



EIROPAS REĢIONĀLĀS  
ATTĪSTĪBAS FONDS



EIROPAS SAVIENĪBA

IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ



**TEHNISKĀS  
JAUNRADES  
N A M S  
annas - 2**

**LETERA.**

Latvijas Elektrotehnikas  
un elektronikas  
rūpniecības asociācija

**Egmonts Pavlovskis**

# **Elektronikas pamati**

## **2. daļa**

**Mācību līdzeklis interešu izglītības elektronikas pulciņu audzēkņiem un citiem interesentiem**

Mācību līdzeklis tapis Eiropas reģionālās attīstības fonda projekta „Latvijas Elektronikas un elektrotehnikas nozares klasteris” ietvaros (Projekta Nr. KAP/2.3.2.3.0/12/01/003, Līgums Nr. L-KAP-12-0002)

Rīga 2016

## SATURS

Ievads	3.lpp
Laboratorijas darbs Nr. 1. Slēdžu tilts.	4.lpp
Laboratorijas darbs Nr. 2. Oma likums un elektriskā jauda.	7.lpp
Laboratorijas darbs Nr. 3. Voltmetra un ampērmetra lietošana. Virtnes un paralēlais slēgums.	8.lpp
Laboratorijas darbs Nr. 4. Saules baterijas tests.	11.lpp
Laboratorijas darbs Nr. 5. Volt-ampēr raksturlīkne.	13.lpp
Laboratorijas darbs Nr. 6. Amplitūdas-frekvenču raksturlīkne.	14.lpp
Laboratorijas darbs Nr. 7. Zemfrekvenču filtrs.	15.lpp
Laboratorijas darbs Nr. 8. Augstfrekvenču filtrs.	16.lpp
Laboratorijas darbs Nr. 9. Eksperimenti ar skaņu 1.	17.lpp
Laboratorijas darbs Nr. 10. Eksperimenti ar skaņu 2.	19.lpp
Laboratorijas darbs Nr. 11. Eksperimenti ar skaņu 3.	22.lpp
Laboratorijas darbs Nr. 12. Signāla avota un slodzes salāgošana.	24.lpp
Laboratorijas darbs Nr. 13. Relejs.	27.lpp
Laboratorijas darbs Nr. 14. Ciparu tehnikas elementi.	29.lpp
Mikroshēmas, kas dara to, ko mums vajag.	31.lpp
Dators, kā mērinstruments elektronikā.	36.lpp
Izmantotā literatūra	38.lpp

## IEVADS

Atšķirībā no mācību materiāla pirmās daļas, šeit dominē laboratorijas darbi. Pārsvārā par tām elektronikas zināšanu tēmām, kas jau apskatītas 1. daļā. Bet ir arī izņēmumi, kā piemēram laboratorijas darbi par skaņas viļņiem un to īpašībām, vai, piemēram, laboratorijas darbs “Slēdžu tilts”, kas domāts vienkāršu elektrisku slēgumu analīzes iemaņu attīstīšanai. Daži laboratorijas darbi ietver sevī arī pavisam jaunu, iepriekšējā daļā neapskatītu teorētisko materiālu. Piemēram, par signāla avota un tā slodzes salāgošanu. Daži ir ļoti vienkārši veicami un piemēroti pat 4. klases audzēkņiem, kā laboratorijas darbs par Saules baterijas testēšanu. Darba nobeigumā prasīts rezultātus uzrādīt diagrammā. Šādā gadījumā skolotājam jāizstāsta, un ar konkrētiem piemēriem jāparāda audzēkņiem, kas ir diagramma, un kā to uzzīmēt pašam, lietojot savu mērījumu rezultātus.

Tehniskās jaunrades nama “Annas 2” elektronikas pulciņā pirmie no šiem laboratorijas darbiem tiek piedāvāti audzēkņiem, kas izgatavojuši savas pirmās divas elektroniskās ierīces divos dažādos montāžas veidos. Pirmā konstrukcija satur 12 elektroniskas komponentes, to skaitā 3 tranzistorus, un tiek montēta uz kartona plātnes ar vadu montāžu. Otrajā konstrukcijā ir 8 līdz 14 komponentes, un tā tiek montēta uz universālās “spiestās” maketēšanas plātes ar vadītāju celiņiem, kas prasa pavisam savādāku pieeju elementu izkārtšanā.

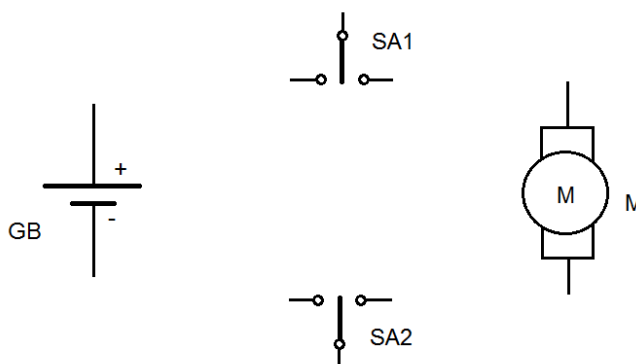
Minētie laboratorijas darbi ietilpst pulciņa izvēles programmā, un par to veikšanu (ir arī citas prasības) tiek iegūti nepieciešamie punkti divu dažāda līmeņa izglītības apliecību saņemšanai. 1. līmeņa TJN “Annas 2” izglītības apliecības “Par elektrisku shēmu montāžas pamatu apguvi” saņemšanai jāiegūst 6 punkti, pa vienam no 9 iespējamām aktivitātēm (dažas ir obligātās, dažas izvēles šajā sarakstā). Viens no “obligātajiem punktiem” apliecībai ir šeit aprakstītā 2. laboratorijas darba “Voltmetra un ampērmetra lietošana. Virknes un paralēlais slēgums” veiksmīga izpilde.

Laboratorijas darbu apraksti nav izsmeļoši, tie ir kā uzmetums skolotāja darba plānam ar audzēkņiem par doto tēmu. Tos nav paredzēts dot audzēkņiem nekomentējot un nepapildinot!

## Laboratorijas darbs Nr. 1

### “Slēdžu tilts”

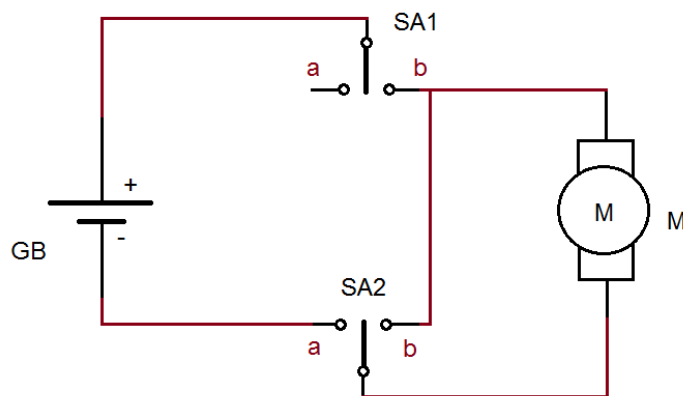
**DOTS:** Zīmējums (1.att.) ar 4 elementiem: bateriju, motorīņu un diviem pārslēdzējiem.



1.att.

**DARBA UZDEVUMS:** Dotajiem 4 elementiem kopā ir 10 izvadi. Savstarpēji savienot tos tādā slēgumā, lai, ar abu pārslēdzēju palīdzību varētu gan pārslēgt elektromotoriņa rotācijas virzienu, gan to apstādināt! Elektromotoriņa rotācijas virziens izmainīsies, izmainot tā pieslēguma polaritāti.

**DARBA GAITA:** Ja darba uzdevums šķiet gana grūts un sākumā neviena ideja, kā elementus savienot prātā nenāk, varam padarīt to daudz vienkāršāk uzsākamu: droši varam savienot elementus “kā pagadās”. Un analizēt “nejaušā” slēguma (piemēram kā 2.att.) darboties spēju.



2.att.

Sastādam tabulu (1.tab.), kas aprakstīs slēguma darbību visās iespējamās slēdžu pozīcijās. Lai to būtu vieglāk izdarīt, 2.attēlā definētas slēdžu pozīcijas: “a” pozīcija – centrālais slēdža kontakts savienots ar kontaktu kreisajā pusē; “b” pozīcija – centrālais slēdža kontakts savienots ar kontaktu labajā pusē.

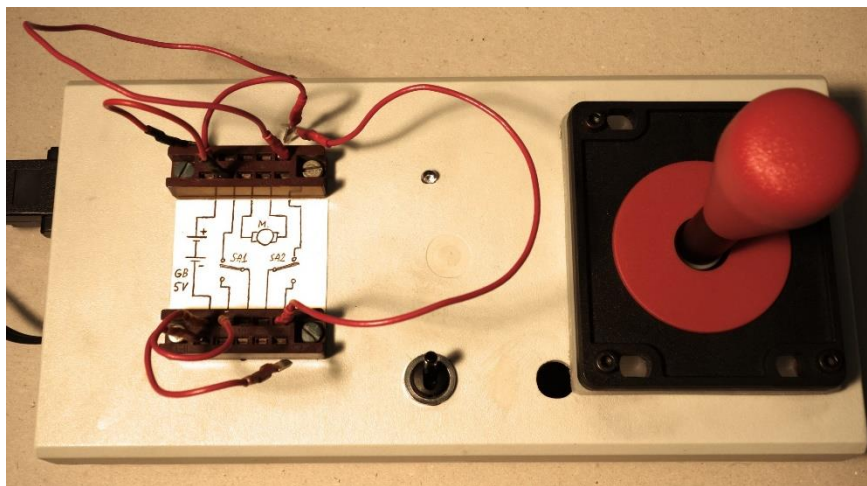
SA1	SA2	Slēguma darbības apraksts
a	a	Baterijas “-” pieslēgts motora apakšējam izvadam; baterijas “+” nav pieslēgts (motors negriežas)
a	b	Baterija nav pieslēgta; motors īsslēgts (bremzēšana)
b	a	Baterijas “+” pie motora augšējā izvada, “-” pie apakšējā (motors griežas)
b	b	Baterijas “+” pie motora augšējā izvada, “-” nav pieslēgts; motors īsslēgts (bremzēšana)

1.tab.

