matjes në të dy drejtimet ommetri tregon:

- a) rezistencë të vogël
- b) rezistencë të madhe.

II Pyetje me lidhshmëri

3. Lidh llojin e transistorit bipolar me shenjën e tensionit mes bazës dhe emiterit U_{BE} :

- | | |
|---------------|-------------------|
| a) Lloji-NPN | a) pozitiv _____ |
| b) Lloji- PNP | b) negativ _____. |

III Pyetje me plotësimin

4. Gjatë përcaktimit të daljeve të diodës me instrument universal digjital, gjatë polarizimit direkt _____ është ajo dalje e cila është e lidhur në polin pozitiv të ommetrit, kurse _____ është e lidhur në polin negativ të ommetrit (sonda e zezë).

Ushtrime për mësim aktiv:

- Gjej në internet e-katalogje për elementet elektronike dhe shiko cilat të dhëna mund t'i lexosh.



Njësi themelore në sistemin-SI

Madhësia fizike		Njësia	
Emri	Shenja	Emri	Shenja
Gjatësia	l	Metër	m
Pesha	m	Kilogram	kg
Koha	t	Sekondë	ss
Rryma elektrike	l	Amper	A
Temperatura termodinamike	T	Kelvin	kg
Sasia e substancës	n	Mol	mol
Intensiteti i dritës	lv	Kandelë	cd



































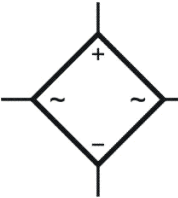


Disa njësi që dalin në sistemin - SI

Emri i madhësisë	Simboli i njësisë	Definicioni për njësinë
Fuqia	N	kg m s^{-2}
Shtypja	Pa	$\text{N/m}^2 = \text{kg m}^{-1} \text{s}^{-2}$
Energjia	J	$\text{N m} = \text{kg m}^2 \text{s}^{-2}$
Dendësia	kg m^{-3}	kg m^{-3}

Prefikset që përdoren në sistemin ndërkombëtar të njësive

Vlera	Emri	Shenja	Vlera	Emri	Shenja
10^{-24}	jokto	y	10^{24}	jota	Y
10^{-21}	zepto	z	10^{21}	zeta	Z
10^{-18}	ato	a	10^{18}	eksa	E
10^{-15}	femto	f	10^{15}	peta	P
10^{-12}	piko	p	10^{12}	tera	T
10^{-9}	ano	n	10^9	giga	G
10^{-6}	mikro	μ	10^6	mega	M
10^{-3}	mili	m	10^3	kilo	K
10^{-2}	centi	c	10^2	heto	h
10^{-1}	deci	d	10^1	deka	da

Simbole të elementeve elektrike:

	Rezistor (fiks)		Diodë drejtuese		Transistor i llojit- NPN
	Potenciometër		Diodë Zener		Transistor i llojit- PNP
	Potenciometër		Diodë Zener		JFET me P-kanal
	Trimer		Diodë LED		JFET me N-kanal
	Trimer		Fotodiodë		MOSFET me kanal të induktuar lloji-P
	Kondensator fiks		Diodë Varaktor kapacitive		MOSFET me kanal të ndërtuar lloji-P
	Kondensator i ndryshueshëm i papolarizuar		Diodë Shotki		MOSFET me kanal të ndërtuar lloji-N
	Timer Kondensator i papolarizuar		Diodë tunel		MOSFET me kanal të induktuar lloji-N
	Kondensator elektrolitik		Tiristor		Fototransistor
	Kondensator elektrolitik		Diak		Transistor në çiftin e Darlingtonit lloji-N
	Bobinë		Triak		Transistor në çiftin e Darlingtonit lloji-P
	Bobinë me bërthamë hekuri FU		Lidhje e Grecit		
	Bobinë me bërthamë hekuri FL				
	Bobinë e ndryshueshme				

PËRMBAJTJA

PJESA E RREGULLT	5
1. GJYSMËPËRÇUESIT	7
1.1. Struktura e materialeve gjysmëpërçuese.....	9
1.2. Vetë elektrike të materialeve gjysmëpërçuese.....	12
1.3. Gjysmëpërçues i llojit-N.....	15
1.4. Gjysmëpërçues i llojit-P.....	17
1.5. Kalimi-PN	19
1.5.1. Kalimi-PN në qarkun e jashtëm elektrik.....	22
1.6. Diodat gjysmëpërçuese	25
1.6.1. Karakteristika statike e diodave drejtuese.....	26
1.6.2. Karakteristika rrymë-tension e diodës zener.....	30
1.6.3. Zbatimi praktik i diodës zener.....	32
2. TRANSISTORËT BIPOLAR	37
2.1. Parimi i punës i transistorit- NPN.....	39
2.2. Polarizimi i transistorit-NPN.....	40
2.3. Parimi i punës dhe polarizimi i transistorit- PNP.....	43
2.4. Polarizimi i kalimeve të transistorit.....	45
2.5. Karakteristika të transistorit bipolar.....	46
2.5.1. Regjimi statik i punës.....	47
2.5.2. Karakteristika statike.....	48
2.6. Parametra të transistorit bipolar.....	51
2.6.1. Rezistenca dalëse e transistorit.....	51
2.6.2. Koeficienti i përforcimit të rrymës së transistorit.....	53
2.6.3. Drejtëza e punës.....	54
2.7. Zbatimi i transistorit në industrinë automobilistike.....	58
2.7.1. Rregullatori me transistor i tensionit tek alternatori.....	58
2.7.2. Indikator elektronik.....	61
3. TRANSISTORI- MOSFET	67
3.1. Struktura dhe parimi i punës së MOSFET me kanal të induktuar.....	69
3.2. Karakteristika statike të MOSFET me kanal të induktuar.....	72
3.3. MOSFET me kanal të ndërtuar.....	73
3.4. Zbatimi i MOSFET në industrinë automobilistike.....	76

