

RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE
Elektrotehnikas un elektronikas katedra

ELEKTRONIKAS
LABORATORIJAS DARBI

Rīga - 2009

Izdevums satur *Elektronikas* un *Elektronisko ierīču* kursu laboratorijas darbu uzdevumus elektrotehnisko specialitāšu bakalauru un praktisko inženieru studijām. Doti arī darbu izpildīšanas vispārīgie noteikumi.

Sastādījuši: U. Antonovičs, V. Hramcovs, U. Zītaris

© RTU Elektrotehnikas un elektronikas katedra, 2009. g.

PRIEKŠVĀRDS

Šo izdevumu sastādījuši RTU Elektrotehnikas un elektronikas katedras pasniedzēji studentiem, kuri apgūst kursus *Elektronika* un *Elektroniskās ierīces* bakalauru un praktisko inženieru programmās.

Saskaņā ar katedrā pieņemto metodiku laboratorijas darbi notiek pēc teorētiskā materiāla apgūšanas lekcijās vai patstāvīgi. Teorētiskās ziņas par izpildāmajiem darbiem šeit nav dotas, tādēļ studentiem, gatavojoties laboratorijas darbiem, šie jautājumi jāstudē no mācību grāmatas un lekciju konspekta. Darba atvieglšanai uzdevumi papildināti ar kontroles jautājumiem, ar kuriem studentam iespējams pārbaudīt savu gatavību laboratorijas darba praktiskās daļas veikšanai.

Tiem jautājumiem, kuri netiek aplūkoti lekcijās vai arī saistīti ar izmantojamās eksperimenta iekārtas īpatnībām, doti metodiskie norādījumi un paskaidrojumi. Iesakām studentiem noteikti iepazīties ar šo uzdevuma daļu, jo norādījumu neievērošana dažos gadījumos izraisīs kļūdas eksperimentos vai sarežģījumus rezultātu apstrādē.

Katrs darbs domāts divu stundu nodarbībai laboratorijā un divām stundām mājas darbiem.

Šajā darbā daļēji izmantoti katedras pasniedzēju agrāk sagatavotie izdevumi: *Elektrotehnika un elektronikas pamati. Laboratorijas darbi, 1990. g.* un *Elektronikas laboratorijas darbi, 1995. g.*

DARBU IZPILDĪŠANAS NOTEIKUMI

1. Piedalīšanās laboratorijas darbos

Pirms laboratorijas nodarbībām studenti iepazīstas ar šiem noteikumiem, kā arī ar drošības tehnikas instrukciju. Studentiem šie noteikumi jāzina un jāizpilda.

Nodarbību stundu skaits katrai specialitātei un apmācību veidam noteikts mācību plānos.

Vienas nodarbības ilgums - 2 stundas. Pirmajā nodarbībā studentiem sniedz ievadinstrukciju un paskaidrojumus.

2. Sagatavošanās darbam un zināšanu pārbaude

Pirms ierašanās laboratorijā studentiem labi jāsaprot, apgūstot teorētisko materiālu. Bez tam līdz nodarbībai jāsaprot protokola formulārs, kuru katrs students iesniedz individuāli. Protokolā jāiezīmē shēma, jāizpilda tabulu galvas un jānorāda aprēķiniem vajadzīgās formulas.

Iepriekš jāpārdomā visracionālākā darba izpildīšanas kārtība: jāizlemj, kādā secībā jāizpilda darba eksperimentālā daļa, kad veikt aprēķinus un zīmēt grafikus (eksperimenta laikā vai pēc tā pabeigšanas) utt.

Iepriekšējo sagatavošanos pārbauda darbu vadītājs, kurš nepietiekami sagatavojušos studentus pie darba nepieļauj.

3. Darbs laboratorijā

Laboratorijas darba veikšanai darbu vadītājs sadala grupu brigādēs (pa 1-3 studentiem katrā).

Laboratorijas darbu brigādes locekļi veic kopīgi, bet katrs patstāvīgi raksta darba protokolu un atskaitās par veikto darbu. Dažos darbos paredzēti individuāli uzdevumi katram brigādes loceklim. Katra brigāde strādā tai norādītajā vietā, kur atrodas darbam nepieciešamā iekārta un elektriskie mēraparāti. Atsevišķos gadījumos iztrūkstošie mēraparāti un iekārta jāpieprasa laborantam. Pārvietot iekārtu no citām darba vietām aizliegts.

Pētāmo elektrisko ķēdi studenti saslēdz patstāvīgi, atbilstoši uzdevumā dotajai shēmai. Ieteicams ievērot šādu secību.

Studenti vispirms iepazīstas ar viņu rīcībā nodoto laboratorijas iekārtu un ieraksta protokolā pētāmās iekārtas parametrus. Ja darbā izmanto vairākus vienveidīgas iekārtas eksemplārus (piemēram, vairākus reostatus, ampērmetrus utt.), tad, vadoties no to parametriem, jāizlemj, kādam ķēdes elementam katrs no tiem jāizmanto. Ja šo uzdevumu risinot, rodas grūtības, tad jāgriežas pie pasniedzēja vai laboranta.

Iekārta uz laboratorijas galda jāizvieto tā, lai turpmāk būtu ērti izpildīt uzdevumu - mēraparāti un darba laikā regulējamie ķēdes elementi jānovieto tuvāk, neregulējamie elementi tālāk, uz galda jāatstāj vieta protokolam, nepieciešamajiem palīg līdzekļiem utt. Tikai pēc tam atsevišķus ķēdes elementus savieno ar vadiem.

Ja izmanto mēraparātus ar vairākiem mērapjomiem, nepieciešamais mērapjoms jāizvēlas, vadoties no pētāmās iekārtas nominālajiem datiem. Šaubīgos gadījumos jāizvēlas maksimālais mērapjoms. Nav vēlams darba izpildes gaitā mērapjomu mainīt. Saslēgtā shēma studentiem jāuzrāda pārbaudei pasniedzējam vai laborantam, un tikai ar viņa atļauju ķēdi drīkst pieslēgt barošanas avotam. Pēc katra pētījuma mēraparātu rādījumi jānolasa ar precizitāti līdz pusei no vismazākās skalas iedaļas. Digitālo mēraparātu rādījumi jāpieraksta ar visiem cipariem (arī nullēm skaitļa beigās).

Mērījumu rezultātus viens no studentiem ieraksta protokolā ar zīmuli. Uzņemot raksturliķnes, nedrīkst pārsniegt ķēdē ieslēgtās iekārtas nominālās strāvas un spriegumus. Darbu beidzot, mērījumu rezultātus uzrāda darbu vadītājam. Ja šie rezultāti tiek atzīti par apmierinošiem, visa brigāde tos ieraksta savos protokolos ar tinti. Pēc tam darbu vadītājs izdara atzīmi protokolā par darba izpildi un dod atļauju shēmu izjaukt. Pirms šīs atļaujas saņemšanas shēmu izjaukt nedrīkst, lai nepieciešamības gadījumā varētu mērījumus atkārtot.

4. Atskaites iesniegšana un darba ieskaitīšana

Katrs students raksta atskaiti par paveikto darbu protokola formulārā. Atskaitē jāparāda vajadzīgie aprēķini, jādod atbildes uz uzdevumā minētajiem jautājumiem, jāuzzīmē prasītie grafiki.

Atskaite jāpabeidz ar iegūto rezultātu analīzi. Vajadzības gadījumā jāsniedz norādījumi par to, kas jā dara, lai iegūtu labākus rezultātus.

Atskaite jānodod un jāaizstāv nākamajā laboratorijas nodarbībā. Ja darbu vadītājs atskaiti un aizstāvēšanu atzīst par apmierinošu, tad darbs tiek ieskaitīts.

Neapmierinoši uzrakstīta atskaite studentam jāizlabo vai jāpapildina un jānodod nākamajā laboratorijas nodarbībā vai pasniedzēja konsultācijas laikā.

5. Norādījumi par grafiku zīmēšanu

Grafiki jāzīmē uz A4 formāta milimetru papīra. Ja darbā pēta vairāku mainīgo atkarību no viena argumenta, tad visi grafiki jāzīmē vienā koordinātu sistēmā, lai būtu ērtāk tos salīdzināt. Jāievēro, ka uz abscisu ass var būt tikai viens lielums. Savukārt, uz ordinātu ass iespējams atlikt vairākus lielumus. Ja nepieciešami dažādi mērogi, tad var novilkt vairākas ordinātu asis vai mēroga skalas attēlot abās ass pusēs.

Zīmējot grafikus, vispirms jāsameklē vislielākā grafikā atliekamā skaitliskā vērtība un jāizvēlas mērogs. Tad uz ass jāizveido skala ar vienmērīgām iedaļām un tikai **pēc tam** var atlikt punktus.

Lai grafiskā sakarība būtu uzskatāma un varētu izdarīt pareizus secinājumus par līknes raksturu, koordinātu asīm **obligāti** jāsakas no nulles, bet ass sadalījumam jābūt vienmērīgam.

Izvēloties mērogu, jāievēro sekojošais:

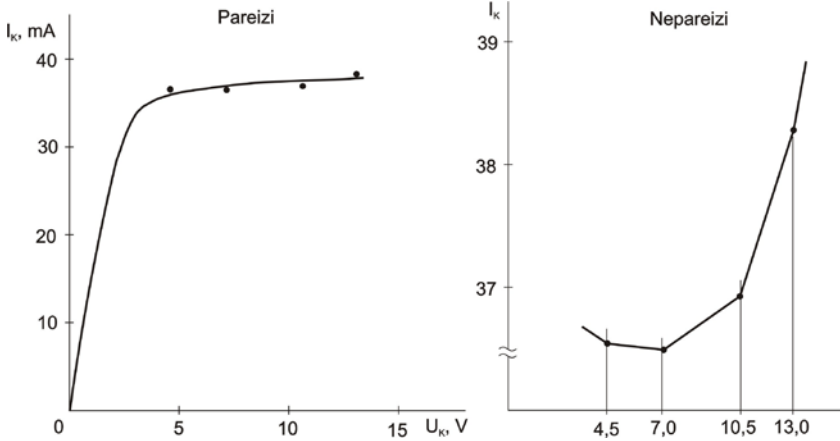
a) mērogam jābūt tādām, lai grafikā varētu atlikt visus eksperimentālos punktus. Tādēļ vispirms eksperimentālajos datos jāsameklē vislielākā atliekamā vērtība;

b) mērogam jābūt vienkāršam, lai, atliekot punktus, navajadzētu izdarīt papildu aprēķinus. Ieteicams uz koordinātu asīm lieluma mērvienību (vai 0,1, 10, 100 utt. vienības) attēlot ar 10, 20, 25 vai 50 mm gariem nogriežņiem. Citi mērogi parasti ir ļoti neērti un tādēļ nav izmantojami;

c) mērogus vēlams piemeklēt tādus, lai abas asis būtu aptuveni vienādā garumā – slikti izskatās grafiks, kas ir stipri izstiepts horizontālajā vai vertikālajā virzienā.

Uz koordinātu asīm jāatliek vienmērīgas iedaļas pēc katrām (1, 2 vai 5) $\cdot 10^n$ mērvienībām (n – pozitīvs vai negatīvs vesels skaitlis). Tātad vienas iedaļas vērtība nedrīkst būt 30, 0,075, 0,25, 400 utt.

Grafikos jāatzīmē visi eksperimentālie punkti (to skaitā arī tie, kuri dažādu iemeslu dēļ izkrīt no vispārējās likumsakarības). Ja teorētiski grafikam jābūt lineāram, tad to ieteicams novilkt kā taisni, kaut arī daži punkti neatrodas precīzi uz tās.



1. zīm. Pareizi un nepareizi uzzīmētu grafiku piemēri

Pareizi un nepareizi uzzīmētu grafiku piemēri parādīti 1. zīmējumā. Kaut arī abi grafiki attēlo **vienu un to pašu sakarību**, līknes ļoti būtiski atšķiras, un secinājumi par to raksturu būs dažādi.

Otrajā grafikā uz abscisu ass nav norādīts atliktais lielums un tā mērvienība, uz ordinātu ass – mērvienība. Mēroga iedaļas uz abscisu ass nav vienmērīgas. Ordinātu ass nesākas no nulles – tā pārrauta. Novilkta nevajadzīgas vertikālas līnijas, kas atbilst eksperimentā nolasītajām strāvas vērtībām. Līkne nav gluda, bet veidota no taisņu nogriežņiem.

DROŠĪBAS TEHNIKAS INSTRUKCIJA

1. Vispārīgās prasības

1.1. Laboratorijas darbus drīkst strādāt tikai tie studenti, kuri iepazīstināti ar šo instrukciju. Instrukcijas prasību nepildīšanas gadījumā studentus brīdina vai arī nepielaiž turpmākajā darbā.

1.2. Studentiem šo instrukciju paskaidro pirmajā laboratorijas nodarbībā, kā arī, ja pārkāptas instrukcijas prasības. Par instrukcijas saņemšanu studenti parakstās drošības tehnikas instruktāžu žurnālā.

1.3. Nepieciešamības gadījumā atsevišķu darbu izpildei studentus instruē papildus.

2. Pirms darba

2.1. Nesākot slēgt shēmu, jāpārlicinās, vai visi barošanas avotu slēdži ir atslēgti.

2.2. Shēmas slēgšanai jālieto vadi ar nebojātu izolāciju un ar labi pielodētiem uzgaļiem vai tapiņām.

2.3. Saslēgtā shēma obligāti jāpārbauda pasniedzējam vai laborantam. Bez pasniedzēja vai laboranta atļaujas shēmu pieslēgt spriegumam aizliegts.

3. Darba laikā

3.1. Visi brigādes locekļi jābrīdina par sprieguma pieslēgšanu.

3.2. Pēc sprieguma pieslēgšanas studentiem aizliegts:

a) pieskarties shēmā ieslēgto ierīču un aparātu neizolētajām daļām;

b) izdarīt shēmā pārslēgumus vai aparātu nomaiņu (ja tas nepieciešams, vispirms jāatslēdz barošana);

c) atstāt darba vietu bez uzraudzības.

3.3. Ja darba laikā shēmu izmaina, tad spriegumu no jauna drīkst pieslēgt tikai pēc tam, kad saņemta atkārtota pasniedzēja vai laboranta atļauja.

3.4. Avārijas gadījumos, kā arī tad, ja tīklā pazūd spriegums, nekavējoties jāatslēdz darba vietas slēdzis. Par notikušo jāziņo pasniedzējam.

4. Darbu beidzot

4.1. Pēc mērījumu pabeigšanas tūdaļ jāatslēdz darba vietas slēdzis, bet laboratorijas autotransformatora rokturis jānostāda "0" stāvoklī.

4.2. Shēmas izjaukšanai jāsaņem pasniedzēja atļauja.

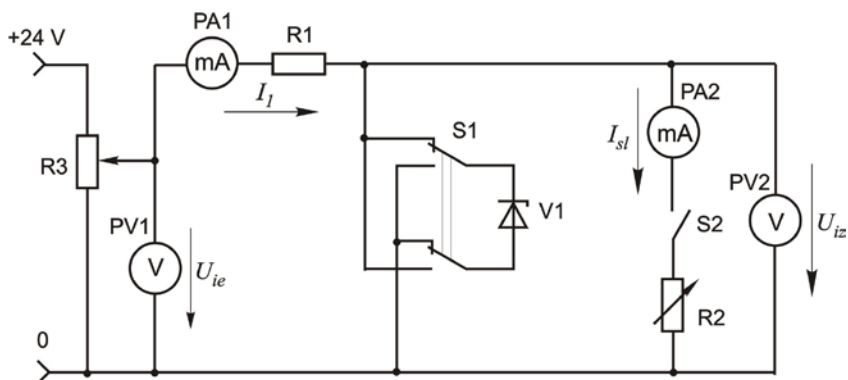
1. darbs

SPRIEGUMA STABILIZATORS

1. Darba mērķis

Iepazīties ar stabilitrona raksturlielumiem un izpētīt tā darbu sprieguma stabilizācijas shēmā.

2. Laboratorijas iekārtas apraksts



2. zīm. Shēma stabilitrona un sprieguma stabilizatora pētīšanai

Iekārtas shēma attēlota 2. zīmējumā. Visi elementi, izņemot mēraparātus, izvietoti uz paneļa. Ieejas spriegumu regulē ar potenciometru R3. Ar pārslēgu S1 var mainīt stabilitrона V1 pievadītā sprieguma polaritāti. Uzņemot stabilitrона voltampēru raksturlielumi, slodzes rezistoru R2 atslēdz ar slēdzi S2. Ieejas un izejas spriegumus U_{ie} un U_{iz} mēra ar ciparu voltmetriem. Pārējos lielumus – strāvu I_1 balasta rezistorā R1 un slodzes strāvu I_{sl} rezistorā R2 var mērīt arī ar magnētelektriskās sistēmas mēraparātiem.

3. Iepriekšējā sagatavošanās

3.1. Izstudēt pusvadītāju stabilitrona uzbūvi un darbības principu.

3.2. Uzzīmēt stabilitrona voltampēru raksturliķni un noskaidrot, kā no tās var noteikt stabilitrona parametrus - stabilizācijas spriegumu U_z un diferenciālo pretestību R_d . Uzrakstīt formulu diferenciālās pretestības aprēķinam.

3.3. Iepazīties ar stabilizatora slēguma shēmu (2. zīm.) un noskaidrot tās elementu nozīmi. Noskaidrot sprieguma stabilizatora darbības principu, ja mainās ieejas spriegums U_{ie} , kā arī, ja nemainīga ieejas sprieguma gadījumā mainās slodzes strāva I_{sl} .

3.4. Uzzīmēt sakarību $U_{iz} = f(U_{ie})$, ja $R_2 = \text{const}$. Izdomāt, kā jāriķojas, lai no tās noteiktu stabilizācijas koeficientu.

3.5. Pieņemot, ka strāva stabilitronā vienāda ar nulli (sk. 5. punktu), uzrakstīt sakarības $U_{iz} = f(I_{sl})$ vienādojumu un uzzīmēt šo sakarību. Izdomāt, kā izmainīsies iegūtais grafiks, ja stabilitrons nonāks sprieguma stabilizācijas režīmā.

3.6. Uzrakstīt formulu balasta rezistora pretestības R_I aprēķinam.

4. Darba uzdevums

4.1. Iepazīties ar pētāmā stabilitrona tehniskajiem datiem un ierakstīt tos protokolā.

4.2. Saslēgt ķēdi saskaņā ar 2. zīmējumu.

4.3. Uzņemt stabilitrona voltampēru raksturliķni, ja tam pielikts caurlaides virziens spriegums un sprostsprriegums. Slēdzim S2 jābūt **atslēgtam**. Mērījumu rezultātus ierakstīt 1. tabulā.

1. tabula

Voltampēru raksturlīkne						
Nr. p.k.	Caurlaides virziens			Sprostviriens		
	U_{iz}	I_l		U_{iz}	I_l	
		c=			c=	
	V	ied.	mA	V	ied.	mA

4.4. Uzņemt stabilitrona izejas sprieguma atkarību no ieejas sprieguma $U_{iz} = f(U_{ie})$ pie nemainīgas slodzes pretestības R_2 . Mērījumu rezultātus ierakstīt 2. tabulā.

2. tabula

Sakarība $U_{iz} = f(U_{ie})$

Nr. p.k.	U_{ie}	U_{iz}
	V	V

4.5. Ieregulēt $U_{ie} = 15 + \frac{M}{2}$ (V), kur M - studenta apliecības numura

priekšpēdējais cipars. Uzņemt sakarību $U_{iz} = f(I_{sl})$. Mērījumu rezultātus ierakstīt 3. tabulā.

3. tabula

Sakarība $U_{iz} = f(I_{sl})$

Nr. p.k.	U_{ie}	I_{sl}		U_{iz}
		c=		
	V	ied.	mA	V

4.6. Uzzīmēt stabilitrona voltampēru raksturlīkni $I_l = f(U_{iz})$ un, to izmantojot, noteikt stabilitrona parametrus - stabilizācijas spriegumu U_z un diferenciālo pretestību R_d .