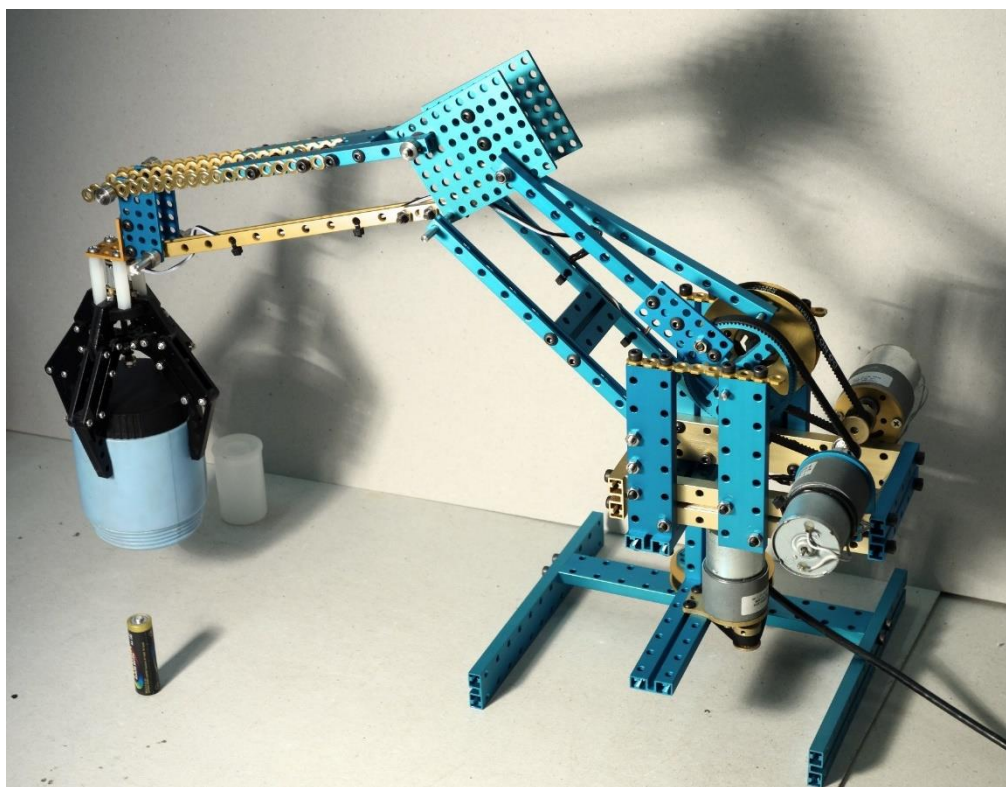
Svarīgāk par iemaņām slēguma izveidē ir prasme analizēt esošo slēgumu. Tieši to mēs šajā darbā cenšamies apgūt. Svarīgi arī prast izvēlēties un lietot atbilstošus palīglīdzekļus (šajā gadījumā tabulu), kas atbrīvo mūs no nepieciešamības paturēt prātā visus slēguma analīzes atsevišķos posmus.

Finālā, protams, vajadzētu nonākt pie pareizi funkcionējoša slēguma versijas. Vispār ir iespējamās divas slēguma versijas, kurās iespējams mainīt motora rotācijas virzienu. Viena ir visai neveiksmīga versija (visbiežāk audzēkņi uzzīmē vispirms tieši to), kurā ir divas pozīcijas ar motora rotāciju pretējos virzienos, bet divas pārējās pozīcijas rada īsslēgumu baterijai. Tad autoram jādūdz “paskatīties uz slēgumu no cita skatu punkta”, un pārzīmēt to savādāk.

Kad uzzīmēts pareizais slēgums, var pielietot iepriekš sagatavotu slēguma maketu (piemēram kā 3.att.) lai pārlicinātos par idejas darbību praksē. TJN “Annas 2” šim nolūkam izmantojam robotu-celtni (4.att.). Tā sastāvā gan ir veseli 4 elektrodzinēji, un tāpēc slēgums maketa iekšienē ir komplicētāks, bet tā maketa daļa, kas jāsaslēdz audzēkņim ir tieši tāda kā 1.attēlā redzamā.



3. att.

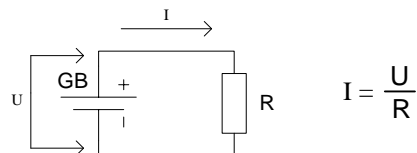


4.att.

Slēguma praktiskai demonstrācijai pilnīgi pietiek ar vienu elektromotoriņu ar reduktoru un, teiksim, krāsainu kartona disku uz ass – ar pietiekami lēnu kustību, lai rotācijas virziena noteikšana nesagādātu grūtības.

## Oma likums un elektriskā jauda.

Teorija mums saka, ka 1. att. redzamajā slēgumā, kurš sastāv no baterijas un rezistora, attiecības starp strāvas stiprumu ( $I$ ), ko mēra ampēros (A), spriegumu ( $U$ ), ko mēra voltos (V) un elektrisko pretestību ( $R$ ), ko mēra omos ( $\Omega$ ) ir sekojošas:

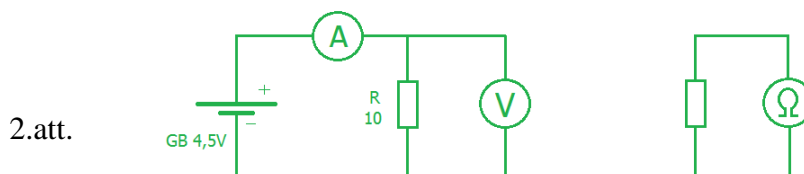


1.att.

Pārbaudīsim to praksē, veicot nelielu laboratorijas darbu!

**Darba piederumi:** Elektriska baterija vai cits strāvas avots ar spriegumu 3...5V; 10 $\Omega$  rezistors ar jaudu vismaz 2W; vēl kāds 10...100 $\Omega$  pretestības rezistors; ampērmets un voltmets vai multimetrs, kurš var veikt abas šīs funkcijas.

**Darba gaita: 1.** Veicam visus mērījumus atbilstoši 2.att. slēgumam!



2.att.

Aprēķinam strāvu  $I_{apr1} = U/R$  un  $I_{apr2} = U/R_{izm}$ , kur  $R$  – rezistora nominālā pretestība 10  $\Omega$ , bet  $R_{izm}$  – rezistora izmērītā pretestība. Salīdzinām šīs aprēķinātās strāvas vērtības ar izmērīto strāvas vērtību! Kādu iemeslu pēc parasti šie 3 strāvu lielumi mazliet atšķiras? (Noskaidrojiet to kopā ar skolotāju!)

2. Ievērojam, ka rezistors silst! Visa tam pievadītā elektriskā enerģija pārvēršas siltuma enerģijā. Elektriskā jauda  $P = U * I$ , to mēra vatos (W). Aprēķinam, cik liela jauda siltuma veidā izdalās mūsu rezistorā!

3. Izmērot strāvas stiprumu un spriegumu (atbilstoši 2.att. slēgumam) nezināmas pretestības rezistoram un pielietojot Oma likuma formulu aprēķināt rezistora pretestību!

Lai to paveiktu lietojam sekojošu formulas pārveidošanas procedūru:

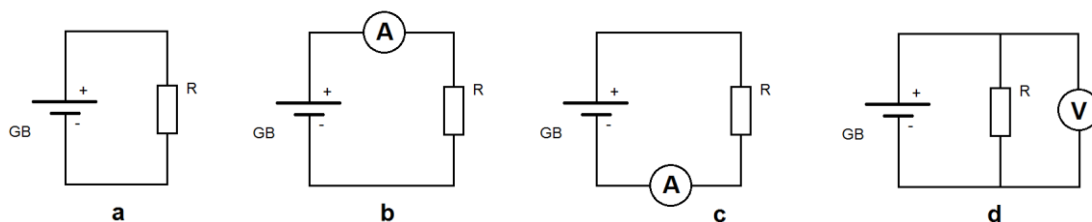
$$I = \frac{U}{R} \quad R = ? \Rightarrow 4 = \frac{8}{2} \Rightarrow 2 = \frac{8}{4} \Rightarrow R = \frac{U}{I}$$

4. Aprēķināt, kāds spriegums būs uz 20  $\Omega$  rezistora, ja caur to plūdis 0,1 A stipra strāva!

## Voltmetra un ampērmetra lietošana.

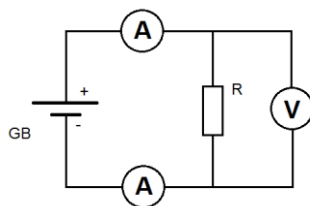
### Virknes un paralēlais slēgums.

**IEVADS.** Vienkāršākais elektriskais slēgums redzams **1.a) att.** Tas sastāv no elektriskās baterijas GB un rezistora R. Lai izmērītu šajā slēgumā plūstošās strāvas stiprumu, papildus jāieslēdz ampērmetrs, kā parādīts **1. b) vai c) att.** Ampērmetru slēdz virknē ar slēgumu vai tā daļu, kurā vēlas izmērīt caurplūstošās strāvas stiprumu. Tāpēc, lai esošam slēgumam pievienotu ampērmetru, vispirms nākas slēgumā pārraut vienu vadu un šajā pārrāvuma vietā ievietot ampērmetru. Ampērmetram ir ļoti maza elektriskā pretestība, tas ļoti labi vada elektrisko strāvu un, pareizi ieslēgts, praktiski neizmaina slēguma parametrus.