4.	QARQET THEMELORE TË RRYMËS DHE ZBATIMI I ELEMENTEVE GJYSMËPËRÇUESE NË QARQET E RRYMËS.....	81
4.1.	Drejtuesi gjysmëvalor.....	83
4.2.	Drejtuesi i valës së plotë.....	84
4.3.	Drejtuesi shumëfazor.....	88
4.4.	Qarqet themelore të rrymës me transistor tek automjetet.....	90
4.4.1.	Dritat për tregimin e drejtimit të lëvizjes- sinjalizuesit.....	90
4.4.2.	Ndriçimi i brendshëm i vonuar tek automjetet.....	93
5.	ELEMENTET TË VEÇANTA GJYSMËPËRÇUESE.....	97
5.1.	Komponentët e varur nga fusha magnetike.....	98
5.2.	Elementet fotoelektrike.....	99
5.2.1.	Fotodiodat.....	99
5.2.2.	Fototransistorët.....	102
5.2.3.	Optokapleri.....	103
5.3.	Karakteristika të veçanta të qarqeve të integruara.....	107
5.4.	Zbatimi i elementeve të veçanta gjysmëpërçuese.....	110
6.	QARQET ELEKTRONIKE.....	115
6.1.	Multivibratorët.....	117
6.1.1.	Konstanta kohore.....	118
6.1.2.	Multivibratori astabil.....	121
6.1.3.	Multivibratori monostabil.....	123
6.1.4.	Multivibratori bistabil.....	126
6.1.5.	Qarku okid i Shmitit (trigeri i Shmitit).....	129
6.2.	Zbatimi i multivibratorit tek automobilat.....	132
6.2.1.	Sirena tonike me multivibrator astabil.....	132
6.2.2.	Zbatimi i multivibratorit astabil tek automjetet me shembull të alarmit sinjalizues të rrejshëm.....	133
6.2.3.	Takometri elektronik.....	134
7.	TESTIMI I QARQEVE ELEKTRONIKE.....	141
7.1.	Leximi i skemave elektrike.....	142
7.2.	Simbole grafike të elementeve elektronike.....	142
7.2.1.	Komponentet pasive.....	143
	Rezistencat.....	143
	Kondensatorët.....	144
	Induktivitete.....	145
	Sinjalet dhe diodat drejtuese.....	146
	Diodat zener.....	147

Tiristori dhe triaku.....	148
7.2.2. Komponentet aktive.....	149
Transistorët bipolar.....	149
Transistorët FET.....	151
Qarqet e integruara.....	152
7.3. Testimi i funksioneve të elementeve.....	153
7.4. Fshirëset e dritareve të automjeteve.....	155

PJESA ZGJEDHORE 161

Z-1. QARQET THEMELORE ME DIODA- DREJTUESIT.....	163
Z-1.1. Drejtuesi gjysmëvalor.....	164
Z-1.2. Drejtuesi i valës së plotë.....	166
Z-1.3. Drejtuesi shumëfazor.....	170
Z-1.4. Shënimi i diodave gjysmëpërçuese.....	172
Z-1.5. Filtrat drejtues.....	173
Z-1.6. Zbatimi i diodave drejtuese tek automjetet.....	176
Z-2. QARQET THEMELORE ME TRANSISTOR.....	181
Z-2.1. Struktura e transistorit bipolar.....	182
Z-2.2. Shënimi i transistorëve.....	183
Z-2.3. Parametra të transistorëve bipolar.....	184
Z-2.4. Iloje të lidhjeve të transistorit bipolar.....	184
Z-2.5. Polarizimi i transistorit në regjimin përforcues të punës Përforcuesi me konfiguracion emiter i përbashkët.....	185
Z-2.6. Transistori bipolar si element komutues.....	188
Z-2.6.1. Qarku komutues me transistor në lidhje me emiter të përbashkët...	190
Z-2.6.1.1. Regjimi i bllokimit.....	190
Z-2.6.1.2. Regjimi i ngopjes.....	191
Z-2.6.1.3. Regjimi kalimtar.....	193
Z-2.7. Analiza grafike e punës së përforcuesit me transistor.....	195
Z-2.8. Metoda analitike për llogaritjen e parametrave të përforcuesve.....	198
Shtojcë - detyra.....	205
Z-3. TRANSISTORI SI PËRFORCUES.....	213
Z-3.1. Parametra të transistorit pa lidhje të kundërt.....	214
Z-3.2. Përforcuesi me konfiguracion emiter të përbashkët.....	218
Z-3.3. Përforcuesi diferencial.....	223
Z-3.3.1. Konfiguracioni real i përforcuesit diferencial.....	225
Z-4. PËRFORCUESIT OPERACIONAL DHE ZBATIMI I TYRE NË QARQET E INTEGROUARA.....	231
Z-4.1. Përforcuesi operacional ideal.....	233