4.7. Uzzīmēt sprieguma stabilizatora izejas sprieguma atkarību no ieejas sprieguma $U_{iz} = f(U_{ie})$ un noteikt stabilizācijas koeficientu.

4.8. Uzzīmēt sakarības $U_{iz} = f(I_{sl})$ grafiku. Izmantojot šo grafiku, izrēķināt balasta rezistora R1 pretestību. Noteikt maksimālo slodzes strāvu, pie kuras vēl iespējama sprieguma stabilizācija.

5. Norādījumi un metodiskas rekomendācijas

Stabilitronam sasilstot, tā stabilizācijas spriegums nedaudz palielinās. Tādēļ, lai iegūtu stabilākus izejas voltmetra PV2 rādījumus, ieteicams pēc sprieguma pieslēgšanas ieregulēt maksimālo ieejas spriegumu un dažas minūtes sasilst stabilitronu.

Diferenciālo pretestību nosaka voltampēru raksturliķnes sprostvirziena zaram. Sakarības $U_{iz} = f(U_{ie})$ un $U_{iz} = f(I_{sl})$ arī uzņem, pievadot stabilitronam sprostsprigumu. Sprieguma polaritāti var noteikt, salīdzinot izejas spriegumus abos pārslēga S1 stāvokļos.

Stabilizācijas koeficientu var noteikt, izvēloties līknes $U_{iz} = f(U_{ie})$ **līzenajā daļā** (kur izejas spriegums mainās maz) divus punktus – 1 un 2:

$$K_{st} = \frac{\frac{\Delta U_{ie}}{U_{ie \text{ vid}}}}{\frac{\Delta U_{iz}}{U_{iz \text{ vid}}}} = \frac{(U_{ie1} - U_{ie2})(U_{iz1} + U_{iz2})}{(U_{ie1} + U_{ie2})(U_{iz1} - U_{iz2})}$$

kur ΔU_{ie} un ΔU_{iz} - ieejas un izejas spriegumu izmaiņas; $U_{ie \text{ vid}}$ un $U_{iz \text{ vid}}$ - vidējais ieejas un izejas spriegums izvēlētajā līknes $U_{iz} = f(U_{ie})$ posmā.

Izpildot 4.8. punktu, var pieņemt, ka gadījumā, kad stabilitrons vairs nespēj uzturēt izejā praktiski nemainīgu spriegumu (t.i., kad pretestībai R_2 samazinoties, slodzes režīms tuvojas īsslēgumam), strāva stabilitronā ir tik maza, ka to var neievērot. Tad sakarības $U_{iz} = f(I_{sl})$ slīpums ir atkarīgs no balasta rezistora R1 pretestības.

6. Kontroles jautājumi

- 6.1. Ko sauc par p-n pāreju?
- 6.2. Paskaidrojiet pusvadītāju stabilitrona voltampēru raksturliķni!
- 6.3. Kuru stabilitrona voltampēru raksturliķnes zaru izmanto sprieguma stabilizēšanai?
- 6.4. Kādēļ sprieguma stabilizatora shēma satur balasta rezistoru R1?

- 6.5. Kā strādā sprieguma stabilizators?
- 6.6. Kā noteikt stabilitrona diferenciālo pretestību?
- 6.7. Kādu stabilitronu labāk izmantot sprieguma stabilizēšanai - ar lielāku vai mazāku diferenciālo pretestību?
- 6.8. Kāds stabilitrona režīms aplūkojamajā shēmā ir smagāks - ar lielāku vai mazāku slodzes strāvu?
- 6.9. Pie kādas polaritātes spriegums uz stabilitrona ir lielāks - pie caurlaides vai sprostvirziena?
- 6.10. Ar ko stabilitrons atšķiras no citām pusvadītāju diodēm?

2. darbs

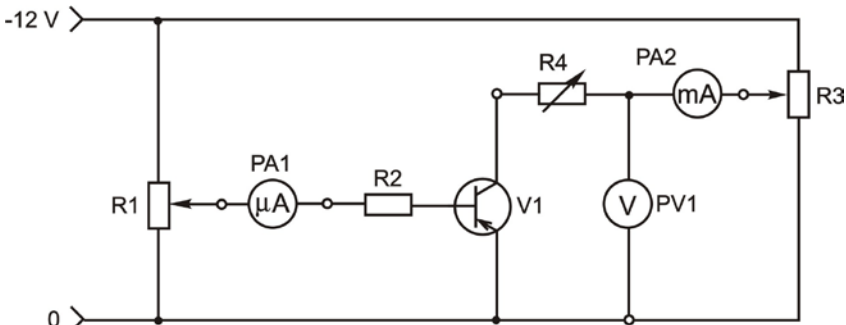
BIPOLĀRAIS TRANZISTORS

1. Darba mērķis

Uzņemt bipolārā tranzistora izejas raksturlīknes un noteikt tā parametrus. Izpētīt tranzistora darbību kopemitera slēgumā ar nemainīgu kolektora slodzi.

2. Laboratorijas iekārtas apraksts

Uz paneļa uzmontēts p-n-p tranzistors V1, rezistors R2 bāzes strāvas ierobežošanai un maiņrezistori R1 un R3 potenciometra slēgumā bāzes strāvas un kolektora sprieguma regulēšanai (3. zīm.). Mēraparātus un rezistoru magazīnu R4 pieslēdz pie atbilstošajām spailēm.



3. zīm. Slēguma shēma tranzistora pētīšanai

3. Iepriekšējā sagatavošanās

- 3.1. Izstudēt bipolārā tranzistora uzbūvi un darbības principu.
- 3.2. Pārdomāt kopemitera shēmā slēgta tranzistora izejas raksturlīkņu uzņemšanas metodiku. Uzzīmēt šīs raksturlīknes.
- 3.3. Izstudēt tādu elektrisko ķēžu grafiskās analīzes metodi, kurās virknē slēgti lineārs un nelineārs rezistors.
- 3.4. Pārdomāt uzdevuma 4.4. punkta izpildes kārtību. Papildināt 3.2. punktā uzzīmētās tranzistora raksturlīknes ar slodzes līniju.
- 3.5. Uzrakstīt formulas strāvas pārvades koeficientu β (h_{21E}) un α (h_{21B}) aprēķinam.

4. Darba uzdevums.

- 4.1. Iepazīties ar tranzistora pasēs datiem un ierakstīt tos protokolā.
- 4.2. Uzņemt izejas raksturlīknes $I_K = f(U_K)$ pie vairākām bāzes strāvām, ja $R_4 = 0$. Mērījumu rezultātus ierakstīt 4. tabulā.

4. tabula

Izejas raksturlīknes

Nr. p.k.	$I_B = \quad \mu\text{A}$			$I_B = \quad \mu\text{A}$			$I_B = \quad \mu\text{A}$		
	U_K	I_K		U_K	I_K		U_K	I_K	
		c=			c=			c=	
	V	ied.	mA	V	ied.	mA	V	ied.	mA

- 4.3. Izpētīt tranzistora darbību ar kolektora ķēdē ieslēgtu pretestību. Šajā nolūkā izvēlēties kolektora barošanas avota EDS

$$E_K = 5 + N/2 \quad (\text{V})$$

un kolektora ķēdē ieslēgtu pretestību

$$R_4 = \frac{E_K}{I_{K \max}(1 - 0,03 \cdot M)} \quad (\Omega),$$

kur M - studenta apliecības numura **priekšpēdējais** cipars;

N - studenta apliecības numura **pēdējais** cipars;

$I_{K \max}$ - 4.2. punktā izmēritā maksimālā kolektora strāva.

Izmērit kolektora strāvu pie visām 4.2. punktā izmantotajām bāzes strāvām. Mērījumu rezultātus ierakstīt 5. tabulā.

5. tabula

Nr. p.k.	R_4	E_K	I_B	I_K		I_K
				c=		teor.
	Ω	V	μA	ied.	mA	mA

4.4. Uzzīmēt izejas raksturlīknes un uzkonstruēt slodzes līniju, kas atbilst 4.3. punktā noteiktajām E_K un R_4 vērtībām. Grafiski noteikt teorētisko kolektora strāvu pie visām bāzes strāvām. Rezultātus ierakstīt 5. tabulā.

4.5. Izmantojot 4.4. punktā iegūtās tranzistora izejas raksturlīknes, noteikt strāvas pārvades koeficientu kopemitera slēgumam β pie kolektora sprieguma $U_K = 5 + N/2$ (V). Iegūto β vērtību salīdzināt ar tranzistora pases datiem.

4.6. Izrēķināt strāvas pārvades koeficientu kopbāzes shēmai α .

5. Norādījumi un metodiskas rekomendācijas

Uzņemot tranzistora izejas raksturlīknes, bāzes strāvas jāizvēlas tā, lai to pieaugumi būtu vienādi, t.i., $I_{B2} - I_{B1} = I_{B3} - I_{B2}$ utt. Jāievēro, ka raksturlīknēm ir stāvais posms, kurā spriegums ir neliels, un lēzenais posms, kurā strāva mainās relatīvi maz. Katrā raksturlīknes posmā, kā arī lūzuma punkta tuvumā vajag uzņemt ne mazāk kā trīs punktus. Raksturlīknes uzņemot, kolektora spriegums jāmaina no nulles līdz maksimāli iespējamam.

Izdarot mērījumus ar kolektora ķēdē ieslēgtu rezistīvu slodzi (4.3. punkts), jāievēro, ka voltmetra PV1 rādījumi ir atkarīgi no kolektora strāvas sakarā ar sprieguma kritumu potenciometra R3 pretestībā. Ieteicams vispirms kolektora ķēdē ieslēgt uzdoto pretestību R_4 , pēc tam iestādīt pirmo bāzes strāvu un ieregulēt uzdoto spriegumu E_K . Izdarot mērījumus pie citām bāzes strāvām, spriegums E_K jāieregulē no jauna.

6. Kontroles jautājumi

- 6.1. Paskaidrojiet bipolārā tranzistora uzbūvi un darbības principu!
- 6.2. Kādas aptuveni var būt strāvas pārvades koeficientu h_{21E} un h_{21B} vērtības?
- 6.3. Kā bāzes strāva iespaido tranzistora izejas raksturliķni?
- 6.4. Kāds lielums jāmaina, uzņemot kopemitera shēmā slēgta tranzistora izejas raksturliķni?
- 6.5. Ko sauc par kolektora sproststrāvu? Kā to ietekmē temperatūra?
- 6.6. Ko sauc par slodzes līniju? Kādam nolūkam to zīmē tranzistora izejas raksturliķnēs?
- 6.7. Kādi lielumi jāzina, lai uzkonstruētu slodzes līniju?
- 6.8. Kas jāizmaina laboratorijas iekārtā, lai pētītu n-p-n tipa tranzistoru?
- 6.9. Kādas ir sakarības starp tranzistora strāvām?

3. darbs

LAUKTRANZISTORS AR IZOLĒTO AIZVARU

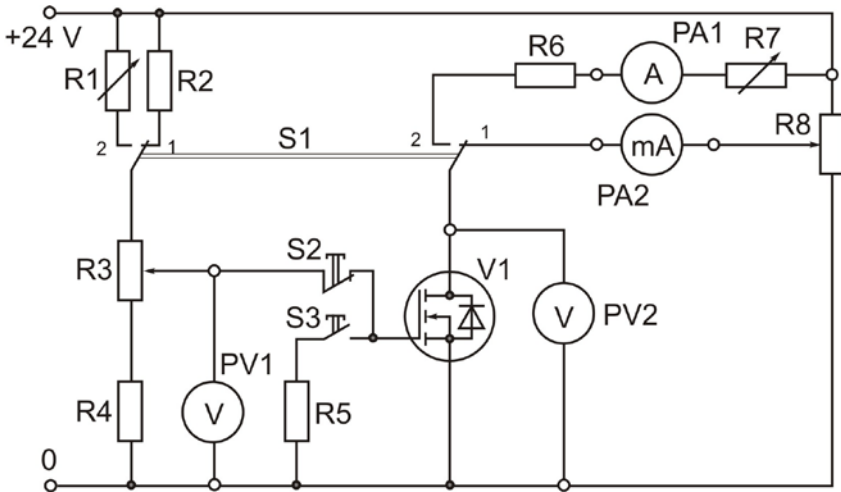
1. Darba mērķis

Integrālai pusvadītāja ierīcei, kas satur MOSFET tipa tranzistoru ar inducēto kanālu un reversīvo diodi, uzņemt raksturliķnes un noteikt galvenos parametrus.

2. Laboratorijas iekārtas apraksts

Visi iekārtas elementi (4. zīm), izņemot mēraparātus un ārējās slodzes reostatu R7, uzmontēti uz paneļa. Slēdža S1 1. stāvoklī uzņem

lauktranzistora izejas raksturliķnes. Noteces spriegumu U_D regulē ar potenciometru R8 un mēra ar ciparu voltmetru PV2. Noteces strāvu I_D mēra ar magnētelektriskās sistēmas vai ciparu miliampērmetru PA2.



4. zīm. Slēguma shēma ierīces pētīšanai

Aizvara spriegumu U_G ieregulē ar potenciometru R3. Nospiežot normāli ieslēgto pašatgriezes slēdzi (spiedpogu) S2, var pārtraukt aizvara ķēdi. Aizvara kapacitātes izlādēšanai paredzēts normāli atslēgts pašatgriezes slēdzis S3.

Slēdža S1 2. stāvoklī uzņem tranzistora noteces-aizvara raksturliķni, mērot noteces strāvu ar ampērmetru PA1. Strāvas maksimālo vērtību uzstāda ar ārējo reostatu R7, kas ieslēgts virknē ar paneļa iekšējo nemainīgo rezistoru R6. Slēdža S1 2. stāvoklī aizvara spriegumu var uzstādīt ar mainīgo rezistoru R1 plašākās robežās un ar potenciometru R3 – šaurākā diapazonā.

Ierīces struktūras reversīvo diodi arī pēta slēdža S1 2. stāvoklī, izmainot pievadītā barošanas sprieguma un mēraparātu pieslēgšanas polaritāti. Diodes strāvu atvērtā stāvoklī uzstāda ar reostatu R7.

3. Iepriekšējā sagatavošanās

3.1. Izstudēt lauktranzistora ar inducēto kanālu uzbūvi un darbības principu.

3.2. Pārdomāt kopizteces shēmā slēgta lauktranzistora izejas raksturliķņu uzņemšanas metodiku. Uzzīmēt šīs raksturliķnes vispārīgā veidā.

3.3. Pārdomāt 4.3. punkta izpildes kārtību. Uzzīmēt noteces-aizvara raksturliķņu formu.

3.4. Uzrakstīt formulas noteces-aizvara raksturliķnes stāvuma un kanāla pretestības atvērtā stāvoklī aprēķinam.

3.5. Izstudēt atvērtas diodes voltampēru raksturliķnes zara aproksimācijas metodi, noteicot sliekšņa spriegumu U_0 un diferenciālo pretestību R_{dif} .

4. Darba uzdevums

4.1. Iepazīties ar ierīces pasas datiem un ierakstīt tos protokolā.

4.2. Uzņemt lauktranzistora izejas raksturliķnes $I_D = f(U_D)$ pie četrām aizvara sprieguma vērtībām. Mērījumu rezultātus ierakstīt 6. tabulā.

6. tabula

Lauktranzistora izejas raksturliķnes

Nr. p.k.	$U_G = \quad \text{V}$			$U_G = \quad \text{V}$			$U_G = \quad \text{V}$			$U_G = \quad \text{V}$		
	U_D		I_D	U_D		I_D	U_D		I_D	U_D		I_D
	c=			c=			c=			c=		
	V	ied.	mA	V	ied.	mA	V	ied.	mA	V	ied.	mA

4.3. Ieslēgt slēdzi S1 2. stāvoklī. Uzņemt lauktranzistora noteces-aizvara raksturliķnes $I_D = f(U_G)$ un $U_D = f(U_G)$. Mērījumu rezultātus ierakstīt 7. tabulā.

7. tabula

Lauktranzistora noteces-aizvara raksturlīknes

Nr.	U_G	I_D		U_D
p.k.		C=		
	V	ied.	A	V

4.4. Uzņemt ierīces reversīvās diodes voltampēru raksturlīknes caurlaides zaru, mainot strāvu ar rezistoru R7. Mērījumu rezultātus ierakstīt 8. tabulā.

8. tabula

Reversīvās diodes voltampēru raksturlīkne

Nr.	I_F		U_F
p.k.	C=		
	ied.	A	V

4.5. Uzzīmēt vienā koordinātu sistēmā lauktranzistora izejas raksturlīkņu saimi.

4.6. Uzzīmēt vienā koordinātu sistēmā lauktranzistora abas noteces-aizvara raksturlīknes $I_D = f(U_G)$ un $U_D = f(U_G)$. Noteikt stāvuma maksimālo vērtību S_{max} . Piesātinājuma režīmam izrēķināt kanāla pretestību.

4.7. Uzzīmēt ierīces reversīvās diodes voltampēru raksturlīkni caurlaides virzienā. Noteikt tās aproksimācijas parametrus U_0 un R_{dif} .

5. Norādījumi un metodiskas rekomendācijas

Uzņemot izejas raksturlīknes (pārslēgs S1 1. stāvoklī), jāuzstāda spriegums $U_D \approx 15$ V. Ar potenciometru R3 uzstāda vislielāko iespējamo aizvara spriegumu U_G un veic dažus mērījumus, sākot no I_{Dmax} , ar potenciometru R8 samazinot spriegumu U_D .

Pēc tam atkal pie $U_D \approx 15$ V ieregulē tādu aizvara spriegumu U_G , lai noteces strāva būtu apmēram $0,75 I_{Dmax}$, un uzņem nākošo raksturlīkni. Pārējās raksturlīknes uzņem apmēram pie $0,5 I_{Dmax}$ un $0,25 I_{Dmax}$.

Pārliecināties, ka nospiežot reizē abas pogas S2 un S3, aizvara kapacitāte izlādējas un strāva I_D izzūd.

Uzņemot noteces-aizvara raksturliķni (pārslēgs S1 2. stāvoklī), ārējās slodzes reostatu R7 nostāda pasniedzēja norādītā stāvoklī. Pirmo punktu ieteicams uzņemt pie $U_{G\ max}$, uzstādot to ar rezistoriem R1 un R3. Pārliecināties, ka nospiežot pogu S2 (pārtraucot aizvara ķēdi), tranzistora piesātinājuma režīms saglabājas, bet nospiežot arī pogu S3 (izlādējot aizvaru), tranzistors pāriet nogriešanas režīmā. Atlaižot abas pogas, atkal iestājas piesātinājuma režīms.

Pēc tam ar tiem pašiem regulatoriem (sākumā ar R1, precīzāk ar R3) ieregulē tādu aizvara spriegumu, lai tranzistora režīms būtu uz robežas starp piesātinājuma un aktīvo režīmu (strāva I_D sāk samazināties). Turpmāk, ar R1 un R3 samazinot aizvara spriegumu U_G līdz minimālajai vērtībai, uzņem 4-5 punktus tranzistora aktīvajā režīmā.

6. Kontroles jautājumi

6.1. Paskaidrot MOSFET struktūras ar izolēto aizvaru uzbūvi un darbības principu.

6.2. Kādam darba režīmam – aktīvam vai slēdža – ir labāk piemērots MOSFET tranzistors ar inducēto kanālu?

6.3. Kāda nozīme ir noteces-aizvara raksturliķnes stāvumam?

6.4. Novērtēt MOSFET kopizteces slēguma ieejas pretestību un jaudas patēriņu no vadības signāla avota.

6.5. Kādam nolūkam elektroniskās iekārtās izmanto reversīvo diodi MOSFET tranzistora struktūrā?

6.6. Kāda ir temperatūras ietekme uz tranzistora strāvu vadošā kanāla pretestību?

6.7. Novērtēt elektroniskā slēdža uz MOSFET tranzistora bāzes priekšrocības salīdzinājumā ar lielas jaudas bipolārā tranzistora slēdzi.