1.att.

Lai **1. a)** attēla slēgumā izmērītu elektrisko spriegumu, voltmētru slēdz paralēli slēgumam – **1. d) att.** Voltmetram ir ļoti liela elektriskā pretestība, tas ļoti slikti vada elektrisko strāvu un, pareizi ieslēgts, praktiski neizmaina slēguma parametrus.



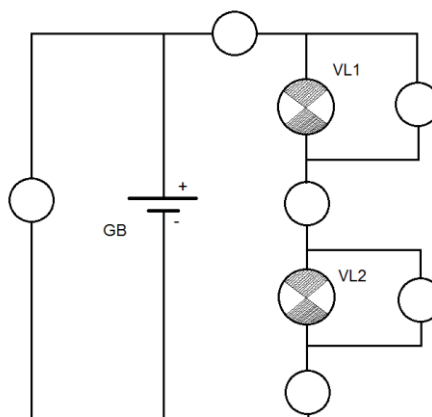
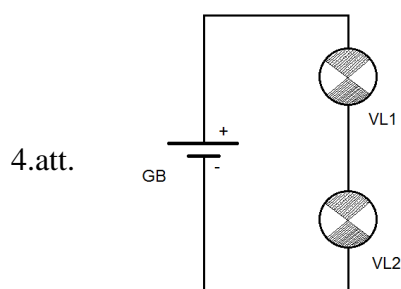
2.att.

Visi apskatāmajā gadījumā iespējamie pareizie voltmetra un ampērmetra pieslēgšanas veidi vienkopus parādīti **2. att.**

**DARBA UZDEVUMS, 1. DAĻA.** Dots elektriskais slēgums ar divām kvēlspuldzītēm un bateriju (baterijas vietā vajadzētu lietot regulējamu līdzsprieguma avotu ar strāvas pārslodzes aizsardzības sistēmu). Šādu slēgumu (3. att.) sauc par **virknes slēgumu**. Savukārt 4. att. parādīti slēgumā papildus saslēgti visi iespējamie ampērmetri un voltmetri. Pie tam, katrs no šiem “aplīšiem” var būt vai nu ampērmetrs vai voltmētrs. Nav tādu vietu slēgumā, kur būtu pieļaujams slēgt gan voltmētru, gan



ampērmetru. Vispirms cenšoties vadīties pēc ievadā apskatītā slēguma analogijas, iezīmēt aplīšos attiecīgi **A** vai **V** burtus!



3.att.

Par to,

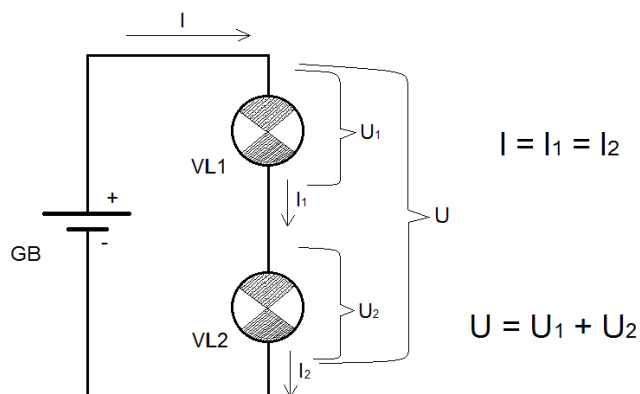
shēmas

ka ir pieslēgts pareizais mēraparāts konkrētajā slēguma vietā, liecinās normāla darbība – abas spuldzītes kvēlos tā pat kā 3. att. slēgumā (gadījumā bez mēraparātiem). Ja abas spuldzītes nedeg, vai viena nedeg, bet otra deg pārāk spoži, tas norāda, ka ir pieslēgts nepareizais mēraparāts. Vienkārši, steidzami jānomaina ampērmetrs pret voltmetru vai otrādi, un problēma atrisināsies. Šāds praktisks eksperiments ir visātrākais veids kā iemācīties pareizi lietot dotos mēraparātus. Kad esam kādā no 6 pozīcijām (“aplīši”) ieslēguši pareizo mēraparātu, iezīmējam aplītī attiecīgo burtu, un līdzās mērījuma rezultātu, neaizmirstot aiz skaitļa pierakstīt arī mērvienības nosaukumu. Jāatzīmē, ka nebūt nav nepieciešams lietot 6 mēraparātus, pilnīgi pietiek ar vienu vai diviem multimetriem. Ērtāk lietot 2 multimetrus – vienu pastāvīgi ieslēgtu ampērmetra režīmā, otru – voltmetra režīmā. Šim laboratorijas darbam nav nepieciešams izveidot slēguma maketu un tml. Slēgumos visērtāk izmantot lampiņas no virtenēm ar lielu lampiņu skaitu (ap 50) un nominālo spriegumu 3...6V. To savienošanu var veikt vienkārši satinot vadu galus (5.att.)



Virknes slēguma parametru savstarpējās sakarības parādītas 6. att. Pārlicināties vai tās izpildās mūsu mērītajiem parametriem!

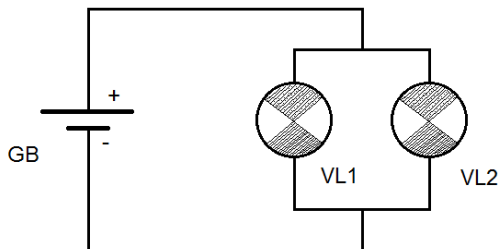
5.att.



6.att.

### DARBA UZDEVUMS, 2. DAĻA. Paralelā slēguma pētīšanai

nepieciešamas tās pašas komponentes, tikai tās jāsaslēdz kā 7.att. Salīdzinot ar virknes slēgumu, tagad barošanas spriegumu vajadzēs samazināt 2 reizes. Patstāvīgi pārzīmējiet slēgumu ievietojot tajā visus nepieciešamos mēraparātus (līdzīgi kā tas bija izdarīts 4. att.)! Tā kā detaļu skaits slēgumā salīdzinot ar virknes slēgumu nav mainījies, varam prognozēt, ka arī šeit nepieciešamais mēraparātu pozīciju skaits būs līdz sešām. Tomēr var gadīties, ka ir iezīmēti 6 mēraparāti, bet skolotājs secina, ka tomēr zīmējumā trūkst 2 mēraparāti. Tas nozīmē, ka daži iezīmētie mēraparāti dublē viens otra funkcijas un mēra vienu un to pašu parametru. Tādā gadījumā zīmējums vēl jāpapildina.



7.att.

Veiciet visus atbilstošos mērījumus un ierakstiet to rezultātus savā shēmas zīmējumā! Ar skolotāja palīdzību izpētiet sakarības starp izmērītajiem lielumiem paralēlajā slēgumā, un kā kopsavilkumu izveidojiet attēlu, kas līdzīgs 6.att. redzamajam.

**Nobeigumā noskaidrojiet** kāpēc ievietojot mērītos lielumus sakarību formulās, bieži redzama ļoti neliela nesakrītība! Vai ir iespējami mērījumi bez mērījumu kļūdām? Kur tās rodas? (Kopā ar skolotāju noskaidrojiet vismaz 5 dažādus mērījumu kļūdu rašanās cēloņus šajā darbā!) **Un pēdējais vingrinājums:** ņemam kādu paštaisītu elektronisku ierīci un izmēram tās patērēto strāvas stiprumu !

## Saules baterijas tests

**IEVADS:** Saules enerģija uz mūsu planētas ir galvenais iemesls, kāpēc šeit ir vējš, jūrā viļņi, dzīvība visapkārt, kāpēc varam izgaismot savus mājokļus, braukt ar auto, klausīties mūziku. Tā visa ir tieši vai pakārtoti pārveidota Saules enerģija. Tāpēc ir tikai loģiski, ka vajadzētu biežāk iegūt enerģiju mums nepieciešamajām lietām tieši no Saules starojuma nevis netieši ar Saules enerģijas „konservu” – naftas un gāzes palīdzību.

Saules bateriju paneļi ir viens no šādiem veidiem. Tiesa, ne tas efektīvākais. Zemes atmosfēras augšējās slāņos uz katru kvadrātmetru pienākas ap 1366 W Saules enerģijas (dienas gaišajā laikā, protams). Jūras līmenī, skaidrā dienā tas ir ap 1000 W/m<sup>2</sup>. Latvijā vidēji gada laikā uz 1 m<sup>2</sup> pienākas 1000 kWh Saules enerģijas, tas ir vidēji 110 W uz kvadrātmetru. Esošo Saules paneļu efektivitāte ir ap 13%, tāpēc vidēji gada laikā no 1 m<sup>2</sup> Saules paneļu varam iegūt 14 W elektriskās enerģijas. Arī tikai tad, ja panelis vienmēr tiek pavērsts pret Sauli. Toties saulainā vasaras dienā varam no 1 m<sup>2</sup> liela paneļa iegūt 130 W elektriskās enerģijas.

**DARBA PIEDERUMI:** Neliels Saules baterijas panelis; voltmētrs (multimētrs); 200 Ω rezistors; 2 kΩ rezistors; 300...500 W jaudas starmētris vai kāds cits gaismas avots; mērlenta; papīrs, pildspalva, lineāls.

Vēlamais Saules panelīša tips – ar 4,5V nominālo spriegumu un ap 20 cm<sup>2</sup> efektīvo virsmas laukumu. Tādu var izņemt no dārza lampiņām, kurās ir divi AA izmēra akumulatori.



Attēlā labajā pusē redzamās dārza lampiņas Saules baterijā starp 4 elementu strīpām ir tukšas vietas. Uz 30 cm<sup>2</sup> kopējā virsmas laukuma, tikai 10 cm<sup>2</sup> ir efektīvais virsmas laukums. Šādi elementi ir ļoti neefektīvi, bet var divus tādus slēgt virknē, ja nav elementu ar normālu aizpildījumu.