Z-4.2.	Lidhja e kundërt e përforcuesit operacional.....	234
Z-4.3.	Konfiguracione të ndryshme të përforcuesve operacional.....	236
Z-4.3.1.	Përforcuesi invertues.....	236
Z-4.3.2.	Përforcuesi joinvertues.....	238
Z-4.3.3.	Përforcuesi operacional me përforcim njësi.....	239
Z-4.3.4.	Qarku për mbledhje.....	241
Z-4.3.5.	Përforcuesi operacional diferencial.....	242
Z-4.3.6.	Konvertuesi i rrymës në tension.....	243
Z-4.3.7.	Konvertuesi i tensionit në rrymë.....	245
Z-4.3.8.	Zhvendosësi i fazës.....	245
Z-4.3.9.	Integratori.....	246
Z-4.3.10.	Diferenciali.....	248
Z-4.4.	Përforcuesi operacional real.....	250
Z-4.4.1.	bllok-skema e përforcuesit operacional real.....	254
Shtojcë	- Skema e plotë e përforcuesit operacional 741.....	260
	Shtojcë - detyra.....	262
Z-5.	STABILIZATORËT E TENSIONIT DHE RRYMËS.....	265
Z-5.1.	Stabilizimi dhe rregullimi i tensionit.....	266
Z-5.2.	Stabilizimi i tensionit me diodë zener.....	267
Z-5.3.	Stabilizatorët elektronik të tensionit.....	269
Z-5.3.1.	Stabilizatori paralel i tensionit.....	269
Z-5.3.2.	Stabilizatori serik i tensionit me transistor.....	271
Z-5.4.	Stabilizatori serik i tensionit me lidhje të kundërt.....	273
Z-5.5.	Stabilizatorët e integruar linear të tensionit.....	274
Z-5.6.	Stabilizatori i rrymës.....	277
Z-5.7.	Stabilizatori i tensionit me kufizim të rrymës.....	279
Z-5.8.	Stabilizatori i saktë me përforcues operacional.....	280
Z-5.9.	Drejtues i valës së plotë i saktë me përforcues operacional.....	281
	Shtojcë - detyra.....	285
Z-6.	PROCEDURA PËR MATJEN E QARQVEVE ELEKTRONIKE.....	289
Z-6.1.	Testimi i diodave.....	290
Z-6.2.	Testimi i transistorëve.....	291
Z-6.3.	Testimi i karakteristikave të diodave gjysmëpërçuese.....	294
Z-6.4.	Testimi i karakteristikave të diodave zener.....	295
Z-6.5.	Testimi i karakteristikave të transistorit.....	296
Z-6.6.	Leximi i katalogëve për elementet elektronike.....	298
Z-6.7.	Matja me osciloskop.....	302
Z-6.7.1.	Përdorimi i osciloskopit në qarqet për drejtim.....	304
Z-6.8.	Procedura për matjen e qarkut për stabilizim me qarqe të integruara..	308
	Njësi themelore në sistemin – SI.....	314
	Simbole të elementeve elektrike.....	315

LITERATURA

1. David Irwin David Kerns: Introduction to Electrical Engineering, Prentice Hall International Editions, 1995
2. Методија Камиловски: Електроника за III година ,електротехничка струка , Просветно дело, 1995
3. Milman – Halkias: Integrated electronics: analog and digital circuits and systems, 1972
4. Велимир Месарош: Електроника у аутомобилу, Новинско - издавачка радна организација техничка књига , Београд,1985
5. Милутин Цветковиќ: Еелектроника, учебник за III степен на занимањата од електротехниката група и автоматика, Просветно дело, 1993
6. Зоран Тасиќ: Електроника I за II клас на електротехничките училипта, Просветно дело, 1972
7. Зоран Тасиќ: Електроника II за електротехничките училишта, Просветно дел,о 1982
8. Dr Ратко Опаиќ: Електроника I за II разред средњев образовања, Завод за издавање учебника Нови Сад
9. Списание EMITER, студио Emitter, Скопје
10. Интернет прилози и податоци