6.8. Kāpēc nedrīkst MOSFET tranzistoram ar pieslēgtu barošanas avotu noteces ķēdē atstāt nepievienotu aizvara izvadu?

6.9. Kas notiks, ja vadības signālu aizvaram pievadīs ar pretēju sprieguma polaritāti?

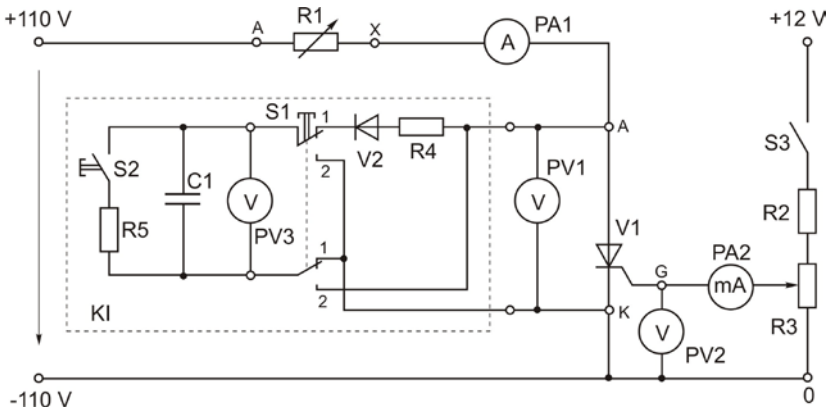
4. darbs

TIRISTORS

1. Darba mērķis

Iepazīties ar tiristora darbības īpatnībām un tā parametriem.

2. Laboratorijas iekārtas apraksts



5. zīm. Slēguma shēma tiristora pētīšanai

Pētāmā tiristora V1 (5. zīm.) anoda ķēdi baro no 110 V līdzstrāvas tīkla. Kā mainīgo slodzi izmanto spuldžu reostatu R1. Tiristora anoda strāvu mēra ar magnētelektriskās sistēmas ampērmetru PA1, bet anoda spriegumu — ar ciparu voltmetru PV1. Tiristora vadības strāvu, ieslēdzot S3, regulē ar potenciometru R3 un mēra ar magnētelektrisko miliampērmetru PA2. Vadības elektroda spriegumu mēra ar ciparu voltmetru PV2.

Izslēgšanas procesa izpētei paralēli tiristora anoda-katoda izvadiem pieslēdz komutācijas iekārtu (KI), kas satur kondensatoru C1, tā uzlādes ķēdi R4, V2, izlādes ķēdi S2, R5 un pārslēgu S1 (pašatgriezes pogu). Pārslēga normālais stāvoklis 1 atbilst kondensatora uzlādes režīmam. Nospiežot pogu (2. stāvoklis), uzlādēta kondensatora spriegums tiek pielikts strāvu vadošam tiristoram sprostvirzienā.

Sprieguma uz komutējošā kondensatora U_C mērīšanai izmanto ciparu voltmetru PV3. Uzlādēta kondensatora sprieguma samazināšanai (pirms komutācijas, t.i. pie atvērta tiristora V1) īslaicīgi nospiež pogu S2, daļēji izlādējot kondensatoru (sk. p. 5).

3. Iepriekšējā sagatavošanās

3.1. Izstudēt tiristora uzbūvi, darbības principu, parametrus un raksturlīknes. Uzzīmēt voltampēru raksturlīkni.

3.2. Pārdomāt uzdevuma eksperimentālās daļas veikšanas kārtību.

3.3. Uzrakstīt formulas prasītiem aprēķiniem.

4. Darba uzdevums

4.1. Iepazīties ar pētāmā tiristora tehniskajiem datiem un ierakstīt tos protokolā.

4.2. Noteikt un ierakstīt 9. tabulā minimālo vadības spriegumu $U_{G\min}$ un minimālo vadības strāvu $I_{G\min}$, kas spēj atvērt tiristoru.

9. tabula

Minimālais vadības spriegums un strāva

Nr. p.k.	U_G	$I_{G\min}$	
		C=	
	V	ied.	mA

4.3. Uzņemt tiristora voltampēru raksturlīkni $I = f(U)$ atvērtā stāvoklī. Mērījumu rezultātus ierakstīt 10. tabulā.

10. tabula

Voltampēru raksturlīkne

Nr. p.k.	U	I	
		C=	
	V	ied.	A

4.4. Uzstādot pasniedzēja uzdoto slodzes strāvu, eksperimentāli noteikt minimālo spriegumu uz komutējošā kondensatora U_C , kas spēj izslēgt tiristoru. Rezultātus atzīmēt 11. tabulā.

11. tabula

Tiristora komutācija						
Nr. p.k.	U	C	I		U_C	Komutācija
			c=			ir (+) nav (-)
	V	μF	ied.	A	V	

4.5. Uzzīmēt tiristora voltampēru raksturliktņi atvērtā stāvoklī un, to izmantojot, noteikt tiristora parametrus — sliekšņa spriegumu U_0 un diferenciālo pretestību R_d .

4.6. Izrēķināt spriegumu uz atvērtā tiristora pie slodzes strāvas

$$I = 10 + \frac{xy}{2} \text{ (A)},$$

kur xy — skaitlis, kuru veido studenta apliecības numura divi pēdējie cipari.

4.7. Izrēķināt virknē ar tiristoru ieslēgta līdžstrāvas patērētāja jaudu, ja strāva noteikta, kā 4.6. punktā, bet avota spriegums

$$U = (50 + 5 \cdot N) \cdot K,$$

kur N — studenta apliecības numura pēdējais cipars;

K — tiristora klase pēc pieļaujamā sprieguma aizvērtā stāvoklī.

Izrēķināt šajā režīmā zudumu jaudu tiristorā un lietderības koeficientu.

4.8. Izmantojot 9. tabulas datus, noteikt, cik reizes iepriekšējā punktā atrastā patērētāja jauda ir lielāka par minimālo vadības ķēdes jaudu, kas pietiekama, lai tiristors atvērtos.

4.9. Izmantojot p. 4.4. noteikto minimālo spriegumu uz komutējošā kondensatora U_C , izrēķināt tiristora izslēgšanās laiku. Salīdzināt rezultātu ar tehniskajos datos doto vērtību.

5. Norādījumi un metodiskas rekomendācijas

Lai eksperimentāli noteiktu minimālo vadības strāvu, pie kuras tiristors atveras (4.2. punkts), pie ieslēgtas slodzes un anoda sprieguma ar potenciometru R3 palielina pakāpeniski, sākot no nulles, vadības ķēdes spriegumu un pieraksta to vadības spriegumu un strāvu, pie kuras tiristors atveras (t.i., parādās strāva anoda ķēdē). Ieteicams šo eksperimentu atkārtot vairākas reizes, katrā reizē sākumā pārtraucot anoda strāvu ar rokas slēdzi barošanas ķēdē 110 V.

Tiristora diferenciālo pretestību atvērtā stāvoklī (p. 4.5.) var noteikt kā sprieguma un strāvas izmaiņu attiecību. Tiristora voltampēru raksturlīkni var aproksimēt ar taisni, kuru apraksta vienādojums

$$U = U_0 + R_d I.$$

Sliekšņa spriegumu U_0 var noteikt kā spriegumu, pie kura $I=0$. Tādēļ sliekšņa sprieguma noteikšanai jāturpina eksperimentāli uzņemta voltampēru raksturlīkne, kamēr tā šķērso sprieguma asi.

Tiristora klase pēc abos virzienos pieļaujamā sprieguma aizvērtā stāvoklī norādīta tiristora marķējumā (simtos voltu). Bez tam apzīmējumā norāda arī maksimāli pieļaujamo strāvu (ampēros) caurlaides virzienā.

Tiristora izslēgšanās laika noteikšanai jāpiemeklē vismazākais kondensatora spriegums $U_{C\ min}$, kas ir pietiekams veiksmīgai komutācijai. Tas turpmāk atļauj aprēķināt laika vērtību diapazonu, kurā atrodas tiristora izslēgšanās laiks.

Komutācijas pārbaudi veic sekojošā kārtībā:

Pie ieslēgtas anoda ķēdes īslaicīgi padod ar slēdzi S3 vadības strāvu $I_G > I_{G\ min}$. Ar spuldžu reostata slēdžiem uzstāda pasniedzēja uzdoto anoda strāvas lielumu, turpmāk nemainot uzstādīto slodzi. Veiksmīgas komutācijas gadījumā tiristors izslēdzas, t.i. anoda strāva pazūd. Atkārtotai pārbaudei atkal ieslēdz tiristoru ar vadības strāvas impulsu un, īslaicīgi nospiežot pogu S2, daļēji izlādē kondensatoru, pazeminot spriegumu U_C . Neveiksmīgas komutācijas gadījumā tiristors neizslēdzas, un nākošai pārbaudei visa iekārta jāizslēdz ar rokas slēdzi 110 V tīklā.

Protams, ka nākošam pētījumam jābūt jau pie lielāka sprieguma U_C . Zinot $U_{C\ min}$, izslēgšanās laiku aprēķina pēc izteiksmes

$$t_{izsl} = \frac{CU}{I} \cdot \ln \left(1 + \frac{U_{C\ min}}{U} \right),$$

kur U - anoda ķēdes barošanas spriegums;
 $C = 2,0 \mu\text{F}$ - komutējošā kondensatora kapacitāte;
 I - pasniedzēja uzdotā tiristora strāva atvērtā stāvoklī.

6. Kontroles jautājumi

- 6.1. Paskaidrojiet tiristora struktūras uzbūvi.
- 6.2. Paskaidrojiet tiristora voltampēru raksturlielni.
- 6.3. Kā vadības strāva iespaido tiristora darbību?
- 6.4. Ko nozīmē tiristora vadības strāvas minimālā vērtība $I_{G \min}$, pētot tā ieslēgšanas procesu?
- 6.5. Ko sauc par tiristora ieslēgšanās spriegumu?
- 6.6. Kā var aizvērt tiristoru? Ko sauc par noturēšanas strāvu?
- 6.7. Kas notiks, ja brīdī, kad tiristors atvērts, izslēgs vadības strāvu?
- 6.8. Ar kādām īpašībām tiristors atšķiras no diodes un no tranzistora?
- 6.9. Paskaidrojiet tiristora dabiskās komutācijas būtību.
- 6.10. Paskaidrojiet tiristora mākslīgās komutācijas būtību.

5. darbs

OPTOELEKTRONISKAIS PĀRIS

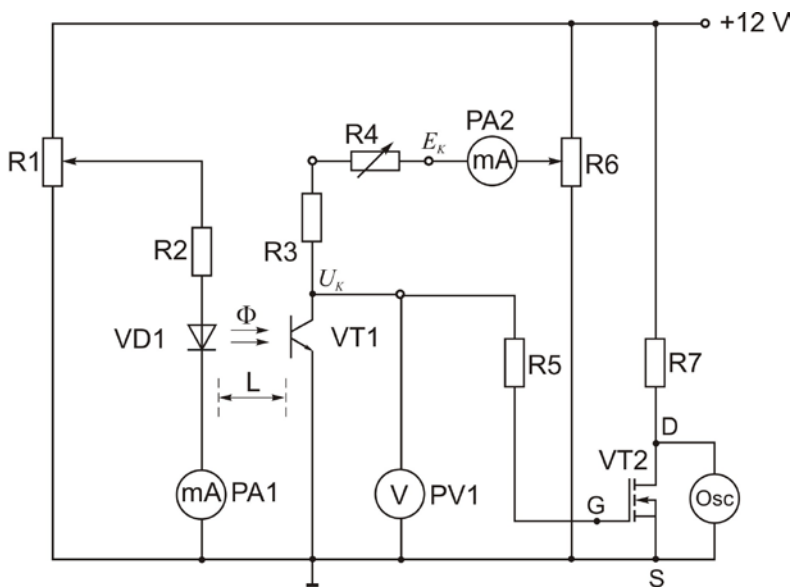
1. Darba mērķis

Apgūt optiskā kanāla veidošanu uz gaismas diodes un fototranzistora bāzes. Izpētīt optopāri dažādos režīmos, ņemot tā darbības raksturojošas sakarības.

2. Laboratorijas iekārtas apraksts

Optoelektronisko pāri 6. zīm. iekārtā sastāda infrasarkanā starojuma gaismas diode VD1 (gaismas signāla devējs) un fototranzistors VT1, kas arī paredzēts darbam gaismas infrasarkanajā diapazonā (gaismas signāla

uztvērējs). Attālums L starp starotāju un uztvērēju optiskajā kanālā ir regulējams ar bīdāmas plāksnītes palīdzību. Tranzistora ķēdi baro no 12 V līdzsprieguma avota. Gaismas diodes ķēdi, pētot optopāri statiskajos režīmos, arī baro no tā paša avota, regulējot strāvu ar potenciometru R1. Starotāja VD1 strāvu statiskajos režīmos mēra ar miliampērmētru PA1. Fototranzistora VT1 kolektora strāvu statiskajos režīmos mēra ar miliampērmētru PA2, bet kolektora ķēdes barošanas EDS E_k , regulējamu ar potenciometru R5, mēra ar universālo ciparu voltmetru PV1. Kolektora ķēdes slodzi veido rezistoru magazīna R4 kopā ar virknē slēgtu nemainīgu rezistoru R6, kas paredzēts, lai ierobežotu tranzistora strāvu pieļaujamā līmenī, regulējot R4.



6. zīm. Slēguma shēma optopāri pētīšanai.

Pētot optokanālu dinamiskajos režīmos, izmanto distancvadības TV pulti kā signāla starotāju. No uztvērēja VT1 iegūtais elektriskais impulsvēda signāls tiek pastiprināts ar MOSFET tranzistoru VT2. Tranzistora noteces spriegumu novēro ar oscilogrāfu.

3. Iepriekšējā sagatavošanās

3.1. Izstudēt gaismas diodes un fototranzistora uzbūvi un darbības principu.

3.2. Uzrakstīt formulu kolektora ķēdes pretestības R_6 aprēķinam pēc zināmas pretestības R_4 un izmērītām E_K , U_K un I_K vērtībām.

3.3. Pārdomāt eksperimentu izpildīšanas kārtību.

3.4. Uzzīmēt vispārīgā veidā grafikus sagaidāmajām sakarībām $I_K = f(L)$ un $U_K = f(L)$ pie $I_{VDI} = \text{const}$.

4. Darba uzdevums

4.1. Pieslēgt darba iekārtas panelim mērāparātus (bez oscilogrāfa), slodzes rezistoru magazīnu un barošanas avotu.

4.2. Uzstādīt tranzistora kolektora ķēdes barošanas EDS E_K un slodzes pretestības R_4 vērtības, tās izvēloties pēc studenta apliecības numura cipariem:

$$E_K = 5 + \frac{M}{2} \quad (V)$$
$$R_4 = \frac{100E_K}{1 - 0,04M} \quad (\Omega),$$

kur N – studenta apliecības numura **pēdējais** cipars,

M – studenta apliecības numura **priekšpēdējais** cipars,

4.3. Mainot attālumu starp gaismas diodi un fototranzistoru no 1 cm līdz maksimāli iespējamam, uzņemt raksturlīknes $I_K = f(L)$ un $U_K = f(L)$ pie trim gaismas diodes strāvas vērtībām. Mērījumu rezultātus ierakstīt 12. tabulā.

12. tabula

Optopāra statistiskais režīms $E_K =$ V ; $R_4 =$ Ω

Nr. p.k.	$I_{VDI} =$ mA			$I_{VDI} =$ mA			$I_{VDI} =$ mA					
	L	I_K	U_K	L	I_K	U_K	L	I_K	U_K			
	c=			c=			c=					
	cm	ied.	mA	V	cm	ied.	mA	V	cm	ied.	mA	V

4.4. Nostādīt bīdāmo fototranzistoru VT1 labajā malējā stāvoklī un padot tam optisko signālu sēriju no TV pults (nospiežot tās jebkuru pogu). Novērot uz oscilogrāfa ekrāna impulsu sēriju un izmērīt:

- kodēšanas frekvences pusperiodu $T_k / 2$ (kā visīsāko impulsa vai pauzes ilgumu impulsu sērijā);

- taktu periodu T_t (impulsu sērijas atkārtšanās laiku).

Iegūtos mērījumu rezultātus ierakstīt 13. tabulā.

13. tabula

Optopāra dinamiskais režīms

Nr. p.k.	$T_k / 2$		T_t		f_k	f_t
	c=		c=			
	ied.	ms	ied.	ms	kHz	Hz

4.5. Pēc 12. tabulas mērījumu rezultātiem attēlot grafiski fototranzistora raksturlīknes $I_K = f(L)$ un $U_K = f(L)$. Izrēķināt iekšējā balasta rezistora R6 pretestību.

4.6. Pēc 13. tabulas mērījumu rezultātiem izrēķināt izpētītās TV pults impulsu sērijas kodēšanas frekvenci f_k un taktu frekvenci f_t .

5. Norādījumi un metodiskas rekomendācijas

Aprēķinot rezistora R6 pretestību (p. 4.5), precīzākus rezultātus var iegūt fototranzistora aktīvajā režīmā. Tāpēc vajag izvēlēties $U_K = (0,3 - 0,5)E_K$.

Dinamiskā režīma pētījumos ieteicams sākumā uzstādīt oscilografa automātisko (periodisko) laika izvērsi, lai piemeklētu signālam piemēroto ieejas jūtību. Pēc tam, pārslēdzot izvērse režīmu uz sinhronizāciju no pētāmā signāla, uzstāda mērāmajam laika intervālam piemērotāko izvērse mērogu, ieregulējot arī uz ekrāna signāla stabīlo sinhronizāciju.

6. Kontroles jautājumi

- 6.1. Kāda ir p-n pārejas gaismas emisijas fizikālā būtība?.
- 6.2. Kādas polaritātes spriegums pieslēdzams gaismas diodei darba režīmā?
- 6.3. Ar kādām citām pusvadītāju ierīcēm veidojams optopāris?
- 6.4. Kāda ir gaismas signāla nozīme fototranzistora darba režīmā?
- 6.5. Kādam nolūkam veido optoelektronisko pāri (starotājs-uztvērējs) kopīgā elektroniskā ierīcē?
- 6.6. Kāpēc, pielietojot optoelektronisko kanālu elektrisko iekārtu distancvadībai, izmanto infrasarkanā diapazona izstarojumu?

6. darbs

TRANZISTORA MAIŅSPRIEGUMA PASTIPRINĀTĀJS

1. Darba mērķis

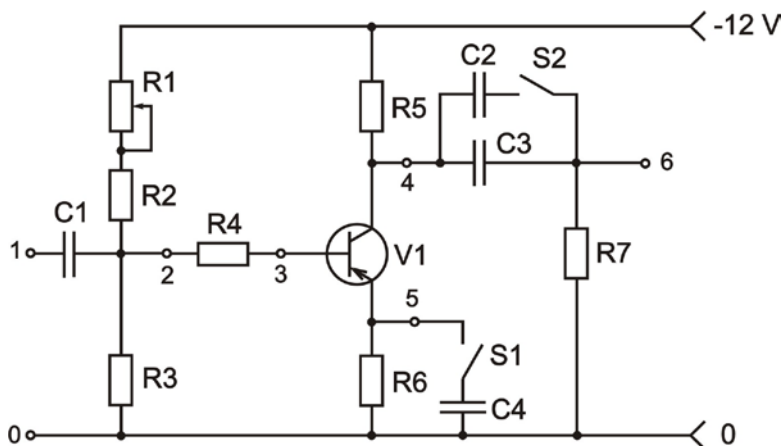
Izpētīt tranzistora sprieguma pastiprinātājpakāpes shēmu un tās darbību.

2. Laboratorijas iekārtas apraksts

Darbā tiek pētīts zemfrekvences tranzistora pastiprinātājs. Tranzistors V1 slēgts kopemitera slēgumā (7. zīm.). Visi shēmas elementi izvietoti uz paneļa. Pastiprināmo signālu ieejai 1 pievada no signālgeneratora. Ieejas

signāla spriegumu mēra ar voltmetru, kas iebūvēts ģeneratorā. Pastiprinātāja izejas spriegumu mēra ar ciparu voltmetru, ko pieslēdz paralēli slodzei R7. Lai izpētītu pastiprinātā signāla formu, pastiprinātāja izejai pieslēdz oscilogrāfu.