## DARBA UZDEVUMS:

1. Noteikt esošā Saules panelīša efektīvo virsmas laukumu!
2. Izmērīt kā mainās spriegums uz panelīša (bez slodzes), mainot tā attālumu līdz gaismas avota centram no 25 līdz 100 cm. (veikt mērījumus 3 attālumos: 25cm, 50cm, 100cm)!
3. Noteikt kā šajos 3 attālumos mainās spriegums uz panelīša, ja tam pieslēgts patērētājs – 2 k $\Omega$  un 200  $\Omega$  slodzes rezistors.
4. Iegūtās 3 sakarības attēlot kā 3 līknes vienā diagrammā (pa vertikāli – spriegums voltos, pa horizontāli – attālums līdz gaismas avotam centimetros)! Pārliecināties, ka 100 cm attālumā uz 200  $\Omega$  slodzes rezistora spriegums ir vairākas reizes mazāks, kā gadījumā bez slodzes! Ja tas neizpildās, pārliecināties, vai slodze ir pareizi pieslēgta sprieguma avotam – Saules baterijas panelītim!
5. Aprēķināt katrā no 9 mērītajiem gadījumiem, kāda ir slodzes patērējamā jauda no Saules baterijas panelīša. Kurā gadījumā tā ir maksimāla?
6. Papilduzdevums – noteikt maksimāli iegūto elektrisko jaudu attiecībā uz 1 m<sup>2</sup> Saules paneļu virsmas laukumu!

## Nobeiguma jautājumi

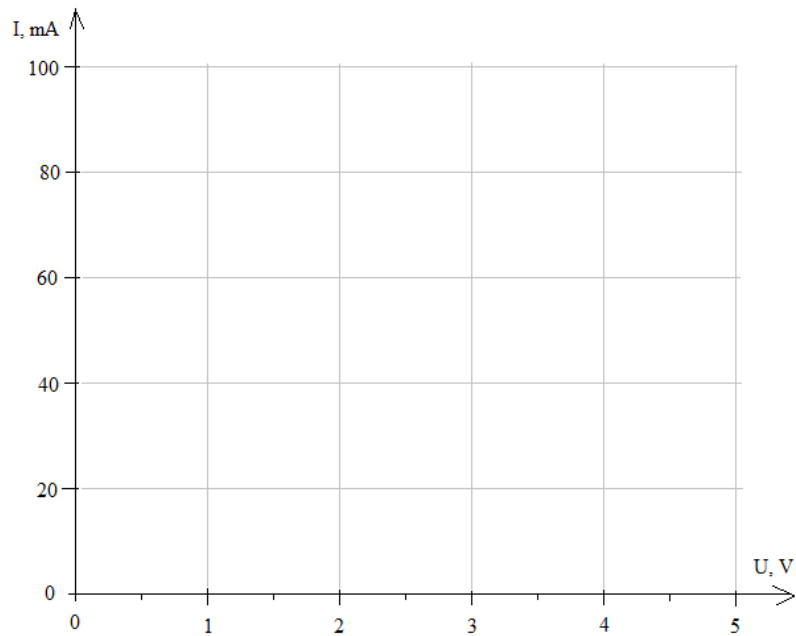
Nobeiguma jautājumi domāti, lai secinātu vai darba gaitā ir veidojusies izpratne par diagrammām, un to pielietošanu. Ja nepieciešams, skolotājs dod vienkāršus papilduzdevumus, kas palīdz veidot diagrammu uztveres un pielietošanas iemaņas.

1. Lietojot uzņemtās līknes aptuveni pateikt, kāds būs Saules baterijas spriegums uz 500  $\Omega$  rezistora, starmetim atrodoties 50 cm attālumā !
2. Neveicot mērījumus aptuveni uzzīmēt sprieguma atkarību no attāluma, ja slodzes pretestība būtu 722  $\Omega$  !

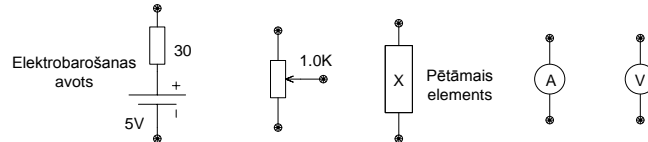
Laboratorijas darbs Nr. 5

**Volt – ampēr raksturlīknes noteikšana un atainošana.**

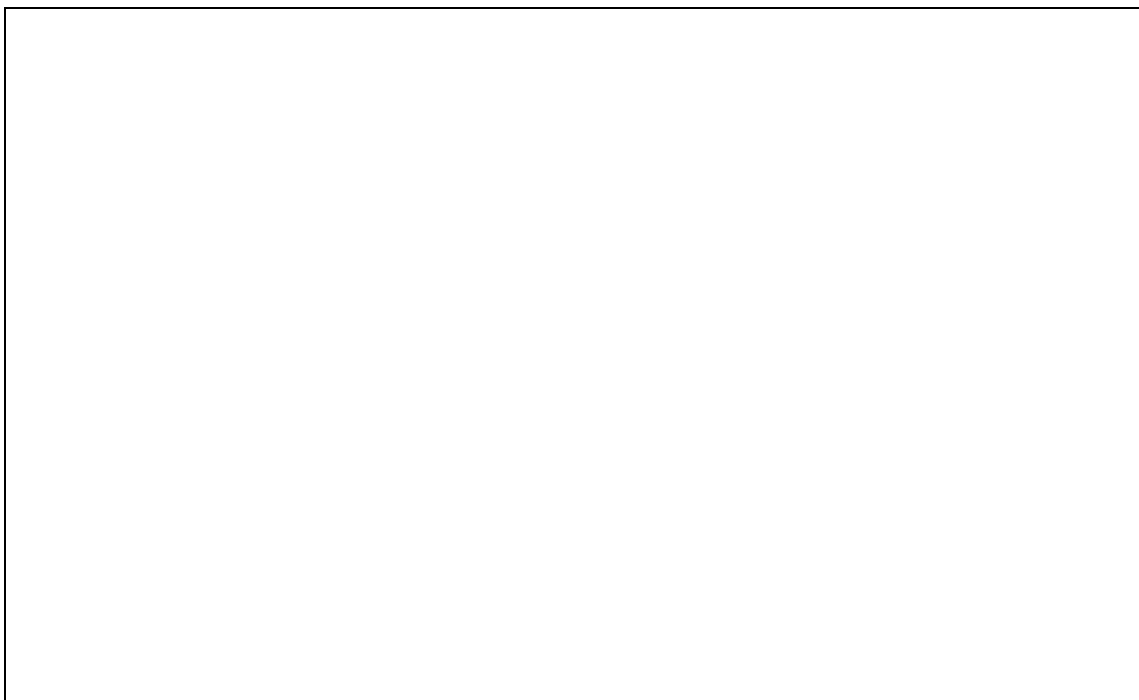
Noteikt un uzzīmēt dotā elementa VAR (volt-ampēr raksturlīkni)! Apskatām VAR, ja sprieguma polaritāte uz elementa sarkanā vada pret zaļo ir pozitīva.



Doti sekojoši elementi :



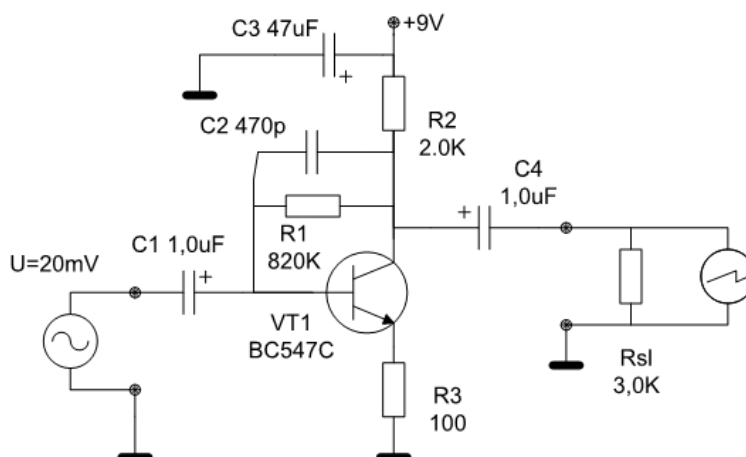
Uzzīmēt mērīšanas slēguma shēmu! (Maiņrezistora abus galus pieslēdzam barošanas avotam).



## Amplitūdas – frekvenču raksturlīkne.

**IEVADS:** Amplitūdas – frekvenču raksturlīkne (AFR) parāda kā pētāmais slēgums pārvada signālus ar dažādu frekvenču spektru un šo signālu atsevišķās spektra komponentes. Parasti vienkāršākais veids AFR uzņemšanai ir padot pētāmā slēguma ieejā fiksētas amplitūdas sinusoidālu signālu, un mainot tā frekvenci izmērīt un atzīmēt izejas signāla amplitūdu. Pēcāk no iegūtajiem datiem varam uzzīmēt AFR diagrammu. Diagrammā pa vertikāli liekams slēguma izejas signāla spriegums volts (vai kāds ar to saistīt lielums, piemēram, pastiprināšanas koeficients), uz horizontālās ass – signāla frekvence.

**DARBA UZDEVUMS:** Noteikt 1. attēlā redzamā slēguma AFR frekvenču diapazonā no 10 Hz līdz 30 kHz ! (Ievērojam, ka šo pašu slēguma maketu varam lietot arī laboratorijas darbā “Signāla avota un slodzes pretestību salāgošana”!)