Kondensatoru C4, kurš šuntē rezistoru R6, var atslēgt ar slēdzi S1. Ar slēdzi S2 var mainīt atdalošā kondensatora kapacitāti. Izmainot maiņrezistora R1 pretestību, var regulēt pastiprinātājpakāpes līdzstrāvas režīmu.



7. zīm. Tranzistora pastiprinātāja shēma

3. Iepriekšējā sagatavošanās

3.1. Izstudēt tranzistora maiņsprieguma pastiprinātāja darbības principu. Pievērst uzmanību pastiprinātāja shēmas atsevišķo elementu nozīmei.

3.2. Uzzīmēt sagaidāmās pastiprinātāja amplitūdu un frekvenču raksturlīknes. Apdomāt, kādu iespaidu uz raksturlīknēm atstās pastiprinātāja parametru izmaiņa ar slēdžiem S1 un S2.

4. Darba uzdevums

4.1. Ieslēgt slēdzi S1 un pastiprinātāja ieejai pievadīt tādu signālu, lai izejas signāla spriegums būtu apmēram 1 V. Maiņrezistora R1 rokturi atstāt stāvoklī, kurā signāla nelineārie kropļojumi ir vismazākie.

4.2. Ieregulēt ieejas signāla frekvenci 1000 Hz un uzņemt amplitūdu raksturīknes $U_{iz} = f(U_{ie})$ divos gadījumos:

- emitera ķēdē ieslēgts tikai rezistors R6;
- rezistors R6 šuntēts ar kondensatoru C4.

Mērījumu rezultātus ierakstīt 14. tabulā. Noteikt un atzīmēt tabulā maksimālo ieejas spriegumu, pie kura vēl nerodas manāmi izejas signāla nelineārie kropļojumi.

14. tabula

Amplitūdu raksturīknes

Nr. p.k.	R6			R6,C4		
	U_{ie}	U_{iz}	K	U_{ie}	U_{iz}	K
	mV	mV		mV	mV	

4.3. Uzņemt amplitūdas-frekvenču raksturīknes $K = \varphi(f)$ ar divām atdalošā kondensatora kapacitātēm. Mērījumu rezultātus ierakstīt 15. tabulā.

15. tabula

Amplitūdas-frekvenču raksturīknes

Nr. p.k.	f Hz	$lg f$	C3			C2+C3		
			U_{ie}	U_{iz}	K	U_{ie}	U_{iz}	K
			mV	mV		mV	mV	

4.4. Izmantojot 14. tabulas datus, uzzīmēt vienā mērogā abas amplitūdu raksturīknes. Secinājumos izskaidrot to raksturu un atšķirību cēloni.

4.5. Izmantojot 15. tabulas datus, izrēķināt I_{gf} un pastiprinājuma koeficientu K . Uzzīmēt amplitūdas-frekvenču raksturlīknes $K = \varphi(I_{gf})$. Izkaidrot šo raksturlīkņu īpatnības un atšķirības.

4.6. Noteikt pastiprinātāja frekvenču caurlaides joslu.

5. Norādījumi un metodiskas rekomendācijas

Izpildot 3.2. punktu, jāievēro, ka pastiprinātāja izejas spriegums ir ierobežots - spriegums uz tranzistora kolektora nevar kļūt lielāks par barošanas spriegumu. Tādēļ, palielinot ieejas signāla amplitūdu, izejas spriegums var proporcionāli mainīties tikai līdz zināmam līmenim.

Lai novērtētu atdalošā kondensatora C2 kapacitātes ietekmi uz amplitūdu-frekvenču raksturlīkni zemo un vidējo frekvenču diapazonā, var izmantot šādus apsvērumus. Ja neievēro ieejas kondensatora C1 ietekmi, kolektora sprieguma mainīgajai komponentei nav jābūt atkarīgai no frekvences. Tādēļ pieņemsim, ka šis spriegums ir nemainīgs - $K_{max}U_{ie}$, kur K_{max} - pastiprinājuma koeficients vidējām frekvencēm. Kad atdalošā kondensatora kapacitīvā pretestība $X_C = 1/2\pi fC$ ir ļoti maza ($X_C \ll R_7$), var neievērot sprieguma kritumu uz atdalošā kondensatora, t.i., var uzskatīt, ka izejas spriegums $U_{iz} = K_{max}U_{ie}$. Pie zemām frekvencēm, kad atdalošā kondensatora kapacitīvā pretestība kļūst samērojama ar slodzes pretestību, daļa no mainīgās komponentes sprieguma krīt uz atdalošā kondensatora, tādēļ izejas spriegums samazinās.

Tā kā kondensatora kapacitīvā pretestība neizmainās, ja, piemēram, divas reizes palielina kapacitāti un vienlaikus divas reizes samazina signāla frekvenci, abos šajos gadījumos izejas spriegumiem jābūt vienādiem. Tādēļ palielinātas kapacitātes gadījumā amplitūdas-frekvenču raksturlīknes formai zemo frekvenču apgabalā nav jāizmainās, bet tās pašas pastiprinājuma vērtības būs pie zemākām frekvencēm. Tātad, raksturlīknes krītošā daļa pārbīdīsies uz zemo frekvenču pusi.

Uzņemot amplitūdu raksturlīkni, lai nepārslogotu tranzistoru, pastiprinātāja ieejai nevajag pievadīt signālu, kas lielāks par 1 V. Ieteicams vispirms uzņemt raksturlīkni, ja kondensators C4 ir atslēgts, un pēc tam - ja tas pieslēgts.

Uzņemot amplitūdas-frekvenču raksturlīknes, ieteicams pie 1000 Hz frekvences ieregulēt tādu ieejas signālu, lai pastiprinātāja izejā būtu 200 - 1000 mV. Pēc tam ieejas signālu turpmāk uztur nemainīgu. Katrā ģenerators frekvenču diapazonā (20 - 200; 200 - 2000; 2000 - 20000;

20000 - 200000 Hz) ieteicams uzņemt 3 - 4 punktus, piemēram, pie 20, 50, 100, 200, 500, 1000, 2000 utt. herciem. Pēc kārtējās frekvences ieregulēšanas un pārbaudes, vai nav izmainījies ieejas signāls, vajag pierakstīt izejas spriegumu pie abām atdalošā kondensatora kapacitātēm, pēc tam pāriet pie nākošās frekvences.

Amplitūdas-frekvenču raksturliķnes jāzīmē, atliekot frekvenci uz abscisu ass logaritmiskā mērogā. Tādēļ ieteicams izmantot diagrammu papīru ar logaritmiskām iedaļām (logaritmisko papīru). Ja logaritmiskā papīra nav, var izmantot arī milimetru papīru. Tad uz abscisu ass lineārā mērogā jāatliek frekvenču logaritmi (pierakstot arī atbilstošās frekvenču vērtības hercos).

6. Kontroles jautājumi

6.1. Vai pētāmo pastiprinātāju var izmantot arī līdzsprieguma signāla pastiprināšanai?

6.2. Kas ir atgriezeniskā saite? Kāda ir tās nozīme pastiprinātājos?

6.3. Vai darbā pētāmajā pastiprinātājā izmantota atgriezeniskā saite?

6.4. Paskaidrojiet kondensatoru C1 un C2 nozīmi!

6.5. Vai pastiprinātājs strādās, ja 10 reizes palielinās kondensatora C1 kapacitāti?

6.6. Kādi shēmas elementi iespaido amplitūdas-frekvenču raksturliķni?

6.7. Kādēļ ierobežojas izejas signāls pie lielām ieejas signāla amplitūdām?

6.8. Kā temperatūra iespaido tranzistora pastiprinātāja darbību? Kādēļ nepieciešama pastiprinātāja režīma stabilizācija?

6.9. Kādam nolūkam pastiprinātāja shēmā nepieciešams rezistors R6?

6.10. Kā izmainīsies pastiprinātāja īpašības, ja atslēgs kondensatoru C4?

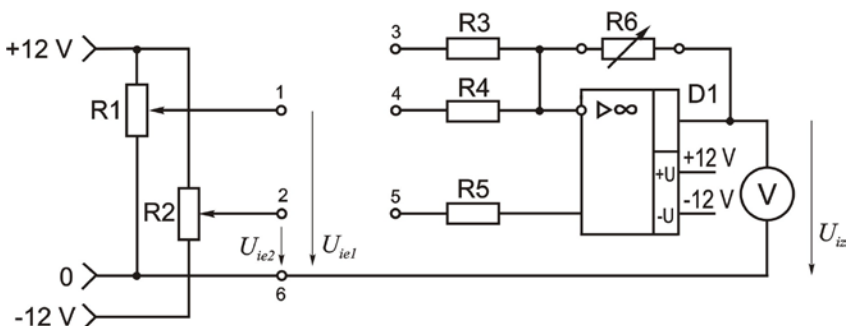
OPERACIONĀLAIS PASTIPRINĀTĀJS

1. Darba mērķis

Iepazīties ar operacionālā pastiprinātāja izmantošanu elektrisko signālu pastiprināšanai un summēšanai.

2. Laboratorijas iekārtas apraksts

Uz laboratorijas paneļa izvietots operacionālais pastiprinātājs D1, ieejas rezistori R3, R4, R5 un potenciometri ieejas spriegumu regulēšanai R1 un R2 (8. zīm.). Kā atgriezeniskās saites rezistors darbā tiek izmantota rezistoru magazīna R6, kuru pieslēdz attiecīgajām spailēm uz paneļa. Barošanas spriegumus pievada no speciāla barošanas bloka. Ieejas un izejas spriegumus mēra ar ciparu voltmetriem.



8. zīm. Slēguma shēma operacionālā pastiprinātāja pētīšanai

3. Iepriekšējā sagatavošanās

3.1. Izstudēt operacionālo pastiprinātāju īpašības un pielietojšanu.

3.2. Apdomāt un atzīmēt protokolā, kā jāsavieno savā starpā punkti 1 - 6 (sk. 8. zīm.), lai iegūtu neinvertējošā, invertējošā un summējošā pastiprinātāja shēmas.

3.3. Uzrakstīt formulas neinvertējošā, invertējošā un summējošā pastiprinātāja pastiprinājuma koeficienta aprēķinam. Formulās izmantot 8. zīmējumā dotos rezistoru apzīmējumus.

3.4. Pieņemot, ka ieejas rezistoru pretestības ir zināmas ($R_3 = R_4 = R_5$), uzrakstīt formulu pretestības R_6 aprēķinam, lai **neinvertējošā** pastiprinātāja gadījumā iegūtu pastiprinājuma koeficientu

$$K_n = 3 - 0,2 \cdot N,$$

kur N - studenta apliecības numura **pēdējais** cipars.

3.5. Izrēķināt invertējošā pastiprinātāja pastiprinājuma koeficientu K_i , ja rezistora R_6 pretestība ir tāda pati, kā 3.4. punktā atrastā.

3.6. Uz A4 formāta milimetru papīra loksnes uzzīmēt mērogā 1 V/cm sakarības $U_{iz} = f(U_{ie1})$ neinvertējošajam un invertējošajam pastiprinātājam, ja ieejas spriegums mainās no nulles līdz +12 V.

3.7. Uzrakstīt summējošā pastiprinātāja izejas sprieguma formulu, ja ieejai 3 pievadīts spriegums U_{ie1} , kas mainās no nulles līdz +12 V, bet ieejai 4 - līdzspriegums U_{ie2} , kas aprēķināms saskaņā ar izteiksmēm:

a) $U_{ie2} = N - 7$ (V), ja $N < 5$;

b) $U_{ie2} = N - 4$ (V), ja $N \geq 5$.

Iegūto sakarību $U_{iz} = f(U_{ie1})$ arī iezīmēt kopīgā grafikā (sk. 3.6. punktu).

4. Darba uzdevums

4.1. Ar multimetru izmērīt un ierakstīt protokolā rezistoru R_3 un R_4 pretestības. Izrēķināt pretestību R_6 saskaņā ar 3.4. punktu un iegūto vērtību iestādīt uz rezistoru magazīnas.

4.2. Saslēgt neinvertējošā pastiprinātāja shēmu, izmantojot ieeju 3, un ņemt sakarību $U_{iz} = f(U_{ie1})$. Mērījumu rezultātus ierakstīt 16. tabulā.

16. tabula

Neinvertējošais pastiprinātājs

Nr. p.k.	U_{ie1}	U_{iz}
	V	V

4.3. Saslēgt invertējošā pastiprinātāja shēmu un uzņemt sakarību $U_{iz} = f(U_{ie1})$. Mērījumu rezultātus ierakstīt 17. tabulā.

17. tabula

Invertējošais pastiprinātājs

Nr. p.k.	U_{ie1}	U_{iz}
	V	V

4.4. Pieslēgt punktam 2 ieeju 4, ieregulēt šajā ieejā spriegumu U_{ie2} , kas atbilst 3.7. punktam, un uzņemt sakarību $U_{iz} = f(U_{ie1})$. Mērījumu rezultātus ierakstīt 18. tabulā.

18. tabula

Summējošais pastiprinātājs

Nr. p.k.	U_{ie2}	U_{ie1}	U_{iz}
	V	V	V

4.5. Iegūtos eksperimentālos punktus atlikt iepriekš sagatavotajos teorētiskajos grafikos (sk. 3.6. un 3.7. punktu).

4.6. Novērtēt darba rezultātus.

5. *Norādījumi un metodiskas rekomendācijas*

Izpildot 3.6. un 3.7. punktu, pa abscisu asi vajag atlikt spriegumus no 0 līdz +12 V. Ordinātu asij ieteicams izvēlēties tādu skalu, lai varētu atlikt izejas spriegumus robežās no +15 V līdz -12 V. Mērogiem **obligāti** jābūti 1 V/cm.

6. *Kontroles jautājumi*

6.1. Kādas ir operacionālā pastiprinātāja galvenās īpatnības? Kādi ir tā parametri?

6.2. Kādēļ operacionālā pastiprinātāja barošanai izmanto divus barošanas avotus?

6.3. Kā var izmainīt pastiprinājuma koeficientu?

6.4. Kāds būs spriegums operacionālā pastiprinātāja izejā, ja inversajai un tiešajai ieejai pievadīs vienādus pēc lieluma un polaritātes signālus?

6.5. Kāda nozīme pastiprinātāja shēmā ir negatīvajai atgriezeniskajai saitei?

6.6. Kāds būs pastiprinātāja izejas spriegums, ja netiks pieslēgts rezistors R6?

6.7. Kāds būs pastiprinātāja izejas spriegums, ja punktus 3, 4 un 5 atstās nepievienotus?

8. darbs

INTEGRĒJOŠAIS PASTIPRINĀTĀJS

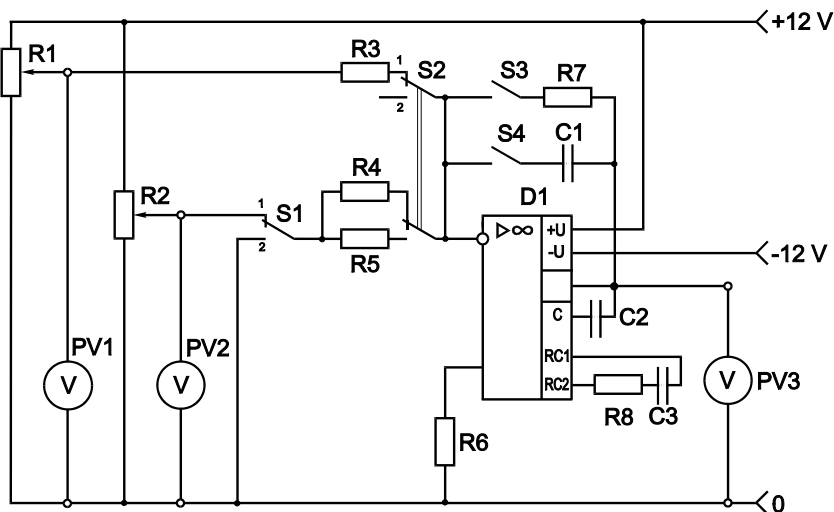
1. *Darba mērķis*

Izpētīt operacionālā pastiprinātāja izmantošanas iespējas signālu integrēšanai.

2. *Laboratorijas iekārtas apraksts*

Laboratorijas darbā izmantojamā iekārta (9. zīm.) paredzēta summējošā un integrējošā pastiprinātāja pētīšanai. Pētot integrējošo pastiprinātāju, pārslēdzu S2 pārslēdz stāvoklī 2 un ieslēdz slēdzi S4. Līdz ar

to operacionālā pastiprinātāja atgriezeniskajā saitē ieslēdzas kondensators C1, bet no ieejas atslēdzas no potenciometra R1 noņemamais spriegums. Tādēļ arī voltmetrs PV1 shēmā nav jāpieslēdz. Voltmets PV2 rāda ieejas spriegumu U_2 , bet voltmets PV3 - izejas spriegumu U_{iz} .



9. zīm. Summējošā un integrējošā pastiprinātāja izpētes shēma

3. Iepriekšējā sagatavošanās

- 3.1. Apgūt operacionālā pastiprinātāja darbu integratora režīmā.
- 3.2. Uzrakstīt integrējošā pastiprinātāja izejas sprieguma formulu, ja ieejai pievadīts līdzspriegums.
- 3.3. Uzrakstīt 4.3. punktā prasīto aprēķinu veikšanai nepieciešamo formulu.

4. Darba uzdevums

4.1. Iepazīties ar laboratorijas iekārtu un ierakstīt protokolā rezistora R5 pretestību un kondensatora C1 kapacitāti.

4.2. Ar potenciometru R2 iestādīt spriegumu $U_2 = 0,25(I + N)$ (V), kur N - studenta apliecības numura pēdējais cipars. Ar sekundmetru izmērīt laiku, kurā izejas spriegums sasniedz 8 V lielumu. Atkārtot mērījumus ar divas un trīs reizes lielāku spriegumu U_2 . Mērījumu rezultātus ierakstīt 19. tabulā.

19. tabula

Nr. p.k.	U_2	U_{iz}	t_{eksp}	t_{apr}
		V	V	s

4.3. Izmantojot zināmos shēmas parametrus R_5 un C_1 , analītiski noteikt laikus, kuros izejas spriegumam jāsasniež 8 V līmenis, ja ieejai pievadīti 4.2. punktā izmantotie spriegumi.

4.4. Attēlot grafiski abas sakarības $t = f(U_2)$.

4.5. Novērtēt darba rezultātus.

5. Norādījumi un metodiskas rekomendācijas

Pētot integrējošo pastiprinātāju, integrēšanas procesa sākumā izejas spriegumam jābūt vienādam ar nulli, tādēļ kondensators C1 iepriekš jāizlādē. Lai to izdarītu, pārslēgu S1 ieslēdz stāvoklī 2, pievadot ieejai nulli, un ieslēdz slēdzi S3. Ja atgriezeniskajā saitē reizē ieslēgts rezistors R7 un kondensators C1, tad iegūstam inerciālu invertējošo pastiprinātāju. Tā kā šā pastiprinātāja ieejas spriegums ir vienāds ar nulli, izejas spriegums arī, kondensatoram izlādējoties, pakāpeniski sasniedz nulles līmeni.

6. Kontroles jautājumi

- 6.1. Paskaidrojiet integrējošā pastiprinātāja darbību.
- 6.2. Kā mainīsies integrējošā pastiprinātāja darbība, ja palielinās kondensatora C1 kapacitāti?
- 6.3. Kā mainīsies integrējošā pastiprinātāja izejas spriegums, ja pārslēgu S1 pārslēgs no stāvokļa 2 stāvoklī 1?
- 6.4. Kā mainīsies integrējošā pastiprinātāja izejas spriegums, ja pārslēgu S1 pārslēgs no stāvokļa 1 stāvoklī 2?
- 6.5. Kādam nolūkam shēmā paredzēts rezistors R8 un kondensatori C2 un C3?