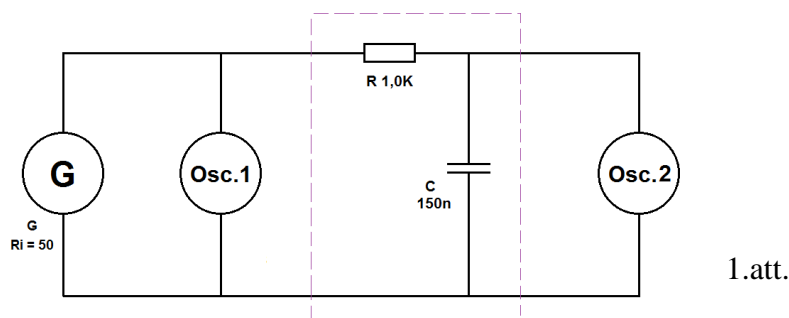


1.att.

**DARBA GAITA:** Iestatot mērgeneratora izejas spriegumu 20 mV līmenī (amplitūdas vai efektīvo vērtību – pēc izvēles, bet apzinoties kuru lietojam!), veicam izejas signāla sprieguma mērījumus sekojošās frekvencēs: 10; 30; 100; 300Hz; 1; 3; 10; 30kHz. Vispirms iegūtos datus pierakstam tabulas veidā, tad uzzīmējam AFR diagrammu !

## Zemfrekvenču filtrs

Vienkāršākais elektrisku signālu filtrs sastāv no 2 elementiem – rezistora un kondensatora. Ja šie elementi saslēgti kā 1.att, tad tas ir t.s. zemfrekvenču filtrs.



1.att.

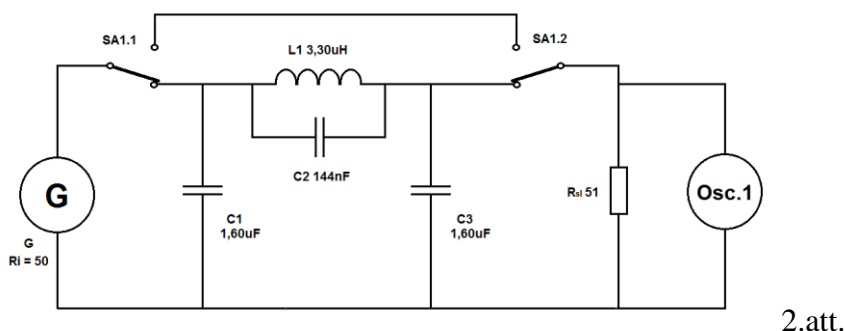
**Darba gaita: 1.** Ar sinusoidālu signālu ieejā uzņemam filtra AFR (amplitūdas – frekvenču raksturlīkni) frekvenču diapazonā 0...4000 Hz. Iegūtos rezultātus attainojam AFR diagrammā, pa horizontāli atliekot signāla frekvenci lineārā mērogā, bet pa vertikāli atliekot signāla sprieguma pārvades koeficientu:

$$K_P = U_{izejas} / U_{ieejas}$$

**2.** Ar meandra formas (simetriska taisnstūra) signālu ieejā novērojam kā mainās izejas signāla forma mainot signāla frekvenci. Uzzīmējam dažas raksturīgas izejas signāla formas, neaizmirstot pie katra attēla pierakstīt signāla frekvenci!

Novērojam (gan ar meandra, gan sinus signālu ieejā) arī izejas signāla laika aizturi – fāzes nobīdi attiecībā pret ieejas signālu. Tamdēļ būs jāizmanto divstaru osciloskopa abi kanāli (shēmā apzīmēti kā Osc.1 un Osc.2).

**3.** Uzņemam AFR 2.att. redzamajam filtram!

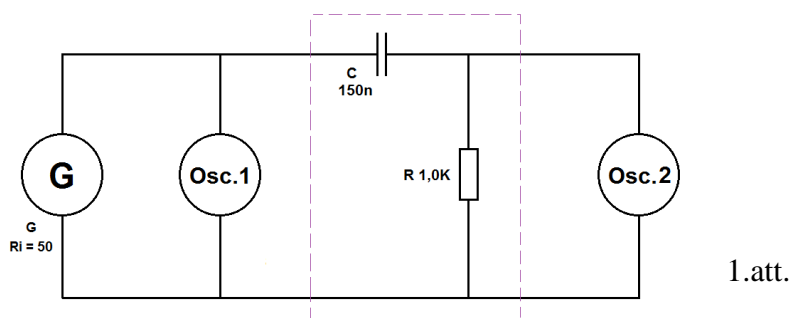


2.att.

Jebkura pasīva filtra (tāds, kuram netiek pievadīts barošanas spriegums) izejā signāla jauda vienmēr būs mazāka, kā ieejā. Padodot 2.att. filtra ieejā meandra formas signālu ar frekvenci ap 2,5 kHz salīdzināsim ieejas un izejas signālu oscilogrammas! Kā tas iespējams, ka signāla amplitūda filtra izejā ir lielāka kā ieejā?

## Augstfrekvenču filtrs

Vienkāršākais augstfrekvenču filtrs arī sastāv no rezistora un kondensatora (1.att.)



**Darba gaita: 1.** Ar sinusoidālu signālu ieejā uzņemam filtra AFR (amplitūdas – frekvenču raksturlīkni) frekvenču diapazonā 0...3000 Hz. Iegūtos rezultātus attainojam AFR diagrammā, pa horizontāli atliekot signāla frekvenci lineārā mērogā, bet pa vertikāli atliekot signāla sprieguma pārvades koeficientu:

$$K_P = U_{izejas} / U_{ieejas}$$

**2.** Ar meandra formas (simetriska taisnstūra) signālu ieejā novērojam kā mainās izejas signāla forma mainot signāla frekvenci. Uzzīmējam dažas raksturīgas izejas signāla formas, neaizmirstot pie katra attēla pierakstīt signāla frekvenci!

Novērojam (gan ar meandra, gan sinus signālu ieejā) arī izejas signāla fāzes nobīdi attiecībā pret ieejas signālu. Tamdēļ būs jāizmanto divstaru osciloskopa abi kanāli (shēmā apzīmēti kā Osc.1 un Osc.2).

**3.** Visur, kur nepieciešams pārvadīt signālu no vienas shēmas daļas uz citu ar atšķirīgu līdzstrāvas režīmu (piemēram audiopastiprinātāja izeju, uz kuras ir puse no shēmas barošanas sprieguma pieslēdzot slodzei – skaļrunim, uz kuru nedrīkst padot līdzspriegumu) lieto kondensatoru. Šis kondensators kopā ar slodzes pretestību (vai nākamās shēmas daļas ieejas pretestību) veido tādu pašu augstfrekvences filtru, kā 1. att. redzamais.

**Uzdevums:** Skaļrunis ar pretestību  $8\Omega$  pievienots signāla jaudas pastiprinātāja izejai ar 220 mikrofardu kondensatora starpniecību.

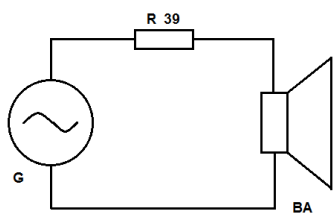
- Aprēķināt, kāda daļa no pastiprinātāja izejas sprieguma nonāks uz skaļruņa, ja sinusoidāla testa signāla frekvence ir 100Hz? Kāda daļa signāla jaudas tā būs?
- Aprēķināt kādā frekvencē skaļruni sasniegs puse no pastiprinātāja izejas jaudas?



## Ekspierimenti ar skaņu -1.

### Dzirdamo skaņu frekvenču diapazons. Cilvēka dzirdes jūtības raksturlīkne.

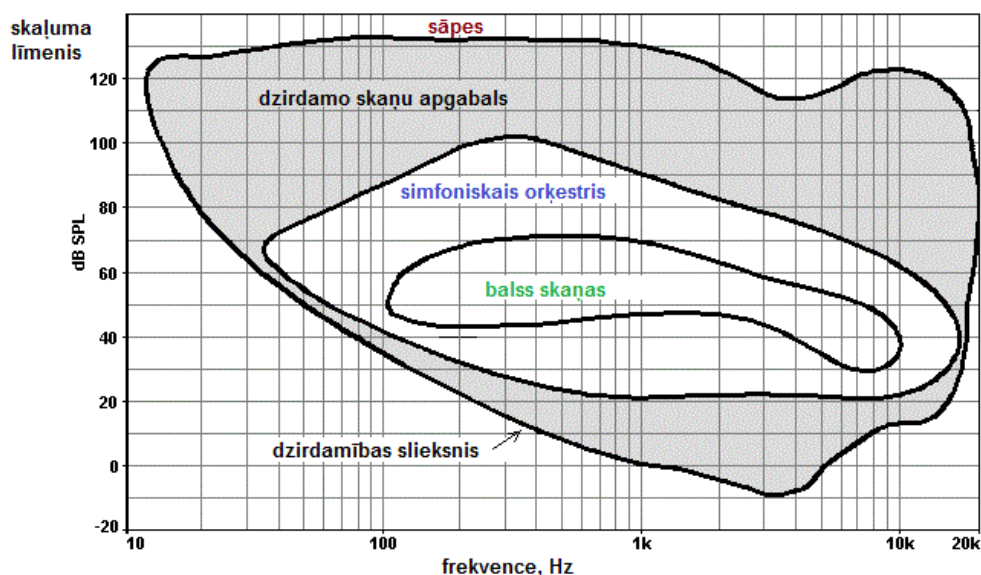
**IEVADS:** Aprakstītajiem eksperimentiem ar skaņas signāliem un skaņu nepieciešams zemfrekvenču signālu ģenerators (sinusoidālu signālu ģenerators vai t.s. funkciju ģenerators) un kāda akustiskā sistēma (skaļrunis, jeb skanda). Parasti šāds aprīkojums jau ir elektronikas pulciņos, bet to veiksmīgi var aizstāt arī ar pašgatavotām konstrukcijām, kā arī var lietot datora iebūvēto skaņu karti. Signālu ģenerators rada periodiskas elektriskas svārstības, bet akustiskā sistēma tās pārvērš mehāniskās gaisa svārstībās – skaņā. Lai salāgotu  $50\Omega$  ģenerators izejas pretestību ar  $8\Omega$  skaļruņa pretestību, virknē ar to slēgts rezistors. Šāds paņēmieni gan samazina skaņas signāla jaudu skaļrunī, bet palīdz



1.att. novērst iespējami palielinātos signāla kropļojumus dēļ nesalāgotas slodzes. Ja skaņas signāla jauda šķiet par mazu, jālieto signāla jaudas pastiprinātājs (piemēram, kā [2. att.] vai pēc iespējas lielākus datora skaļruņus ar iebūvētu pastiprinātāju).