9. darbs

ŠMITA TRIGERS

1. Darba mērķis

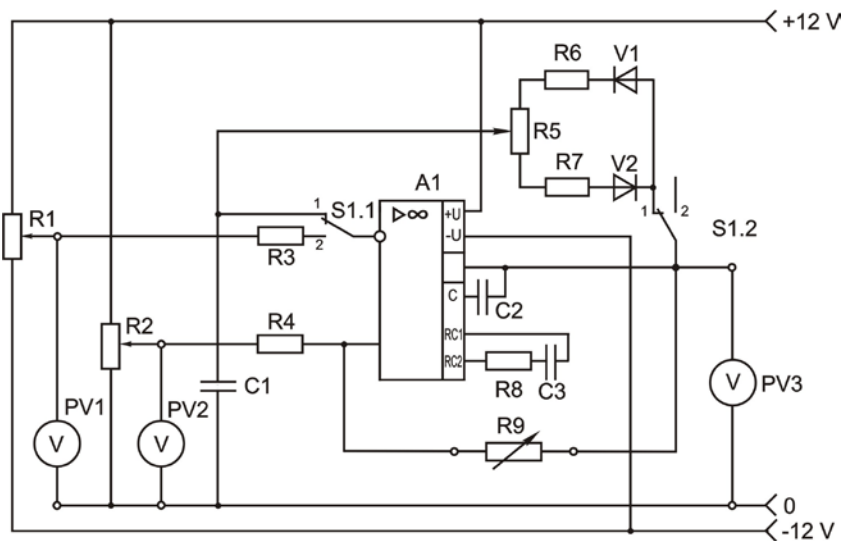
Iepazīties ar operacionālā pastiprinātāja lietošanu impulsu shēmās. Izpētīt Šmita trigeru darbību.

2. Laboratorijas iekārtas apraksts

Laboratorijas darbā izmantojams panelis (10. zīm.), kas paredzēts arī multivibratora pētīšanai. Lai izveidotu Šmita trigeru shēmu, pārslēgs S1 jāieslēdz stāvoklī 2. Panelim papildus pieslēdz rezistoru magazīnu R9 un voltmetrus. Ar voltmetru PV1 mēra Šmita trigeru nostrādes un atgriešanās spriegumus U_n un U_a . Ar voltmetru PV2 mēra atbalstspriegumu U_2 , bet ar voltmetru PV3 - izejas spriegumu U_{iz} . Trigeru pārslēgšanas ērtāk fiksēt ar oscilogrāfu, voltmetru PV3 pieslēdzot tikai piesātinājuma spriegumu U^+ un U^- mērīšanai.

3. Iepriekšējā sagatavošanās

- 3.1. Apgūt komparatora un Šmita trigeru darbības principu.
- 3.2. Pārdomāt laboratorijas darba izpildes secību.



10. zīm. Iekārtas shēma Šmita triģera un multivibratora pētīšanai

4. Darba uzdevums

4.1. Ierakstīt protokolā rezistora R4 pretestību.

4.2. Uzņemot Šmita triģera nostrādes sprieguma U_n un atgriešanās sprieguma U_a atkarību no atbalstsprieguma U_2 pie divām atgriezeniskās saites rezistora R9 pretestībām. Rezultātus ierakstīt 20. tabulā.

20. tabula

Nr. p.k.	R_9	U_2	U_n		U_a		U^+	U^-
	Ω	V	c=		c=		V	V
			ied.	V	ied.	V	V	V

4.3. Izmērīt un ierakstīt 20. tabulā pozitīvo un negatīvo izejas spriegumu U^+ un U^- .

4.4. Uzzīmēt vienā koordinātu sistēmā atkarības $U_n = f(U_2)$ un $U_a = f(U_2)$ pie divām pozitīvās atgriezeniskās saites pretestībām R_9 .

4.5. Teorētiski aprēķināt Šmita trigeru nostrādes un atgriešanās spriegumus pie divām eksperimentā izmantotajām pretestībām R_9 un atbalstsprieguma $U_2 = N/2$ (V), kur N - studenta apliecības numura **pēdējais** cipars. Iegūtos punktus atlikt eksperimentā iegūtajos grafikos.

5. Norādījumi un metodiskas rekomendācijas

Šmita trigeram ir divi stāvokļi, kurus nosaka ieejas signāla līmenis. Trigers nostrādā tad, kad ieejas signāls U_1 pieaugot sasniedz noteiktu vērtību U_n . Ieejas signālam samazinoties līdz vērtībai U_a , trigers atgriežas sākotnējā stāvoklī.

Šmita trigeru shēma, kas attēlota 10. zīmējumā, strādā šādi. Ja nav ieejas signāla, operacionālā pastiprinātāja izejā ir maksimāli iespējamais pozitīvais piesātinājuma spriegums U^+ , jo tiešajai ieejai pievadīts pozitīvs atbalstspriegums U_2 . Pievadot inversajai ieejai spriegumu U_1 , kopējo pastiprinātāja ieejas spriegumu U_{ie} var noteikt kā tiešās un inversās ieejas spriegumu starpību.

Tiešajai ieejai spriegumi pienāk no diviem avotiem: caur dalītāju R_4, R_9 no avota U_2 un caur dalītāju R_9, R_4 no pastiprinātāja izejas. Tādēļ, lietojot superpozīcijas principu, var uzrakstīt

$$U_{ie} = U_2 \frac{R_9}{R_4 + R_9} + U^+ \frac{R_4}{R_4 + R_9} - U_1 \quad .$$

Momentā, kad ieejas spriegums maina zīmi, trigers pārslēdzas citā stāvoklī - tā izejā parādās negatīvais piesātinājuma spriegums U^- . Tādēļ, ieejas sprieguma izteiksmi pielīdzinot nullei, atrodam trigeru nostrādes spriegumu:

$$U_n = U_2 \frac{R_9}{R_4 + R_9} + U^+ \frac{R_4}{R_4 + R_9} \quad .$$

Analoģiski var noteikt atgriešanās spriegumu:

$$U_a = U_2 \frac{R_9}{R_4 + R_9} - |U^-| \frac{R_4}{R_4 + R_9} .$$

Salīdzinot divas pēdējas izteiksmes, var secināt, ka ir atšķirība starp nostrādes un atgriešanās spriegumiem. Šī starpība ir atkarīga no pozitīvās atgriezeniskās saites dziļuma.

Izpildot darba eksperimentālo daļu, ieteicams vispirms aptuveni noteikt trigeru nostrādes un atgriešanas spriegumu un pēc tam mēģinājumu atkārtot, uzmanīgi tuvojoties iepriekš atrastajam sprieguma U_I vērtībām U_n un U_a .

Atgriezeniskās saites pretestību ieteicams izvēlēties robežās $(1 - 5) R_4$.

6. Kontroles jautājumi

- 6.1. Paskaidrojiet Šmita trigeru darbību!
- 6.2. Kādam nolūkam var izmantot Šmita trigeru?
- 6.3. Cik liels spriegums veidojas Šmita trigeru izejā abos tā stāvokļos?
- 6.4. Vai Šmita trigeru shēma strādās, ja atbalstspriegumu pievadīs caur rezistoru R3 inversajai ieejai, bet ieejas spriegumu caur rezistoru R4 tiešajai ieejai?
- 6.5. Kā jāizmainās Šmita trigeru darbībai, palielinot rezistora R9 pretestību?
- 6.6. Kā var samazināt starpību starp trigeru nostrādes un atgriešanās spriegumiem?
- 6.7. Kādēļ Šmita trigerā izmantota pozitīvā atgriezeniskā saite?
- 6.8. Kā izmainīsies shēmas darbība, ja atvienos rezistoru R9?

MULTIVIBRATORS

1. Darba mērķis

Iepazīties ar operacionālā pastiprinātāja izmantošanu impulsu shēmās. Izpētīt multivibratora darbību.

2. Laboratorijas iekārtas apraksts

Multivibratora pētīšanai izmantojams 9. darbā aprakstītais panelis, kura slēguma shēma dota 10. zīmējumā. Pārslēgam S1 jābūt stāvoklī 1. Tad operacionālā pastiprinātāja inversajai ieejai pieslēdzas kondensators C1, bet starp inverso ieeju un izeju - ķēde, kas sastāv no rezistoriem R5, R6, R7 un diodēm V1 un V2. Potenciometra R2 slīdkontakts jānostāda apakšējā stāvoklī, lai spriegums U_2 būtu vienāds ar nulli. Voltmetri shēmai nav jāpieslēdz. Izejas signāla formu pēta ar oscilogrāfu.

3. Iepriekšējā sagatavošanās

3.1. Izpētīt laboratorijas darba shēmu un izanalizēt tās darbību multivibratora režīmā.

3.2. Pārdomāt darba izpildes gaitu.

4. Darba uzdevums

4.1. Ierakstīt protokolā rezistoru R4, R5 un R6 pretestības un kondensatora C1 kapacitāti.

4.2. Simetriskai multivibratora shēmai uzņemt svārstību frekvences atkarību no rezistora R9 pretestības. Mērījumu rezultātus ierakstīt 21. tabulā.

21. tabula

Sakarība $f = \varphi(R_9)$

Nr.	R_9	T	f
p.k.	k Ω	ms	Hz

4.3. Izmērit impulsa ilgumu t_i (par impulsu pieņemam pozitīvo izejas signālu) un pauzes ilgumu t_p (negatīvo signāla daļu) pie vidējā un viena no galējiem potenciometra R5 slīdkontakta stāvokļiem. Mērījumu rezultātus ierakstīt 22. tabulā. Uzzīmēt no oscilogrāfa ekrāna izejas sprieguma un sprieguma uz kondensatora C1 līknes.

22. tabula

Pretestības R_5 ietekme

Nr.	t_i	t_p	T
p.k.	ms	ms	ms

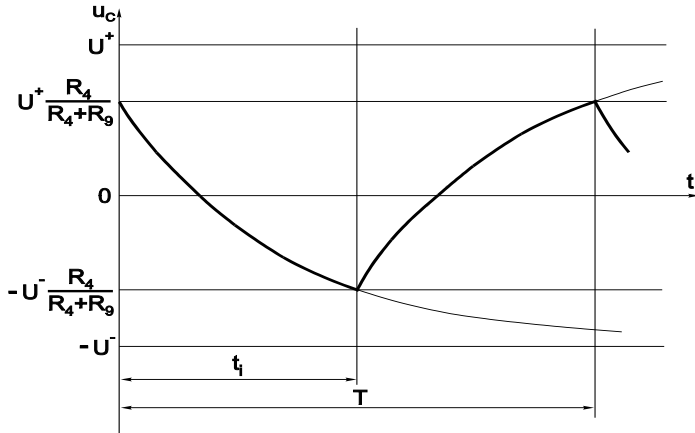
4.4. Izmantojot 21. tabulas datus, attēlot grafiski sakarību $f = \varphi(R_9)$.

4.5. Teorētiski izrēķināt svārstību frekvenci pie pretestības $R_9 = 0,3R_4(N+1)$, kur N - studenta apliecības numura **pēdējais** cipars. Iegūto punktu atlikt uz eksperimentāli iegūtā grafika $f = \varphi(R_9)$.

4.6. Novērtēt darbā iegūtos rezultātus.

5. Norādījumi un metodiskas rekomendācijas

Lai teorētiski noteiktu multivibratora svārstību frekvenci, vispirms jāuzraksta kondensatora C1 sprieguma izteiksme. Multivibratora darba laikā izejas spriegums periodiski mainās no pozitīvā piesātinājuma sprieguma U^+ uz negatīvo $-U^-$ un otrādi. Pieņemsim, ka momentā $t = 0$ izejas spriegums kļūva negatīvs. Tādā gadījumā operacionālā pastiprinātāja tiešajai ieejai caur sprieguma dalītāju R9, R4 pienāk spriegums $-U^- \frac{R_4}{R_4 + R_9}$.



11. zīm. Sprieguma u_{C1} laika diagramma

Šajā momentā sākas arī kondensatora pārlādes process, kura laikā spriegums u_{C1} eksponenciāli mainās no sākuma vērtības $U^+ \frac{R_4}{R_4 + R_9}$, tiecoties uz pastiprinātāja izejas sprieguma vērtību $-U^-$ (11. zīm.). Ievērojot sprieguma u_{C1} sākuma un beigu vērtības $u_{C1}(0) = U^+ \frac{R_4}{R_4 + R_9}$, un $u_{C1}(\infty) = -U^-$, iegūstam šādu sprieguma izteiksmi:

$$u_C = -U^- + \left(U^- + U^+ \frac{R_4}{R_4 + R_9} \right) e^{-\frac{t}{\tau}}.$$

Kad kondensatora spriegums (kas pielikts inversajai ieejai) kļūst vienāds ar tiešās ieejas spriegumu $U^- \frac{R_4}{R_4 + R_9}$, operacionālā pastiprinātāja izejā spriegums lēcienveidā kļūst pozitīvs un sākas svārstību

nākošais pusperiods. Pieņemot, ka abi piesātinājuma spriegumi ir vienādi ($U^+ = U^- = U$), iegūstam šādu vienādojumu

$$-U + \left(U + U \frac{R_4}{R_4 + R_9} \right) e^{-\frac{t_i}{\tau}} = -U \frac{R_4}{R_4 + R_9},$$

kuru atrisinot, varam iegūt svārstību pusperioda ilgumu:

$$t_i = \tau \cdot \ln \frac{2R_4 + R_9}{R_9}.$$

Svārstību frekvence

$$f = \frac{1}{2\tau \cdot \ln \left(1 + \frac{2R_4}{R_9} \right)},$$

kur uzlādes un izlādes laika konstante

$$\tau = \left(\frac{R_5 + R_6 + R_7}{2} \right) C_1.$$

Mainot rezistora R5 slīdkontakta stāvokli, palielinās pretestība, caur kuru vienā perioda daļā notiek kondensatora uzlāde, un par tādu pašu vērtību samazinās pretestība perioda otrās daļas laikā. Tādēļ, nemainoties periodam, izmainās impulsa un pauzes ilgumu attiecība.

6. Kontroles jautājumi

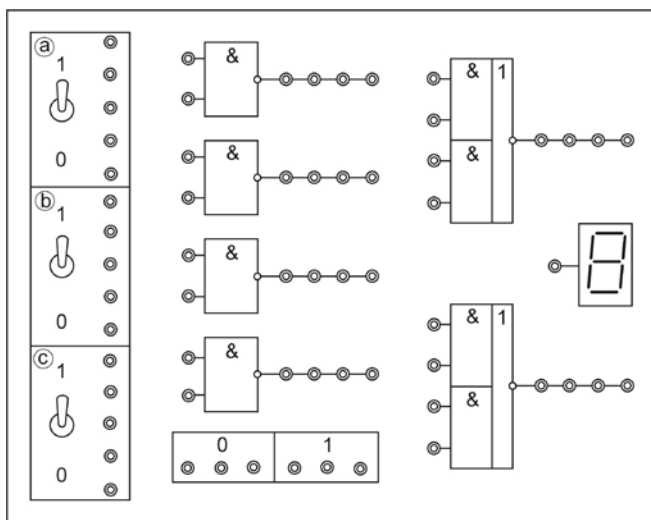
- 6.1. Paskaidrojiet multivibratora darbību!
- 6.2. Paskaidrojiet multivibratora shēmas atsevišķo elementu nozīmi!
- 6.3. Paskaidrojiet pozitīvās atgriezeniskās saites nozīmi multivibratorā!
- 6.4. No kā atkarīgs impulsa un pauzes ilgums multivibratorā?
- 6.5. Kā regulēt izejas impulsa un pauzes ilgumu?
- 6.6. No kā atkarīga multivibratora darba frekvence un kā to var regulēt?

LOĢISKIE ELEMENTI

1. Darba mērķis

Apgūt loģisko funkciju sintēzi, to minimizāciju, pārveidošanu un realizēšanu, izmantojot K155. sērijas loģiskos elementus.

2. Laboratorijas iekārtas apraksts



12. zīm. Komutācijas panelis

Uz paneļa, kurš redzams 12. zīmējumā, izvietotas divas mikroshēmas. Pirmā - K155ЛA3 (7400) satur četrus elementus UN -NE. Otra mikroshēma - K155ЛP1 (7450) satur divus šādus elementus

2UN-2VAI-NE, kuri realizē loģisko funkciju $\overline{ab + cd}$. Savā starpā loģiskos elementus savieno ar vadiem. Kreisajā pusē atrodas ieejas signālu ligzdas. Ar pārslēgiem a , b un c šīm ligzdām pievada signālus 0 vai 1 . Signālu indikācijai izmanto septiņsegmentu indikatoru.

3. Iepriekšējā sagatavošanās

3.1. Izstudēt galvenās loģiskās funkcijas VAI, UN, NE.

3.2. Iepazīties ar loģiskās funkcijas sintēzes un minimizācijas metodiku, ja dota tās vērtību tabula.

3.3. Uzrakstīt loģisko funkciju, kuras vērtības pie visām ieejas signālu a , b un c kombinācijām dotas 23. tabulā. Ja nav citu pasniedzēja norādījumu, variantu nosaka studenta apliecības numura **pēdējie divi** cipari.

3.4. Sastādīt loģisko shēmu uzdotās funkcijas realizēšanai, izmantojot loģiskos elementus, kuri atrodas uz laboratorijas paneļa (sk. 12. zīmējumu). Ja tas nepieciešams, loģisko funkciju iepriekš pārveidot.

4. Darba uzdevums

4.1. Saslēgt uz komutācijas paneļa shēmu saskaņā ar 3.4. punktu.

4.2. Ieslēgt visas astoņas ieejas signālu kombinācijas un pēc indikatora stāvokļa pārliecināties par shēmas pareizu darbību.

5. Norādījumi un metodiskas rekomendācijas

Loģisko funkciju, ja zināmas tās vērtības, var uzrakstīt, lietojot šādu metodiku. Pieņemsim, ka jāuzraksta 24. tabulā dotās loģiskās funkcijas izteiksme.

Aplūkojam tikai tās rindas, kurās funkcija pieņem vērtību 1, un pierakstām argumentu loģiskos reizinājumus, ņemot argumenta inverso vērtību, ja šajā tabulas rindā arguments vienāds ar nulli. Piemēram, tabulas 3. rindai varam uzrakstīt šādu loģisko reizinājumu:

$$y = \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot \bar{c}$$

Līdzīgi rīkojoties arī ar pēdējām četrām rindām (arī tajās $y=1$), iegūstam dotās loģiskās funkcijas izteiksmi:

$$y = \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + a \cdot \bar{b} \cdot c + a \cdot b \cdot \bar{c} + a \cdot b \cdot c$$

Loģiskās funkcijas vērtības

<i>a</i>	0	0	0	0	1	1	1	1	
<i>b</i>	0	0	1	1	0	0	1	1	
<i>c</i>	0	1	0	1	0	1	0	1	
Var.									
00	1	1	1	0	0	0	1	0	
01	0	0	1	1	0	1	0	1	
02	0	1	0	0	1	1	1	0	
03	1	0	1	0	1	0	0	0	
04	1	1	1	0	0	0	0	0	
05	1	1	1	1	0	0	0	1	
06	1	0	0	0	1	1	1	1	
07	1	0	1	0	1	1	1	0	
08	1	1	1	1	1	0	1	1	
09	0	1	1	1	1	1	1	1	
10	0	0	1	1	0	0	0	1	
11	1	1	1	0	1	1	0	1	
12	1	1	1	0	1	0	1	1	
13	0	1	1	0	1	1	1	0	
14	1	0	0	0	1	0	1	1	
15	0	1	0	1	1	1	0	0	
16	1	1	1	0	0	1	0	0	
17	0	0	0	1	0	1	0	1	
18	0	0	0	0	1	1	1	0	
19	1	0	1	1	0	0	1	1	
20	1	1	0	1	1	1	0	0	
21	0	1	0	1	0	1	1	1	
22	1	1	1	1	1	1	1	0	
23	1	1	0	1	0	0	0	0	
24	0	1	1	1	1	0	1	1	
25	1	1	0	1	0	1	1	1	
26	1	0	1	1	1	0	0	1	
27	1	1	0	0	1	0	1	0	
28	0	1	1	1	0	1	0	0	
29	0	0	0	1	1	0	1	1	
30	0	1	0	1	0	1	0	0	
31	0	0	0	0	1	0	1	1	
32	0	1	1	1	0	0	1	1	
33	1	1	0	0	1	1	1	0	
34	0	1	0	1	1	1	0	1	
35	1	1	1	0	1	1	1	1	
36	1	1	0	0	0	1	0	0	
37	1	0	0	1	1	1	1	1	
38	0	1	1	1	1	1	0	1	
39	1	0	1	0	0	1	1	1	
40	1	0	1	1	1	0	0	0	
41	0	1	0	0	0	1	1	1	
42	1	0	0	0	1	1	0	1	
43	0	1	0	1	0	0	0	1	
44	0	0	1	0	0	0	1	1	
45	0	0	1	1	1	0	1	1	
46	1	1	0	0	1	1	0	1	
47	1	1	0	1	0	1	0	1	
48	1	1	1	1	0	1	1	1	
49	0	1	0	0	1	1	0	0	
<i>a</i>	0	0	0	0	1	1	1	1	
<i>b</i>	0	0	1	1	0	0	1	1	
<i>c</i>	0	1	0	1	0	1	0	1	
Var.									
50	1	1	0	1	1	1	1	0	
51	0	1	0	1	1	0	1	1	
52	0	0	1	1	1	0	1	0	
53	0	1	0	1	0	0	1	1	
54	1	1	0	1	1	0	0	0	
55	1	0	1	0	0	0	1	0	
56	1	0	1	1	0	0	0	0	
57	1	1	1	1	0	0	1	0	
58	0	0	0	1	1	1	1	1	
59	1	0	1	0	1	0	1	1	
60	1	0	1	1	1	1	1	1	
61	1	1	0	1	1	1	1	1	
62	0	0	0	0	0	1	1	1	
63	1	0	1	1	0	1	1	1	
64	1	1	1	0	0	1	0	1	
65	0	0	1	0	1	1	1	0	
66	1	1	0	1	0	0	0	1	
67	0	0	1	0	0	1	1	1	
68	1	0	0	0	1	0	1	0	
69	0	0	1	1	0	0	1	0	
70	1	1	1	1	1	0	0	0	
71	0	1	0	0	1	1	1	1	
72	1	1	1	0	1	0	1	0	
73	1	1	1	1	1	1	1	0	
74	0	1	1	1	0	0	0	0	
75	1	1	1	1	0	1	1	0	
76	1	0	1	1	1	1	1	0	
77	1	1	0	1	1	0	1	0	
78	1	0	1	0	1	1	0	0	
79	1	1	0	0	0	1	0	1	
80	0	1	1	1	0	0	1	0	
81	0	1	0	0	0	1	0	1	
82	1	1	1	1	0	1	0	0	
83	0	0	1	0	1	1	1	1	
84	1	0	1	0	1	0	1	0	
85	0	0	0	1	0	0	1	1	
86	0	1	1	0	1	1	1	1	
87	0	1	1	1	0	1	1	0	
88	1	0	1	0	0	0	1	1	
89	0	0	0	1	1	1	0	1	
90	1	0	1	1	0	0	0	1	
91	0	0	1	0	1	0	1	0	
92	1	1	0	0	1	0	0	0	
93	0	0	0	0	1	1	0	1	
94	1	0	0	1	1	1	0	1	
95	1	0	1	1	1	1	1	0	0
96	0	0	1	1	0	1	1	1	
97	1	1	1	0	1	1	0	0	
98	0	1	1	1	0	1	0	1	
99	1	1	1	1	1	0	0	1	

Loģiskās funkcijas piemērs

a	b	c	y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

Šo izteiksmi var realizēt, izmantojot loģiskos elementus UN, VAI un NE. Ja pieejami tikai šajā laboratorijas darbā izmantojamie loģisko elementu veidi, tad funkcijas praktiskai realizēšanai to iepriekš vajag pārveidot, lietojot loģikas algebras formulas. Bez tam, parasti loģisko funkciju, kas iegūta, izmantojot iepriekš minēto metodiku, iespējams vienkāršot. Tad to varēs realizēt ar mazāku loģisko elementu skaitu. Loģiskās funkcijas izteiksmes pārveidošanai var izmantot šādas formulas:

- 1) $a + a = a$ 5) $a \cdot a = a$ 9) $a \cdot (b + c) = a \cdot b + a \cdot c$
 2) $a + \bar{a} = 1$ 6) $a \cdot \bar{a} = 0$ 10) $a + b \cdot c = (a + b) \cdot (a + c)$
 3) $a + 0 = a$ 7) $a \cdot 0 = 0$ 11) $\overline{a \cdot b} = \bar{a} + \bar{b}$
 4) $a + 1 = 1$ 8) $a \cdot 1 = a$ 12) $\overline{a + b} = \bar{a} \cdot \bar{b}$ 13) $\bar{\bar{a}} = a$

Aplūkojot iegūto loģisko funkciju, redzam, ka pēdējie četri loģiskie reizinājumi satur argumentu a un visas iespējamās argumentu b un c kombinācijas. Tātad, ja $a = 1$, pie jebkurām b un c vērtībām $y = 1$. Tas nozīmē, ka pie $a = 1$ argumentiem b un c nav nozīmes un tos var izslēgt. Arī pirmajā un ceturtajā loģiskajā reizinājumā ir vienādas argumentu b un c vērtības pie abām argumenta a vērtībām. Funkcijas vienkāršošanai (minimizēšanai) vispirms, izmantojot 1. formulu, vēlreiz pierakstām klāt ceturto locekli:

$$y = \bar{a} \cdot b \cdot \bar{c} + a \cdot b \cdot \bar{c} + a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + a \cdot \bar{b} \cdot c + a \cdot b \cdot \bar{c} + a \cdot b \cdot c$$

Pēc tam, lietojot 9., 2. un 8. formulu, iegūstam:

$$y = (\bar{a} + a) \cdot b \cdot \bar{c} + a \cdot \bar{b} \cdot (\bar{c} + c) + a \cdot b \cdot (\bar{c} + c) = \\ = 1 \cdot b \cdot \bar{c} + a \cdot \bar{b} \cdot 1 + a \cdot b \cdot 1 = b \cdot \bar{c} + a \cdot (\bar{b} + b) = a + b \cdot \bar{c}$$

Šo pašu rezultātu vienkāršāk var iegūt, uzzīmējot t.s. Karno karti, kas būtībā ir īpašā veidā pārzīmēta dotā loģiskās funkcijas vērtību tabula. Trīs argumentu funkcijai tabulas augšējā malā atzīmējam divu argumentu (piemēram, a un b) visas kombinācijas, bet kreisajā malā - trešā argumenta c abas vērtības. Pie tam jāievēro noteikums, ka blakus esošās rūtiņās mainīties drīkst tikai viens arguments. Mūsu gadījumā iegūstam šādu Karno karti:

	$\bar{a}\bar{b}$	$\bar{a}b$	ab	$a\bar{b}$
\bar{c}	0	1	1	1
c	0	0	1	1

Ja Karno kartē veidojas bloki, kas sastāv no blakus izvietotiem četriem vieniniekiem (tie var būt novietoti kvadrātā, kā šeit apskatītajā piemērā, vai rindā) vai diviem vieniniekiem, tad šos blokus atzīmējam. Var uzskatīt, ka Karno kartes labā mala ir savienota ar kreiso, tādēļ vieninieku bloks var sākties arī vienā vai abās labajās rūtiņās un turpināties rūtiņās kartes kreisajā malā.

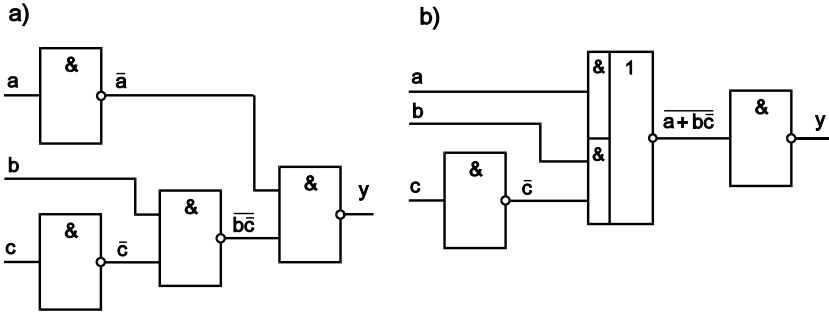
Apskatāmajā piemērā atzīmētie četri vieninieki loģiskā elementa izejā veidojas pie nosacījuma $a = 1$ un pie abām b un c vērtībām. Tādēļ funkcijas izteiksmē atzīmējam tikai argumentu a . Karno kartē apvilktie divi vieninieki savukārt nav atkarīgi no a - tie ir pie nosacījuma $b = 1$ un $c = 0$. Tādēļ iegūstam loģisko funkciju

$$y = a + b \cdot \bar{c}$$

Šo funkciju nepieciešams realizēt ar laboratorijas darbā izmantojamajiem loģiskajiem elementiem, kuriem ir inversas izejas. Tādēļ to pārveidosim tā, lai izteiksmē loģiskie reizinājumi un loģiskās summas būtu papildinātas ar inversijas (loģiskā nolieguma) zīmēm. Izmantojot 12. formulu, iegūstam:

$$y = \overline{\overline{a \cdot b \cdot c}}$$

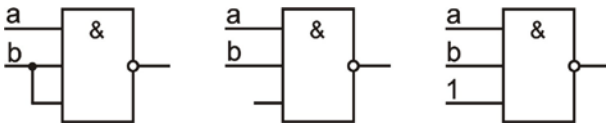
Šo loģisko funkciju var realizēt ar četriem UN-NE elementiem (13. zīm. a).



13. zīm. Loģiskās funkcijas $y = a + b \cdot \bar{c}$ realizēšana

Tā kā šajā laboratorijas darbā iespējams izmantot arī kombinētos loģiskos elementus 2UN-2VAI-NE, loģisko funkciju var realizēt arī ar trim loģiskajiem elementiem (13. zīm. b).

Ja loģiskajam elementam UN vai UN-NE ir vairāk ieeju, kā tas nepieciešams, liekās ieejas var savienot ar citām, atstāt brīvas vai arī pievadīt tām signālu 1 (14. zīm.).



14. zīm. Loģiskās funkcijas UN-NE trīs realizēšanas veidi, ja loģiskajam elementam ir lieka ieeja

Ja loģiskajā elementā 2UN-2VAI-NE tiek izmantota tikai viena shēma UN, tad elementa otras puses neizmantotās ieejas (kaut vai viena no tām) noteikti jāpieslēdz pie zemā sprieguma līmeņa (signāla 0). Pretējā gadījumā brīvās ieejas mikroshēma uztvers kā tādas, kurām pievadīti

signāli I . Tādēļ šīs UN shēmas izejā signāls arī izrādīsies vienāds ar I , bet visa elementa UN-VAI-NE izejā - vienāds ar 0 (neatkarīgi no signāliem izmantotās UN shēmas ieejās).

6. Kontroles jautājumi

- 6.1. Paskaidrojiet loģiskās funkcijas VAI, UN, NE!
- 6.2. Paskaidrojiet loģiskā elementa UN-NE darbību! Kāds signāls veidosies divu ieeju UN-NE elementa izejā pie dažādām ieejas signālu kombinācijām?
- 6.3. Kā realizēt loģisko funkciju NE, izmantojot loģisko elementu UN-NE ar divām ieejām?
- 6.4. Kā realizēt loģisko funkciju UN, izmantojot loģiskos elementus UN-NE ar divām ieejām?
- 6.5. Kā realizēt loģisko funkciju UN-NE, izmantojot loģisko elementu 2UN-2VAI-NE?
- 6.6. Vai ar loģiskajiem elementiem UN-NE iespējams realizēt jebkuru loģisko funkciju?

12. darbs

JK TRIGERS

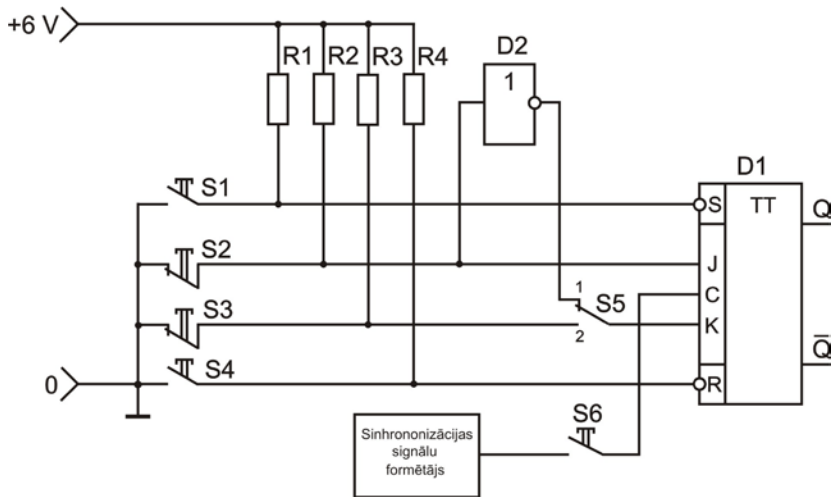
1. Darba mērķis

Iepazīties ar universālā JK trigeru darbību un izpētīt trigeru dažādos režīmos.

2. Laboratorijas iekārtas apraksts

Vienkāršota laboratorijas iekārtas shēma attēlota 15. zīmējumā. Uz paneļa atrodas integrālā mikroskāma D1 - universālais JK trigers K155TB1 (7472). Signālus trigeru ieejām pievada ar spiedpogām. Trigeru ieejām un izejām pieslēgtas gaismas diodes (shēmā tās nav parādītas). Gaismas diode spīd, ja attiecīgajā ieejā vai izejā ir augsts sprieguma līmenis (signāls 1).

D trigeru pētīšanai ar pārslēgu S5 ieeju K var pieslēgt loģiskā elementa D2 (invertora) izejai. Elementa D2 ieejai pievadīts signāls J.



15. zīm. Slēgumu shēma JK trigeru pētīšanai

3. Iepriekšējā sagatavošanās

3.1. Apgūt asinhronā RS, D, T un sinhronā JK trigeru darbību, izanalizējot arī darbības laika diagrammu (skat. 16. zīm.)

3.2. Pēc pasniedzēja norādījuma izvēlēties individuālā varianta numuru 25. tabulā un norakstīt no tās signālu līmeņus trigeru ieejās J, C, K visos 36 laika intervālos.

3.3. Uz A4 formāta milimetru papīra lapas pēc individuālā varianta datiem uzzīmēt ieejas signālu laika diagrammas. Ieteicamais mērogs – 5 mm vienam laika intervālam.

3.4. Analizējot izveidoto laika diagrammu, papildināt to ar trigeru izejas signāliem Q visā laika diapazonā. Ja nav citu pasniedzēja norādījumu, par trigeru sākuma stāvokli pieņemt $Q=0$.

25. tabula

Var.	leeja	Laika intervāli																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
01	J	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
	C	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	K	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
02	J	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	C	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	K	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
03	J	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
	C	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	K	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
04	J	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0
	C	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	K	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1
05	J	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
	C	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	K	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
06	J	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	C	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	K	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1
07	J	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
	C	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
08	J	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	C	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	K	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
09	J	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
	C	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
P10	J	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
	C	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	K	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
11	J	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	C	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	K	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
12	J	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
	C	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	K	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0

25. tabulas turpinājums

Var.	Ieeja	Laika intervāli																	
		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
01	J	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
	K	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
02	J	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	C	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0
	K	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
03	J	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
	C	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	K	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
04	J	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
	C	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	K	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
05	J	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
	C	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	K	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1
06	J	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1
	C	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	K	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
07	J	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	K	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
08	J	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	C	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	K	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
09	J	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
	C	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	K	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
10	J	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	C	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	K	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0
11	J	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
	C	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	K	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
12	J	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	K	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1

25. tabulas turpinājums

Var.	leeja	Laika intervāli																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
13	J	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	C	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1
14	J	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
	C	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	K	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1
15	J	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
	C	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
16	J	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
	C	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	K	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17	J	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1
	C	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	K	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1
18	J	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	C	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
19	J	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
	C	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	K	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
20	J	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	C	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	K	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21	J	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	C	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	K	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
22	J	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
	C	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	K	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	J	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	C	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	K	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
24	J	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	C	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	K	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1

25. tabulas turpinājums

Var.	Ieeja	Laika intervāli																	
		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
13	J	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
	C	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
	K	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
14	J	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	
	C	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	
	K	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	
15	J	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	
	C	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	
	K	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	
16	J	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
	C	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	
	K	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	
17	J	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	
	C	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	
	K	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	
18	J	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	C	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	
	K	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
19	J	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	
	C	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	
	K	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	
20	J	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	
	C	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	
	K	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	
21	J	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
	C	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	
	K	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	
22	J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	
	C	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	
	K	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	
23	J	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	
	C	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	
	K	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	
24	J	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	
	C	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	
	K	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	

25. tabulas turpinājums

Var.	Ieeja	Laika intervāli																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
25	J	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
	C	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	K	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
26	J	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	K	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
27	J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	C	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	K	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
28	J	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
	C	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	K	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1
29	J	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	C	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	K	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
30	J	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
	C	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	K	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1

3.5. Iegūtajā darbības laika diagrammā izdalīt un apzīmēt laika posmus, kas atbilst trigeru darbībai D, T vai sinhronajā režīmā.

4. Darba uzsākums

4.1. Eksperimentāli pārbaudīt trigeru darbību dažādos režīmos.

4.2. Uzstādīt trigeru sākuma stāvokli un ieslēgt slēdzi S5 sākuma režīmam atbilstošā stāvoklī.

4.3. Vadoties pēc sagatavotās laika diagrammas, ieslēgt atbilstošos ieeju signālus (arī S5 stāvokļus) un izsekot trigeru darbību visā uzdotajā laika diapazonā.

25. tabulas turpinājums

Var.	Ieeja	Laika intervāli																	
		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
25	J	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	C	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
	K	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
26	J	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
	C	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	K	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1
27	J	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	C	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	K	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
28	J	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
	C	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	K	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1
29	J	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
	C	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	K	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
30	J	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
	C	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	K	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1

4.4 Pārliecinoties par sastādītās laika diagrammas pareizību, nodemonstrēt pasniedzējam trīģera darbību viņa uzdotajā laika posmā.

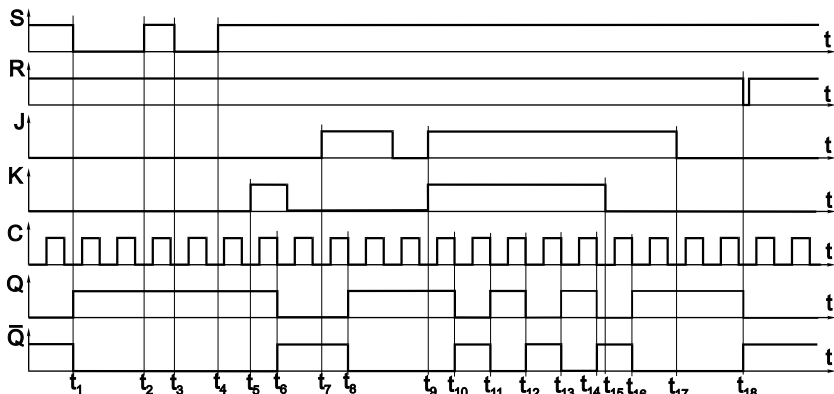
5. Norādījumi un metodiskas rekomendācijas

Mikroshēmai K155TB1 ir divas inversas asinhronas ieejas R un S, trīs ar loģisko funkciju UN apvienotas ieejas J, tādas pat trīs ieejas K, taktu impulsu ieeja C un divas izejas - tiešā Q un inversā \bar{Q} . Trīģera darbību paskaidro laika diagrammas, kas parādītas 16. zīmējumā.