Lai izvairītos no zudumiem salāgošanā, var lietot audio transformatoru 1:3.

**DARBA GAITA:** Vispirms noskaidrosim mūsu iekārtas un cilvēka dzirdes iespēju robežas. Kādu zemākā toņa (frekvences) un kādu augstākā toņa skaņu varēsīm saklausīt. Kādas frekvences skaņas svārstības mums šķiet visskaļākās?



2.att.

Cilvēka dzirdes diapazonu aprakstoša diagramma parādīta 2.att. Kā viegli varam pārliecināties praktiskā eksperimentā, tiešām mēs vislabāk dzirdam skaņu ar svārstību frekvenci 3,5kHz, pat, ja tā ir ļoti klusa (skatīt apakšējo – dzirdamības sliekšņa līkni!) Ja skaņas signāla (sinusoidāla) frekvenci mainīsim plašā diapazonā ar nemainīgu skaļumu, tieši šīs frekvences skaņa šķitīs daudz skaļāka par citām. Tiek uzskatīts, ka vidēji cilvēka dzirdes frekvenču diapazons ir no 20Hz līdz 20kHz. Orientējoties pēc 2.att. grafika mēs varētu teikt, ka cilvēks ļoti labi dzird skaņas frekvenču diapazonā no 1kHz līdz 5kHz, un samērā labi no 400 Hz līdz 8kHz (šī diapazona malās dzirdes jūtība ir par 20dB jeb 100 reizes sliktāka par maksimālo jūtību 3,5kHz frekvencē.)

Atskaitot mūsu dzirdes iespējas, vēl divi faktori ietekmēs mūsu eksperimenta rezultātus: akustiskā signāla ģeneratora vai pastiprinātāja izejas jaudas līmenis un pielietotās akustiskās sistēmas spēja atskaņot zemas un augstas frekvences signālus. Kā redzam diagrammā, lai saklausītu skaņu ar frekvenci 50 Hz, nepieciešama par 60 dB (1000000 reižu) lielāka skaņas jauda, kā 3,5 kHz frekvencē! Bieži vien efektīvāk šeit pielietot “austiņas” nevis skaļruņus.

<i>dzīvnieks</i>	<i>no</i>	<i>līdz</i>
bruņurupucis	20 Hz	1 kHz
zelta zivtiņa	100 Hz	2 kHz
varde	100 Hz	3 kHz
balodis	200 Hz	10 kHz
zvirbulis	250 Hz	12 kHz
cilvēks	20 Hz	20 kHz
šimpanze	100 Hz	20 kHz
trusis	300 Hz	45 kHz
suns	50 Hz	46 kHz
kaķis	30 Hz	50 kHz
jūrascūciņa	150 Hz	50 kHz
žurka	1 kHz	60 kHz
pele	1 kHz	100 kHz
sikspārnis	3 kHz	120 kHz
delfīns	100 Hz	130 kHz
zīlonis	5 Hz	12 kHz

1.tab.

Salīdzinājumam 1. tabulā doti dažādu dzīvnieku dzirdes frekvenču diapazoni.

**SECINĀJUMI:** Jautājums diskusijai – vai mums praktiski izdevās noteikt savas dzirdes zemāko un augstāko frekvenču robežu? Vai varbūt mūs vairāk ierobežoja pielietotā aparatūra?

## Ekspierimenti ar skaņu -2.

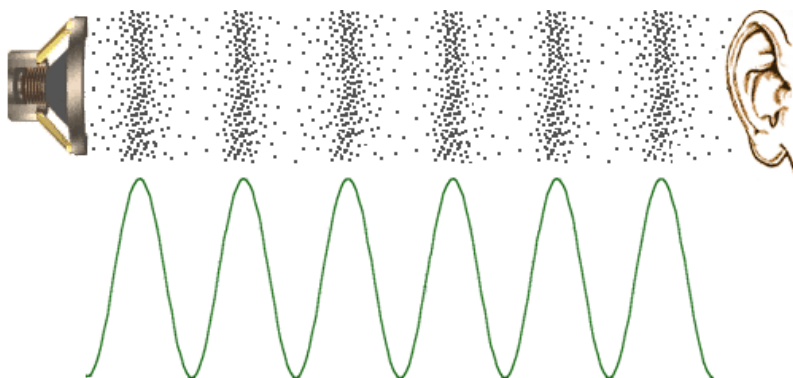
### Skaņas īpašības. Skaņas ātrums, viļņa garums, atstarošanās un apliekšanās.

**IEVADS:** Skaņas viļņu izplatīšanās ātrums gaisā, normālos apstākļos ir 343 m/s jeb 1230 km/h. Tā pat kā, piemēram, viļņi ūdenī, skaņas viļņi var atstaroties no cietas virsmas, kā arī apliekties priekšmetiem to ceļā (difrakcija). Jo īpaši labi viļņi apliecas priekšmetiem, kuri pēc izmēra ir mazāki par viļņa garumu (4.att). 1.tabulā parādīts skaņas viļņa garums atkarībā no skaņas viļņu svārstību frekvences. Skaļruņa membrāna virzoties uz priekšu saspiež gaisu sev priekšā, savukārt, virzoties atpakaļ – izretina (1.att.) Piemēram, ja skaļruņa membrāna veic

Svārstību frekvence	Viļņa garums
1 Hz	340 m
10 Hz	34 m
100 Hz	3,4 m
1 kHz	34 cm
10 kHz	3,4 cm

1.tab.

1000 šādas svārstības sekundē, attālums starp divām blakus

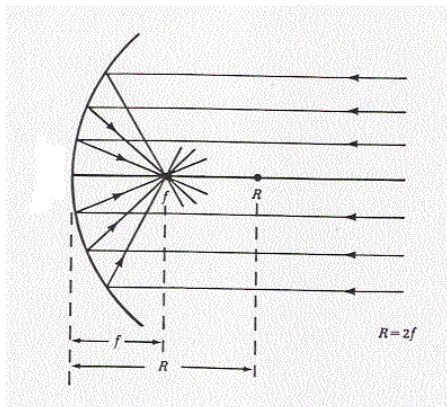


1.att.

zonām ar maksimālu gaisa spiedienu (viļņa garums) ir 34 centimetri. Par skaņas ātrumu ikdienā varam pārliecināties vērojot salūtu, dzirdot atbalsi no kādas ēkas sienas vai klajā laukā vērojot augsti lidojošu lidmašīnu, kad skaņa nāk no vietas, kur

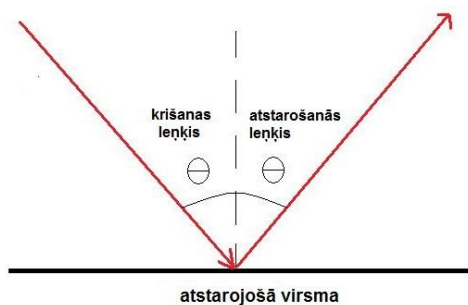
lidmašīna bija redzama pirms ilgāka laika.

Skaņas atstarošanos no līdzenām virsmām varam ikdienā novērot kā atbalsi. Rīgas ielās varam novērot skaņas atstarošanos no ieliektajiem trīsšķautņņu reklāmas

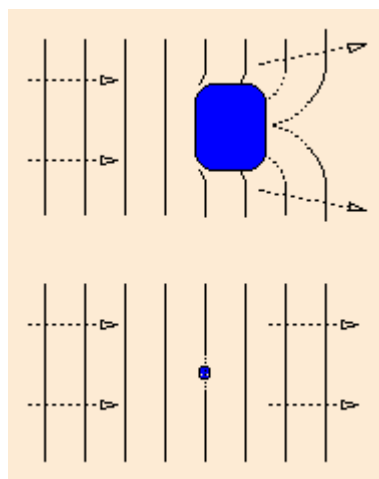


stendiem. Ja atrodamies pāris metrus to priekšā (2.att. fokusa punktā  $f$ ) varam daudz skaļāk kā parasts dzirdēt augsta toņa (šņācošās) ielas skaņas. Līdzīgi kā gaismas atstarošanās no spoguļa, tādiem pašiem ģeometriskiem principiem pakļaujas skaņas atstarošanās. Skaņas atstarošanās lēņķis ir vienāds ar krišanas lēņķi – 3.att.

2.att.