Ieejas S un R ir inversas. Tas nozīmē, ka normāli šīm ieejām jāpievada signāls ar augstu sprieguma līmeni - signāls 1. Shēmā (skat. 15. zīmējumu) tas realizēts, pievienojot rezistorus R1 un R4 barošanas avota pozitīvajam izvadam. Lai trīģeru pārslēgtu stāvoklī 1 ($Q = 1, \bar{Q} = 0$),

ieejai S jāpievada signāls 0 (moments t_1), nospiežot spiedpogu S1. Tālākās signāla izmaiņas ieejā S vairs neietekmē trigeru stāvokli (t_2, t_3, t_4). Analogiski trigeru var pārslēgt stāvoklī 0. Šim nolūkam jāizmanto ieeja R (t_{18}).

Ieejas J un K ir sinhronas, t.i., šo ieeju signāli izmaina trigeru stāvokli tikai noteiktos laika momentos, kad takta impulss ieejā C mainās no stāvokļa 1 uz stāvokli 0. Signāls J ieslēdz trigeru stāvoklī 1, bet signāls K - stāvoklī 0.



16. zīm. Trigeru K155TB1 darbības laika diagrammas

Piemēram, ja $Q = 1$ un ieejā K pienāk signāls $K = 1$ (t_5), sākoties kārtējam takta impulsam, trigers šo ieejas signālu uztver, bet pārslēdzas tikai takta impulsa beigās (t_6). Stāvoklī 1 trigeru var pārslēgt ar signāliem, kurus pievada ieejai J (t_7 , bet pārslēdzas momentā t_8 ; arī t_{16}). Pēc ieejas signāla izbeigšanās trigeru stāvoklis nemainās (t_{17}).

Ja signālu 1 pievada abām ieejām J un K vienlaikus (t_9), trigers strādā skaitīšanas režīmā (kā T trigers), t.i., tas pārslēdzas pretējā stāvoklī katru reizi, kad izbeidzas kārtējais takta impulss ($t_{10}, t_{11}, t_{12}, t_{13}, t_{14}$).

Lai iegūtu D trigeru (aiztures trigeru) shēmu, ieejas signālu pievada ieejai J. Ieejai K tajā pašā laikā jāpievada invertēts signāls. Analizējot trigeru darbību, viegli pārliecināties, ka šādā gadījumā kārtējā takta impulsa beigās trigers pārslēgsies ieejai J atbilstošā stāvoklī. Laboratorijas

darba shēmā (15. zīm.) pārslēgs S5 jāieslēdz stāvoklī 1, bet ieejas signāls jāpievada ar pogu S2.

Ieejas signāli J un K ir jāmaina laika posmā starp takta impulsiem. Ja signālus J un K maina takta impulsa darbības laikā, tad dažos gadījumos trigers var nostrādāt nepareizi.

6. Kontroles jautājumi

- 6.1. Ar ko sinhronie trigeri atšķiras no asinhronajiem?
- 6.2. Kā strādā asinhronais RS trigers?
- 6.3. Kas notiks ar RS trigeru, kurš atrodas stāvoklī $Q = 1$, ja inversajai ieejai S pievadīs signālu 0?
- 6.4. Kā trigers reaģēs uz signālu S un R izmaiņām pauzes laikā starp takta impulsiem un takta impulsa darbības laikā?
- 6.5. Kā strādā sinhronais JK trigers?
- 6.6. Kā JK trigers reaģēs uz signālu J un K izmaiņām, ja nebūs takta impulsa?
- 6.7. Kas notiks ar JK trigeru, kurš atrodas stāvoklī $Q = 0$, ja ieejai J pievadīs signālu 1?
- 6.8. Kas notiks ar JK trigeru, ja ieejām J un K pievadīs signālu 1?
- 6.9. Kā strādā D trigers? Kādam nolūkam to var izmantot?
- 6.10. Kas notiks ar D trigeru, kurš atrodas stāvoklī $Q = 0$, ja ieejai pievadīs signālu 0 un pēc tam 1?
- 6.11. Kā strādā T trigers? Kādam nolūkam to var izmantot?

13. darbs

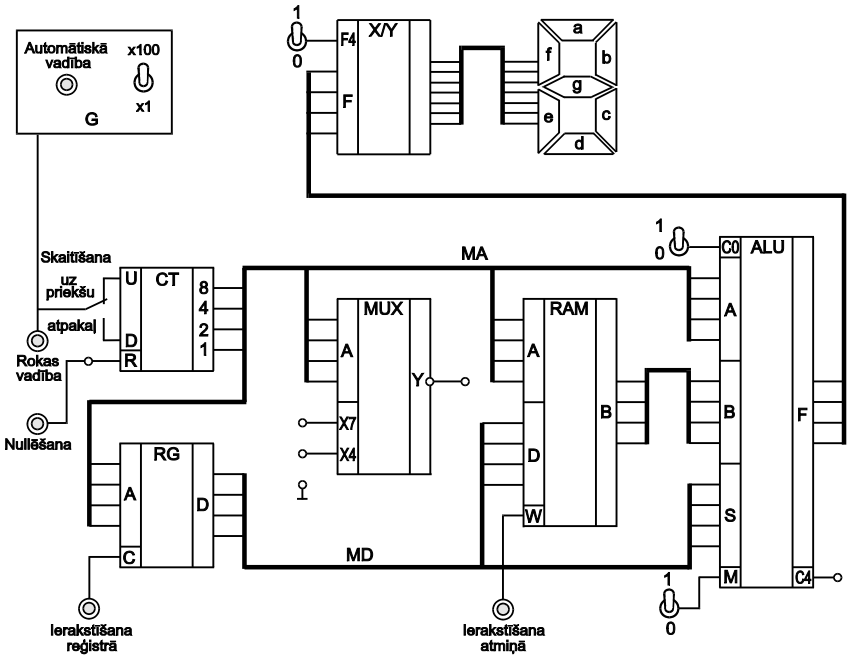
CIPARU IEKĀRTAS

1. Darba mērķis

Iepazīties ar vidējās integrācijas pakāpes ciparu mikroshēmām: skaitītāju, reģistru, multipleksoru, operatīvās atmiņas iekārtu, aritmētiski loģisko iekārtu un kodu pārveidotāju. Izpētīt šo mikroshēmu darbību.

2. Laboratorijas iekārtas apraksts

Iekārtas shēma attēlota 17. zīmējumā. Lielākā daļa savienojumu starp atsevišķiem elementiem izdarīta uz laboratorijas paneļa, bet dažus shēmas punktus var savienot ārpusē ar lokaniem vadiem. Signālus elementu ieejās un izejās var noteikt, izmantojot gaismas diodes, kas pievienotas katrai ieejas vai izejas līnijai (shēmā šīs gaismas diodes nav parādītas). Gaismas diode spīd, ja signāls ir "1".



17. zīm. Iekārtas slēgumu shēma

Ģenerators G izstrādā impulsus ar zemu frekvenci (aptuveni 1 Hz). Ar pārslēgu "x100" impulsu frekvenci var palielināt 100 reizes.

Četru kārtu reversīvais binārais skaitītājs CT saskaita impulsus, kas tam pienāk no ģeneratora G. Impulsus skaitītājam var pievadīt arī, neizmantojot ģeneratoru, bet nospiežot pogu "Rokas vadība". Katrs šīs pogas nospieciens dod vienu impulsu. Iespējams impulsus skaitīt uz priekšu un arī atpakaļ. Skaitītājs darbā tiek izmantots uzdots bināro skaitļu

iegūšanai. Skaitītāja izejas informācija nonāk adresu maģistrālē MA un reģistra, multipleksora, atmiņas iekārtas un aritmētiski loģiskās iekārtas ieejās. Ieeja R atgriež skaitītāju nulles stāvoklī - nospiežot šai ieejai pieslēgto pogu, skaitītāja izejā visās kārtās parādās nulles signāli.

Reģistrā RG var ierakstīt un saglabāt vienu četru kārtu bināro skaitli. Reģistra ieejai pievadītā skaitļa ieraksts notiek, nospiežot ieraksta pogu.

Multipleksors MUX pieslēdz izeju Y vienai no ieejām X saskaņā ar adresi, kas pievadīta adresu ieejām A. Jāievēro, ka multipleksora izeja ir inversa, tādēļ ieejām X pievadītie signāli izejā tiek invertēti. No mikroshēmas 16 ieejām uz panela izvadītas tikai divas - X4 un X7.

Operatīvās atmiņas iekārta RAM dod iespēju ierakstīt un nolasīt sešpadsmit četru kārtu bināros skaitļus. Ja ieraksta ieejai W pievada vadības signālu (nospiežot atbilstošo pogu), tad datu ieejai D pievadītais skaitlis ierakstās tajā atmiņas šūnā, kuras adrese šajā mirklī atrodas adresu ieejā A. Tādēļ ieraksta operāciju secībai jābūt šādai: vispirms skaitlis jāieraksta reģistrā RG, pēc tam adresu maģistrālei no skaitītāja CT jāpievada izvēlētās atmiņas šūnas adrese un jānospiež ieraksta poga.

Aritmētiski loģiskā iekārta ALU izpilda aritmētiskās (ja $M=0$) un loģiskās (ja $M=1$) operācijas ar diviem četru kārtu bināriem skaitļiem A un B. Operācijas veidu nosaka operācijas kods, kas pievadīts ieejai S (sk. 26. tabulu). Aritmētiskās operācijas rezultātu ietekmē arī pārnese signāls C0. Izejā C4 veidojas jaunais pārnese signāls - ja aritmētiskās operācijas rezultāts ir lielāks par 15 (binārajā formā - lielāks par 1111), tad $C4=1$.

Kodu pārveidotājs X/Y izveidots, izmantojot pastāvīgās atmiņas mikroshēmu. Tā uzdevums - pārveidot piecziņju bināro ieejas kodu 32 septiņziņju bināros skaitļos, kas tiek pievadīti septiņsegmentu indikatoram. Mikroshēma ieprogrammēta tā, lai pie signāla $F4=0$ indikatorā veidotos ieejas kodiem $F=0000$ līdz $F=1111$ atbilstošie heksadecimālās (sešpadsmitiskās) skaitīšanas sistēmas cipari, t.i., decimālie cipari no 0 līdz 9 un burti no A līdz F. Ja $F4=1$, izgaismojas atsevišķi indikatora segmenti.

3. Iepriekšējā sagatavošanās

3.1. Izstudēt laboratorijas darbā izmantojamo iekārtu: skaitītāja, reģistra, multipleksora, operatīvās atmiņas iekārtas un summatora darbības principus.

3.2. Pārdomāt katra darba uzdevuma punkta izpildes secību, atzīmējot to protokolā.

Aritmētiski loģiskās iekārtas funkcijas

Apzīmējumi:

- ∨ - loģiskā summa (funkcija VAI);
- - loģiskais reizinājums (funkcija UN);
- + - aritmētiskā summa;
- - aritmētiskā starpība;
- C - pārnesuma signāls ieejā C0

Funkcijas kods (S)			Aritmētiskā funkcija (M=0)	Loģiskā funkcija (M=1)
Decimālā pierakstā	Heksa-decimālā pierakstā	Binārā pierakstā		
0	0	0000	$A + C$	\bar{A}
1	1	0001	$(A \vee B) + C$	$\overline{A \vee B}$
2	2	0010	$(A \vee \bar{B}) + C$	$\bar{A} \cdot B$
3	3	0011	$C - 1$	0
4	4	0100	$A + (A \cdot \bar{B}) + C$	$\overline{A \cdot B}$
5	5	0101	$(A \vee B) + (A \cdot \bar{B}) + C$	\bar{B}
6	6	0110	$A - B + C - 1$	$(\bar{A} \cdot B) \vee (A \cdot \bar{B})$
7	7	0111	$(A \cdot \bar{B}) + C - 1$	$A \cdot \bar{B}$
8	8	1000	$A + (A \cdot B) + C$	$\overline{A \vee B}$
9	9	1001	$A + B + C$	$(A \cdot B) \vee (\bar{A} \cdot \bar{B})$
10	A	1010	$(A \vee \bar{B}) + (A \cdot B) + C$	B
11	B	1011	$(A \cdot B) + C - 1$	$A \cdot B$
12	C	1100	$A + A + C$	1
13	D	1101	$(A \vee B) + A + C$	$A \vee \bar{B}$
14	E	1110	$(A \vee \bar{B}) + A + C$	$A \vee B$
15	F	1111	$A + C - 1$	A

3.3. Izvēlēties un ierakstīt protokolā signālu M, C0, S un F4 vērtības, kas nepieciešamas 4.7. punkta izpildei.

3.4. Izrēķināt aritmētiski loģiskās iekārtas ALU izejas signālus F un C4 pie darba uzdevuma 4.8. punkta nosacījumiem.

4. Darba uzdevums

Vairākos darba uzdevuma punktos paredzēts izmantot individuālus datus, kurus iegūst no studenta apliecības numura **diviem pēdējiem** cipariem XY.

4.1. Nospiežot skaitītāja nullēšanas pogu, iegūt tā izejā visās līnijās nulles un ierakstīt tās reģistrā. Ar pārslēgiem iestādīt: aritmētiski loģiskajai iekārtai - C=0, M=0; kodu pārveidotājam - F4=0.

4.2. Pārbaudīt skaitītāja darbību, skaitot uz priekšu un atpakaļ.

4.3. Savienot multipleksora ieeju X4 ar "nulli", bet izeju - ar skaitītāja nullēšanas ieeju R un izpētīt, kā tagad darbojas skaitītājs. To pašu atkārtot, ja "nullei" pievienota multipleksora ieeja X7. Secinājumos izskaidrot iegūtos rezultātus.

4.4. Ierakstīt reģistrā skaitli Y+5.

4.5. Skaitli Y+5 ierakstīt operatīvajā atmiņā adresē X.

4.6. Visās operatīvās atmiņas iekārtas adresēs ierakstīt skaitli Y+3. Pēc tam četrās pirmajās adresēs ierakstīt skaitli Y+5.

4.7. Izvadīt uz indikatoru pēc kārtas četrus ciparus, kas doti 26. tabulā (variantu nosaka studenta apliecības numura pēdējie divi cipari):

- ierakstīt atmiņas iekārtā RAM adresēs A = 0, 1, 2, 3 šos četrus ciparus;

- ierakstīt reģistrā RG tādu kodu un iestādīt pārslēgus M, C0 un F4 tādā stāvoklī, lai kodu pārveidotāja X/Y ieejai caur ALU pienāktu atmiņā ierakstītie skaitļi;

- ierobežot skaitītāja CT darbību līdz četriem stāvokļiem, pievadot multipleksora ieejā X4=0 un savienojot tā izeju Y ar skaitītāja nullēšanas ieeju R;

- ieslēgt ģeneratoru.

Uzdevuma varianti

Var.	4.7	4.8			4.9	Var.	4.7	4.8			4.9
		S	B	A				S	B	A	
00	3027	1	6	4	9	01	6570	9	3	1	0
02	9517	2	3	5	9	03	2106	10	9	12	0
04	3571	4	4	11	0	05	4189	13	7	2	0
06	2570	5	14	6	0	07	3270	14	8	4	0
08	3209	8	9	13	4	09	5017	1	11	5	0
10	3027	9	11	2	2	11	3029	2	6	3	0
12	4571	10	5	1	8	13	2187	4	10	9	0
14	4165	13	6	12	2	15	3687	5	9	1	0
16	3287	14	2	5	0	17	3287	8	2	11	0
18	3029	1	13	5	5	19	1029	9	6	8	0
20	4781	2	6	1	8	21	3207	10	1	12	0
22	2035	4	7	10	8	23	2097	13	8	3	0
24	1807	5	10	9	0	25	2358	14	3	7	0
26	1509	8	9	5	2	27	3271	1	5	2	0
28	4729	9	3	4	0	29	2059	2	11	5	0
30	2059	10	11	8	0	31	3207	4	5	1	0
32	3075	13	8	1	2	33	2657	5	7	9	0
34	2049	14	6	2	0	35	3647	8	12	6	0
36	2578	1	14	4	0	37	2038	9	14	3	0
38	2543	2	9	6	0	39	3287	10	2	10	0
40	2089	4	6	12	0	41	2605	13	1	9	0

Var.	4.7	4.8			4.9	Var.	4.7	4.8			4.9
		S	B	A				S	B	A	
42	4726	5	4	3	0	43	3654	14	4	3	9
44	6528	8	10	2	5	45	2914	1	10	5	9
46	3287	9	2	8	3	47	1284	2	3	10	0
48	2068	10	8	7	0	49	3650	4	11	5	7
50	3059	13	12	1	5	51	2018	5	9	8	8
52	2594	14	3	4	5	53	3678	8	4	13	8
54	2046	1	5	3	0	55	0249	9	14	6	0
56	3608	2	8	13	0	57	3257	10	2	14	8
58	3278	4	5	2	8	59	3206	13	8	2	7
60	3270	5	6	11	5	61	3045	14	12	4	0
62	2591	8	10	9	0	63	1579	1	7	6	0
64	3027	9	3	5	5	65	5207	2	5	1	0
66	2035	10	1	3	5	67	6257	4	8	6	0
68	6872	13	5	4	0	69	3208	5	7	10	7
70	2019	14	2	8	6	71	1297	8	10	8	8
72	3624	1	14	7	8	73	3207	9	3	2	7
74	5407	2	10	1	9	75	9527	10	9	3	8
76	2597	4	5	2	8	77	2047	13	6	7	0
78	5274	5	9	10	0	79	2159	14	1	13	0
80	6981	8	2	9	3	81	3257	1	5	2	0
82	2597	9	3	7	6	83	3278	2	8	4	2
84	3278	10	7	2	5	85	9547	4	11	7	0

Var.	4.7	4.8			4.9	Var.	4.7	4.8			4.9
		S	B	A				S	B	A	
86	5278	13	8	3	8	87	1284	5	6	8	8
88	9834	14	4	12	2	89	3678	8	9	11	0
90	6025	1	14	1	3	91	2019	9	13	1	0
92	5830	2	9	2	9	93	2571	10	8	2	9
94	1278	4	8	6	2	95	3208	13	2	12	0
96	3207	5	11	7	8	97	4278	14	4	3	8
98	9856	8	5	1	9	99	3297	1	6	9	2

4.8. Izpētīt aritmētiski loģiskās iekārtas ALU darbību:

- pārslēgus ieslēgt stāvokļos - $M=0$, $C0=1$;
- pievadīt ALU ieejām skaitļus S, B un A no variantu tabulas;
- pierakstīt ALU izejās F un C4 izveidojušos signālus un salīdzināt tos ar iepriekš 3.4. punktā iegūtajiem.

4.9. Izpētīt kodu pārveidotāja X/Y darbību:

- ierakstīt atmiņas iekārtā RAM četrus vai septiņus skaitļus (atkarībā no variantu tabulā uzdotā simbola spīdošo segmentu skaita un izvietojuma);
- ieslēgt pārslēgu F4 stāvoklī "1";
- izmantojot multipleksora ieejas X4 vai X7, ierobežot skaitītāja izejas signālu kombināciju skaitu līdz četrām vai septiņām;
- ieslēgt ģeneratoru (frekvences pārslēgam jābūt stāvoklī x100).

5. Norādījumi un metodiskas rekomendācijas

Aplūkojot iekārtas savstarpējo savienojumu shēmu (17. zīm.), redzam, ka atmiņas iekārtas datu ieejai D un aritmētiski loģiskās iekārtas ieejai B signāli tiek pievadīti no reģistra RG. Tādēļ, ja nepieciešams izmantot ALU, izvēlētais signāls B vispirms jāieraksta reģistrā RG. Pēc tam adrešu maģistrālei MA jāpievada attiecīgās atmiņas šūnas adrese un dati no reģistra izejas jāieraksta atmiņas iekārtā RAM, no kurienes tie nonāk ALU

ieejā B. Nākamajā etapā reģistrā jāieraksta vajadzīgais ALU darbības veida kods S, kas līdz ar to nonāk ALU ieejā S. Tikai pēc tam ALU ieejai A var pievadīt no skaitītāja signālu A.