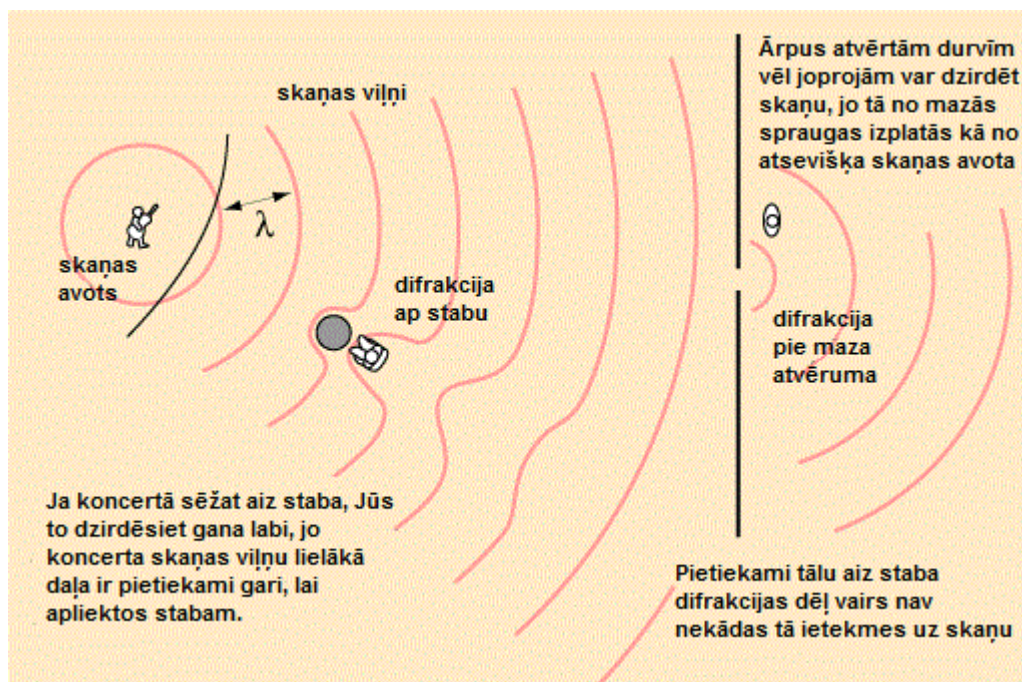


3.att.



4.att.

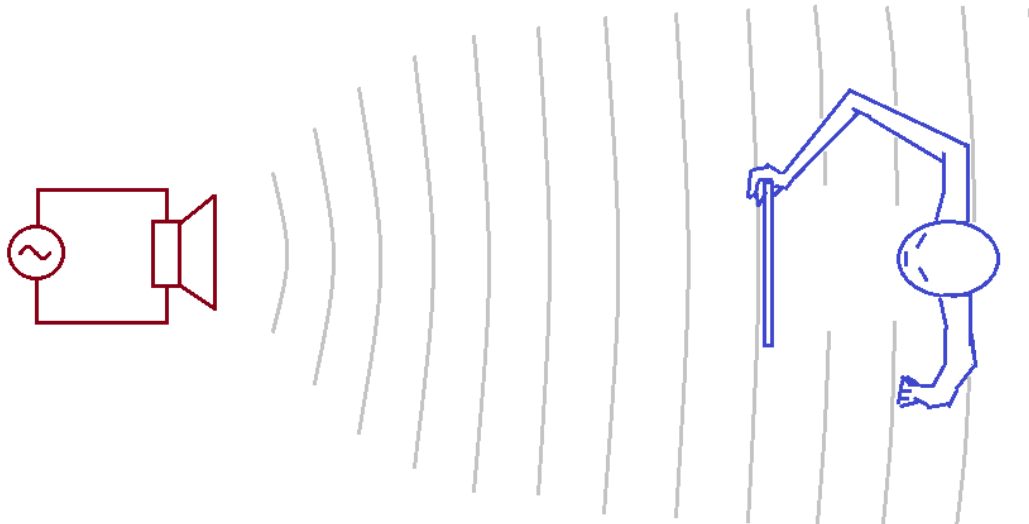
Tātad, lai saņemtu atstaroto skaņu atpakaļ (atbalsi), ir jāatrodas tieši perpendikulāri iepretīm atstarojošajai virsmai. Viļņu difrakcijas (apliekšanās) efekti parādīti 4.att. un 5.att.



5.att.

**DARBA GAITA:** 1. Pārliecināties par skaņas viļņu atstarošanās likumsakarību (3.att.). Kā atstarojošo virsmu izmantot sienu, kā skaņas uztvērēju – savas ausis. Par skaņas izstarotāju kalpos neliels skaļrunis, pieslēgts signālu ģeneratoram. Ņemot vērā telpas ierobežotos izmērus, vajadzētu izvēlēties skaņas signālu ar pēc iespējas īsāku viļņa garumu (tātad – augstu svārstību frekvenci), bet tādu, kas vēl ir labi saklausāms. Izvēlamies ap 10 kHz frekvenci.

2. Praktiski izmēģināt skaņas viļņu difrakcijas parādību. Priekš tam nepieciešams zemfrekvences signālu ģenerators, skaļrunis un apmēram A4 formāta izmēra grāmata vai kāds cits priekšmets, ko turēt skaņas viļņu ceļā (6.att.)



6.att.

Novērojumu rezultātus apkopojam 2. tabulā. Lai varētu aptuveni, pēc dzirdes noteikt signāla skaļuma samazināšanos šķēršļa ietekmē, vispirms veicam izmēģinājumu. Padodam maksimālu 1 kHz frekvences signāla amplitūdu no signālu ģeneratora uz skaļruni. Tad samazinām signāla līmeni 10 reizes pēc jaudas (3,2 reizes pēc sprieguma), ievērojam dzirdamo atšķirību, samazinām signāla līmeni vēl 10 reizes.

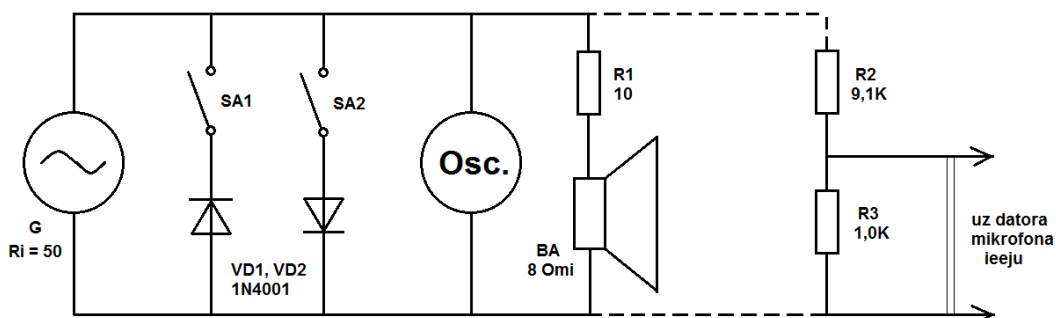
Signāla frekvence, Hz	Viļņa garums, m	Šķēršļa vājinājums, reizes
200	1,7	
1000	0,34	
3000	0,11	
10000	0,034	

2.tab.

## Ekspierimenti ar skaņu -3.

### Signāla frekvenču spektrs. Periodiska signāla harmonikas.

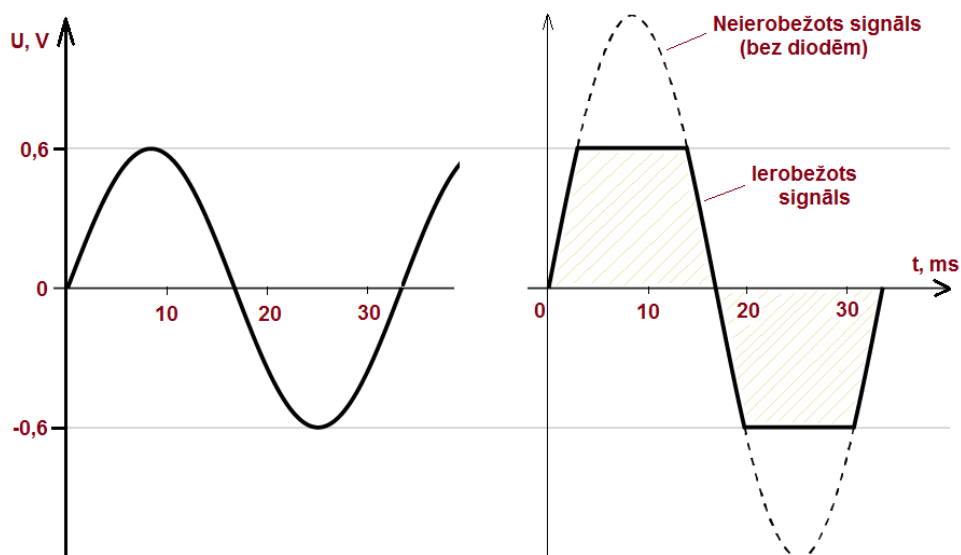
**DARBA GAITA:** 1. Ieregulējam sinusoidāla signāla ģenerators izejas līmeni tuvu maksimālajam, pieslēdzam pēc iespējas lielāka diametra skaļruni atbilstošā akustiskā noformējumā. Mainam signāla frekvenci no 10 Hz uz augšu un atzīmējam frekvenci, ar kuru sākot mēs dzirdam skaņu (pieņemsim, 40 Hz – šī vērtība galvenokārt būs atkarīga no skaļruņa iespējām nevis mūsu dzirdes).



1.att.

Papildinām slēgumu ar divām silīcija diodēm (1.att.). Ieregulējam signāla frekvenci zem dzirdamās (teiksim, 30Hz). Signāla amplitūdu uz skaļruņa (kontrolējam ar osciloskopu) palielinām sākot no 0,2 V (attiecīgi dubultamplitūda 0,4 V, efektīvā vērtība 0,14 V). Ievērojam, ka signāla amplitūdai sasniedzot 0,6 V līmeni, skaņa pēkšņi kļūst saklausāma. Atslēdzot diodes, varam pārlicināties, ka skaņu atkal vairs nevaram dzirdēt.

Uz osciloskopa ekrāna redzam, ka diodes ierobežo signāla amplitūdu, “apgriežot” to (2.att. labā puse).



2.att.