Izpildot darba uzdevuma 4.6. punktu, visātrāk atmiņu var aizpildīt ar vienādu informāciju, vispirms šo skaitli ierakstot reģistrā RG (t.i., pievadot to atmiņas iekārtas datu ieejai D), pēc tam palaižot ģeneratoru ar frekvences pārslēgu stāvoklī $\times 100$ un nospiežot pogu "Ierakstīšana atmiņā". Tad skaitītāja izejā viens pēc otra parādīsies visi sešpadsmit iespējamie signāli. Tādēļ arī atmiņas datu ieejai pievadītais skaitlis ierakstīsies visās sešpadsmit adresēs. Lai pēc tam pirmajās četrās adresēs ierakstītu citu informāciju, jārikojas līdzīgi, tikai skaitītāja darbība jāierobežo ar pirmajiem četriem skaitļiem (0 - 3), izmantojot multipleksora ieeju F4.

Ja $F4=1$, kodu pārveidotājs X/Y darbojas tā, lai spīdētu tikai viens indikatora segments. Pie tam, ja $F=0$, spīd augšējais segments a, ja $F=1$ - b u.t.t. Tādēļ, izpildot darba uzdevuma 4.9. punktu, atmiņas pirmajās septiņās adresēs jāieraksta spīdošajiem segmentiem atbilstošie skaitļi. Tā kā parasti nespīdēs visi septiņi indikatora segmenti, liekās atmiņas šūnas var aizpildīt, atkārtoti ierakstot spīdošo segmentu kodus. Ja simbols satur ne vairāk kā četrus segmentus, tad nav nepieciešams izmantot septiņas atmiņas adreses, bet var iztikt ar pirmajām četrām, savienojot ar "nulli" multipleksora ieeju X4.

6. Kontroles jautājumi

- 6.1. Ar ko reģistrs atšķiras no operatīvās atmiņas iekārtas?
- 6.2. Paskaidrojiet multipleksora darbības principu!
- 6.3. Kā mainīsies signāls multipleksora izejā, skaitītājam CT izvadot uz maģistrāles MA bināros skaitļus no 0000 līdz 1111, ja: a) ieejas X4 un X7 nekur nav pieslēgtas; b) ieeja X4 savienota ar "nulli"?
- 6.4. Kā izmainīsies skaitītāja CT darbība, ja multipleksora MUX ieeju X4 savienos ar "nulli", bet izeju pieslēgs skaitītāja ieejai R?
- 6.5. Kādam nolūkam shēmā paredzēts kodu pārveidotājs X/Y?
- 6.6. Kā jārikojas, lai operatīvās atmiņas iekārtā RAM adresē 0101 ierakstītu skaitli 1100?

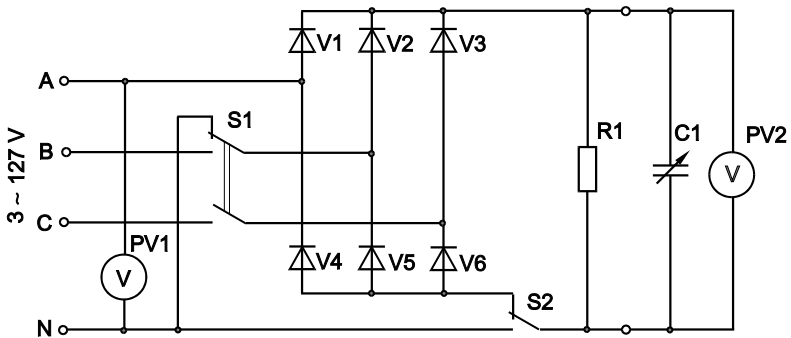
NEVADĀMIE TAISNGRIEŽI

1. Darba mērķis

Iepazīties ar vienfāzes un trīsfāžu taisngriežu shēmu īpatnībām un eksperimentāli izpētīt to darbību ar aktīvu slodzi. Izpētīt kapacitīvā filtra darbību.

2. Laboratorijas iekārtas apraksts

Uz paneļa izvietotas diodes V1 - V6, pārslēgi S1 un S2 un taisngrieža slodze - rezistors R1 (18. zīm.). Slodzes rezistoram paralēli pieslēdz kondensatoru bateriju C1 un voltmetru. Taisngriezi pieslēdz trīsfāžu četrvadu tīklam, kura fāzes spriegumu U_f mēra ar ciparu vai elektromagnētiskās sistēmas voltmetru PV1. Taisngrieztā sprieguma vidējo vērtību U_d un pulsācijas efektīvo vērtību U_p mēra ar ciparu voltmetru. Ar pārslēgu S1 var ieslēgt vienfāzes vai trīsfāžu režīmu, bet ar pārslēgu S2 - taisngrieža shēmas veidu (vientakta vai tilta). Lai izpētītu taisngrieža izejas sprieguma formu, paralēli slodzei R1 pieslēdz elektronisko oscilogrāfu.



18. zīm. Slēguma shēma taisngriežu pētīšanai

3. Iepriekšējā sagatavošanās

3.1. Izstudēt vienfāzes un trīsfāžu taisngriežu shēmas un darbības principu, pievēršot uzmanību shēmu īpašību salīdzinājumam.

3.2. Uzzīmēt sagaidāmās slodzes sprieguma līknes visām pētāmajām taisngriežu shēmām.

3.3. Izstudēt taisngriežu darbību ar kapacitīvu filtru. Uzzīmēt sagaidāmās izejas sprieguma līknes vienfāzes taisngriežu gadījumā.

4. Darba uzdevums

4.1. Ierakstīt protokolā slodzes rezistora R1 pretestību.

4.2. Izmērīt ieejas spriegumu U_f , izejas sprieguma vidējo vērtību U_d un pulsāciju efektīvo vērtību U_p šādām taisngrieža shēmām:

- a) vienfāzes vientakta (viena pusperioda);
- b) vienfāzes tilta;
- c) trīsfāžu vientakta;
- d) trīsfāžu tilta.

Mērījumu rezultātus ierakstīt 28. tabulā. Visos gadījumos no oscilogrāfa ekrāna nozīmēt oscilogrammas.

28. tabula

Taisngrieža darbība ar aktīvu slodzi

Nr. p.k.	Shēma	U_f	U_d	U_p	U_d/U_f		k_p	
					eksp.	teor.	eksp.	teor.
		V	V	V				

4.3. Mainot kondensatora C1 kapacitāti no 0 līdz 10 μF , ierakstīt 29. tabulā taisngriežto spriegumu U_d un pulsāciju efektīvo vērtību U_p . Divām kapacitātes vērtībām no oscilogrāfa ekrāna nozīmēt oscilogrammas, parādot tajās arī izejas sprieguma nulles līmeni.

Ja nav citu pasniedzēja norādījumu, tad izpildot šos pētījumus, studenti, kuru apliecības numura **pēdējais** cipars ir nepāra skaitlis, izvēlas vienfāzes vientakta shēmu, bet ja šis cipars ir pāra skaitlis - vienfāzes tilta shēmu.

29. tabula

Kapacitātes ietekme						
Nr. p.k.	C	U_f	U_d	U_p	U_d/U_f	k_p
	μF	V	V	V		

4.4. Izmantojot oscilogrāfu, iepriekšējā punktā pētītajai shēmai izmērīt starpību ΔU starp pulsāciju maksimumu un minimumu, izvēloties kondensatora C1 kapacitāti $C = 8 + N$ (μF), kur N - studenta apliecības numura **pēdējais** cipars. Mērījuma rezultātu, kā arī U_d vērtību ierakstīt 30. tabulā.

30. tabula

Pulsāciju amplitūda					
Nr. p.k.	C	U_d	ΔU		ΔU
	μF	V	c=	V	teor.
			cm	V	V

4.5. Visām pētāmajām shēmām izrēķināt un ierakstīt 28. tabulā taisngrieztā sprieguma vidējās vērtības U_d attiecību pret tīkla fāzes spriegumu U_f un pulsāciju koeficientu k_p . Rezultātus salīdzināt ar teoriju.

4.6. Izmantojot 29. tabulas datus, attēlot grafiski sakarības $U_d/U_f = f(C)$ un $k_p = f(C)$.

4.7. Pie darba uzdevuma 4.4. punkta nosacījumiem izrēķināt teorētisko pulsāciju amplitūdu ΔU un ierakstīt to 30. tabulā.

4.7. Novērtēt darba rezultātus.

5. Norādījumi un metodiskas rekomendācijas

Lai oscilogrammas varētu salīdzināt, tās jāuzņem vienā mērogā. Tādēļ oscilogrāfa izvērsi pa horizontāli vajag noregulēt tā, lai uz ekrāna izvietotos ne mazāk par barojošā sprieguma vienu periodu. Izvērses regulēšanas laikā vēlams ar pārslēgiem S1 un S2 ieslēgt vienfāzes vientakta taisngrieža shēmu.

Oscilogrāfa pastiprinājumu pa vertikāli vajag noregulēt tā, lai oscilogramma izvietotos ekrāna robežās trīsfāžu tilta shēmas gadījumā. Pie tam līnijai, kas atbilst nulles līmenim, arī jāatrodas ekrāna robežās. Pēdējo nosacījumu pārbauda, atvienojot oscilogrāfu no taisngrieža vai izslēdzot spriegumu.

Izpildot 4.2. punktu, var izmantot šādas teorētiskās taisngrieztā sprieguma vidējās vērtības attiecības pret barojošā tīkla fāzes spriegumu un teorētiskās pulsāciju koeficienta vērtības:

Shēma	U_d/U_f	k_p
Vienfāzes vientakta	0,45	1,71
Vienfāzes tilta	0,90	0,68
Trīsfāžu vientakta	1,17	0,26
Trīsfāžu tilta	2,34	0,06

Pulsāciju koeficientu nosaka kā taisngrieztā sprieguma mainīgās komponentes amplitūdas attiecību pret vidējo vērtību:

$$k_p = \frac{U_{pm}}{U_d} = \frac{\sqrt{2} U_p}{U_d}$$

Bieži literatūrā var sastapt citu pulsāciju koeficienta definīciju - pulsāciju pirmās harmoniskās amplitūdas attiecību pret vidējo vērtību. Tā kā augstāko harmonisko amplitūdas ir ievērojami mazākas par pirmās harmoniskās amplitūdu, rezultāti praktiski sakrīt. Lielākā atšķirība ir vienfāzes vientakta shēmai - pēc pirmās harmoniskās noteiktais pulsāciju koeficients ir 1,57.

Lai teorētiski noteiktu izejas sprieguma pulsāciju līmeni, var izmantot šādu aptuvenu aprēķina metodi. Ja pulsāciju amplitūda ir ievērojami mazāka par taisngrieztā sprieguma vidējo vērtību U_d , pieņemam, ka slodzes strāva laikā nemainās. Tad viena perioda laikā (vienfāzes

vientakta shēmai tas sakrīt ar tīkla sprieguma periodu T) kondensatoram izlādējoties caur slodzes pretestību, tā elektriskais lādiņš samazinās par $\Delta q = I_d T$. Lādiņa samazināšanās izsauc sprieguma samazināšanos par $\Delta U = \Delta q/C$. No šejienes iegūstam:

$$\Delta U = \frac{I_d T}{C} = \frac{I_d}{fC}$$

Slodzes strāvu var atrast, zinot U_d un slodzes pretestību. Jāievēro, ka vienfāzes tilta shēmas gadījumā pulsāciju periods ir $T/2$.

Pulsāciju amplitūdas noteikšanai (p. 4.4) oscilogrāfs jāpārslēdz uz maiņsprieguma mērīšanu, lai atdalītu nost līdzsprieguma komponenti. Pēc tam jāieregulē tāda jūtība pa vertikāli, lai oscilogramma nebūtu mazāka par pusi no ekrāna augstuma. Jāievēro, ka pastiprinājuma nepārtrauktās regulēšanas rokturim jāatrodas maksimālajā (fiksētajā) stāvoklī./

6. Kontroles jautājumi

- 6.1. Paskaidrojiet pusvadītāju diodes voltampēru raksturlīkni!
- 6.2. Paskaidrojiet taisngriežu darbības principu!
- 6.3. Kādas priekšrocības un trūkumi ir dažādām taisngriešanas shēmām?
- 6.4. Kāpēc lielas jaudas taisngriežu iekārtās neizmanto vienfāzes un trīsfāžu vientakta shēmas?
- 6.5. Kura taisngriešanas shēma nodrošina vismazāko relatīvo pulsāciju līmeni?
- 6.6. Ko sauc par pulsāciju koeficientu? Kā to var noteikt, izmantojot laboratorijas darbā iegūtos mērījumu rezultātus?
- 6.7. Kā var samazināt taisngrieztā sprieguma pulsācijas?
- 6.8. Kā izmainīsies pulsāciju amplitūda, ja samazinās slodzes pretestību?
- 6.9. Vai taisngrieztā sprieguma vidējā vērtība izmainīsies, ja paralēli slodzei pieslēgs kondensatoru?
- 6.10. Vai taisngriezto spriegumu var mērīt ar elektromagnētiskās sistēmas voltmetru? Vai šajā gadījumā voltmetrs rādīs to pašu, ko magnētelektriskās sistēmas voltmetrs?

VADĀMAIS TAISNGRIEZIS

1. Darba mērķis

Iepazīties ar taisngrieztā sprieguma fāzes regulēšanas principu. Izpētīt vienfāzes vadāmā taisngrieža darbību ar aktīvu slodzi.

2. Laboratorijas iekārtas apraksts

Laboratorijas darbā tiek pētīta vienfāzes vadāma taisngrieža tilta shēma (19. zīm.). Uz paneļa samontētas diodes V1, V2 un tiristori V3, V4. Ar slēdzi S1 var atslēgt vienu tilta pusi, tā iegūstot viena pusperioda vadāmu taisngriezi. Tiristoru atvēršanai nepieciešamos vadības impulsus ģenerē vadības iekārta, kuras shēma 19. zīmējumā nav parādīta. Vadības impulsu nobīdi attiecībā pret pievadītā sprieguma kārtējā pusperioda sākumu (vadības leņķi α) regulē, mainot rezistora R1 pretestību.

Panelim papildus jāpieslēdz taisngrieža slodze R4 un mēraparāti - elektromagnētiskās sistēmas voltmetrs PV1 pievadītā sprieguma U mērīšanai un ciparu multimetrs PV2 taisngrieztā sprieguma vidējās vērtības U_d un pulsāciju efektīvās vērtības U_p mērīšanai.

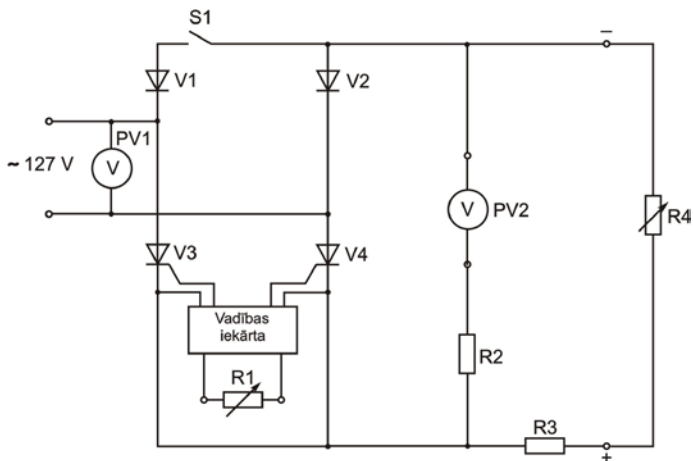
Rezistori R2 un R3 paredzēti tiristoru un diožu aizsardzībai pret iespējamiem īsslēgumiem un pārslodzēm, nepareizi izvēloties slodzes rezistora R4 pretestību. Lai darbā iegūtu pareizus rezultātus, jāievēro, ka oscilogrāfs pieslēdzams paralēli voltmetram PV2, nevis slodzei R4.

3. Iepriekšējā sagatavošanās

3.1. Atkārtot tiristora darbības principu, tā atvēršanas un aizvēršanas nosacījumus.

3.2. Atkārtot vienfāzes nevadāmo taisngriežu darbības īpatnības aktīvas slodzes gadījumā.

3.3. IZanalizēt vadāmā taisngrieža darbību. Uzzīmēt sagaidāmās slodzes sprieguma līknes viena un divu pusperiodu taisngriezim.



19. zīm. Slēgumu shēma vadāmā taisngrieža pētīšanai

3.4. Uzrakstīt formulu $\cos \alpha$ aprēķinam viena pusperioda taisngrieža gadījumā.

4. Darba uzdevums

4.1. Pasniedzēja norādītajai shēmai (viena vai divu pusperiodu) ar oscilogrāfu uzņemt slodzes sprieguma līknes pie trim dažādiem vadības leņķiem.

4.2. Iepriekšējā punktā minētajos režīmos ar oscilogrāfu izmērīt laiku t_{atv} , kurā tiristors ir atvērts. Šo laiku, kā arī mēraparātu rādījumus ierakstīt 31. tabulā.

31. tabula

Nr. p.k.	U	U_d	U_p	t_{atv}		α_{eks}	α_{apr}	k_p
				C=				
	V	V	V	ied.	ms	grādi	grādi	

4.3. Pēc spriegumu mērījumu rezultātiem aprēķināt tiristoru vadības leņķus α . Šos pašus leņķus noteikt, izmantojot izmērītos tiristoru atvērtā stāvokļa laikus. Rezultātus ierakstīt 31. tabulā.

4.4. Izrēķināt un ierakstīt tabulā izejas sprieguma pulsāciju koeficientus.

4.5. Novērtēt darba rezultātus.

5. Metodiskas rekomendācijas

Aktīvas slodzes gadījumā divu pusperiodu taisngrieža izejā sprieguma vidējo vērtību var noteikt, izmantojot izteiksmi

$$U_d = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} U_m \sin \omega t d(\omega t) = \frac{U_m}{\pi} (1 + \cos \alpha),$$

no kurienes iegūstam

$$\cos \alpha = \frac{2,22U_d}{U} - 1.$$

Jāievēro, ka viena pusperioda taisngrieža izejas spriegums ir divas reizes mazāks nekā augstāk noteiktais.

Pulsāciju koeficientu var noteikt pēc formulas

$$k_p = \frac{\sqrt{2} U_p}{U_d},$$

kur U_p - taisngrieztā sprieguma mainīgās komponentes efektīvā vērtība.

6. Kontroles jautājumi

- 6.1. Paskaidrojiet tiristora darbības īpatnības!
- 6.2. Salīdziniet tiristora un diodes galvenās īpašības!
- 6.3. Ar ko vadāms taisngriezis atšķiras no nevadāma?
- 6.4. Paskaidrojiet taisngrieztā sprieguma fāzes regulēšanas principu!
- 6.5. Kas ir pulsāciju koeficients?
- 6.6. Kā izmainīsies pulsāciju koeficients, ja tiks palielināts vadāmā taisngrieža vadības leņķis?

6.7. Kā izmainīsies jaudas koeficients vadāmā taisngrieža barošanas ķēdē, ja tiks palielināts vadības leņķis?

6.8. Kurš voltmetsrs - magnētelektriskās vai elektromagnētiskās sistēmas - rāda lielāku izejas spriegumu un kādēļ?

SATURS

Priekšvārds	3
Darbu izpildīšanas noteikumi	4
1. Piedalīšanās laboratorijas darbos	4
2. Sagatavošanās darbam un zināšanu pārbaude	4
3. Darbs laboratorijā	4
4. Atskaites iesniegšana un darba ieskaitīšana	5
5. Norādījumi par grafiku zīmēšanu	6
Drošības tehnikas instrukcija	7
1. darbs. Sprieguma stabilizators	9
2. darbs. Bipolārais tranzistors	13
3. darbs. Lauktranzistors ar izolēto aizvaru	17
4. darbs. Tiristors	21
5. darbs. Optoelektroniskais pāris	25
6. darbs. Tranzistora maiņsprieguma pastiprinātājs	29
7. darbs. Operacionālais pastiprinātājs	34
8. darbs. Integrējošais pastiprinātājs	37
9. darbs. Šmita triggers	40
10. darbs. Multivibrators	44
11. darbs. Loģiskie elementi	48
12. darbs. JK triggers	54
13. darbs. Ciparu iekārtas	63
14. darbs. Nevadāmie taisngrieži	72
15. darbs. Vadāmais taisngriezis	77