Aina, kādu ieraudzīsiet uz osciloskopa ekrāna, pie signāla amplitūdas 1,2V (bez diodēm), parādīta 2.att. Signāla jauda ir proporcionāla 2. att. redzamajam laukumam zem līknes. Tātad, pieslēdzot diodes, signāla jauda skaļrunī samazinās. Bet kas tad liek skaņai kļūt saklausāmai? Tās ir jaunas signāla frekvenču spektra komponentes, kas parādās pie sinusoidāla signāla ierobežošanas (vai jebkādas citas kropļošanas).

Sinusoidāls signāls ir vienīgais, kura frekvenču spektrā ir tikai 1 komponente [1. -22.lpp]. Ar oscilogrāfu varam novērot, ka, jo vairāk palielinam ģenerators signāla līmeni, jo vairāk signāla forma uz skaļruņa atgādina taisnstūra impulsus (ja pieslēgtas abas diodes). Šādam signālam raksturīgas spēcīgas nepāra harmonikas ( $f = n \cdot f_0$ , kur  $n = 1; 3; 5; 7$  utt.,  $f_0$  – svārstību atkārtotāšanās frekvence). Tās ir signāla frekvenču spektra komponentes kuru frekvence ir 3; 5; 7; 9 utt. reizes augstāka par svārstību pamatfrekvenci. Tātad bez 30 Hz komponentes skaļruni iesvārsta arī 90 Hz; 150 Hz; 210 Hz; 270 Hz utt. signāla komponentes. Tās tad arī nodrošina, ka signāls ar samazinātu jaudu tomēr ir daudz labāk dzirdams.

Signāla frekvenču spektra komponentes varam novērot un izmērīt padodot signālu uz datora mikroфона ieeju, ar signālu spektra analizatora programmas palīdzību (skat. xxlpp.). Programma “Spectrum lab” piedāvā arī iespēju datora skaņas signāla izeju izmantot kā testa signālu ģenerators izeju. Šīs programmas ģenerators var formēt arī divtoņu signālu.

2. Ja signāls ir ar sarežģītāku frekvenču spektru un formu, kā sinusoidālais, tad shēmas nelinearitātes dēļ parādīsies ne tikai visu sākotnējo signāla frekvenču komponentu harmonikas, bet arī savstarpējās modulācijas (intermodulācijas) komponentes. Ja padosim divtoņu testa signālu ar frekvenču komponentēm  $f_1 = 1100$  Hz un  $f_2 = 1500$  Hz uz mūsu diožu “signāla kropļotāju”, tad rezultātā iegūsim sekojošas jaunas signāla frekvenču komponentes:

1) abu sākotnējo spektra komponentu harmonikas:  $n f_1$  un  $n f_2$ , kur  $n$  – jebkurš vesels skaitlis; 2200 Hz, 3000 Hz, 3300 Hz, 4400 Hz, 4500 Hz, 5500 Hz utt.

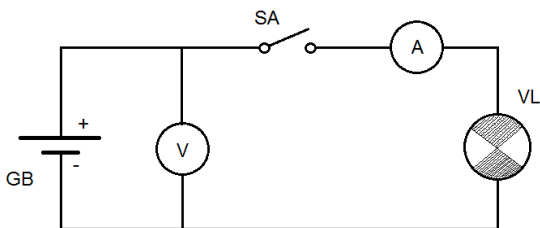
2) abu komponentu un to harmoniku summas un starpības komponentes:  $n f_1 \pm m f_2$  un  $n f_2 \pm m f_1$ , kur  $n$  un  $m$  ir jebkuri veseli skaitļi;  $1500 + 1100 = 2600$  Hz;  $1500 - 1100 = 400$  Hz;  $2 \cdot 1500 - 1100 = 1900$  Hz;  $2 \cdot 1100 - 1500 = 700$  Hz utt.

Šī signāla spektrogramma parādīta 36. lpp. 1.att.



## Signāla avota un slodzes pretestību salāgošana.

**IEVADS.** Veicam izmēģinājumu ar 1.att. slēgumu. Nolasām voltmetra un ampērmetra rādījumus pie izslēgta un ieslēgta slēdža SA. Ievērojam, ka voltmetra rādītais spriegums, ieslēdzot slēdzi, samazinās.

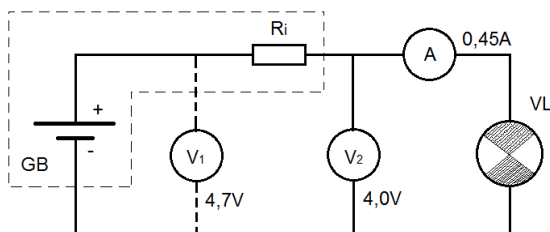


1.att.

Slēdzis SA	I, A	U, V
izslēgts	0,0	4,7
ieslēgts	0,45	4,0

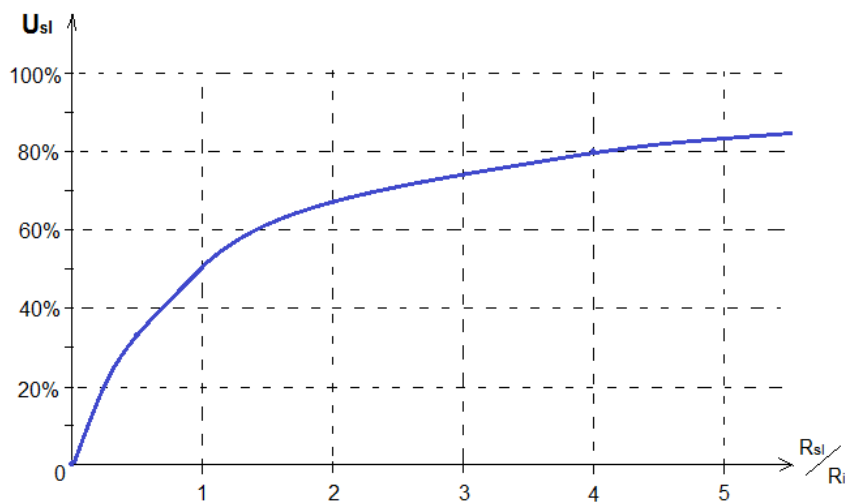
1.tab.

Lai šo parādību aprakstītu, parasti tiek pieņemts, ka sprieguma avotam piemīt kāda noteikta iekšējā elektriskā pretestība – it kā virknē ar ideālu sprieguma avotu (kura spriegums nekad nemainās) būtu slēgts rezistors. Mēģināsim aprēķināt šī iedomātā rezistora  $R_i$  pretestību, pielietojot 2.att. ekvivalento (drīzāk - iedomāto) slēgumu.



Ievērojam, ka  $R_i$  un slodzes pretestība (lampa) ir slēgti virknē. Tātad, cik reizes lampa pretestība būs lielāka par  $R_i$ , tik reizes lielāks būs sprieguma kritums uz lampa attiecībā pret spriegumu uz  $R_i$ . Tāpēc, lai no sprieguma avota uz slodzi (lampu) pārvadītu spriegumu ar

minimāliem zudumiem, nepieciešams lai slodzes pretestība būtu pēc iespējas lielāka ( $R_{sl} \gg R_i$ ). Tas, kā mainās slodzei pievadītais spriegums no slodzes pretestības attiecību pret sprieguma avota iekšējo pretestību, parādīts grafikā 3.att.

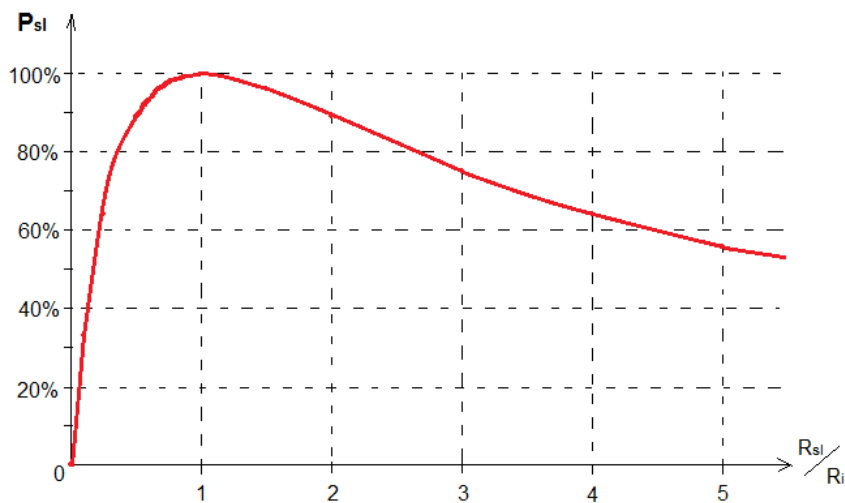


**Vingrinājums**  
aprēķinos virknes slēgumā: lietojot 1.tab un 2.att. dotos lielumus aprēķiniet  $R_i$  ! (salīdzinām atbildi – vai arī Jums sanāca  $1,6\Omega$  ?)

3.att.



Bet kādai jābūt  $R_{sl}$  un  $R_i$  attiecībai, lai mēs slodzē iegūtu maksimālu elektrisko jaudu (atceramies,  $P=U \cdot I$ )? Ja mēs palielinām slodzes pretestību, spriegums sākotnēji pieaug, tad pieaugums sarūk. Toties strāvas stiprums samazinās un, palielinot slodzes pretestību, turpinās vienmērīgi samazināties (Oma likums  $I = U / R$ ).

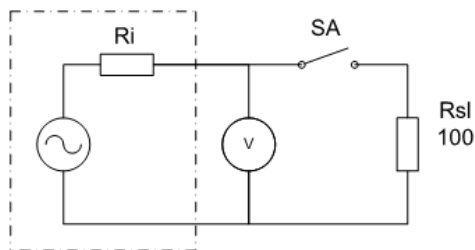


Tāpēc šeit būs savādāka sakarība: skat. 4.att.!

4.att.

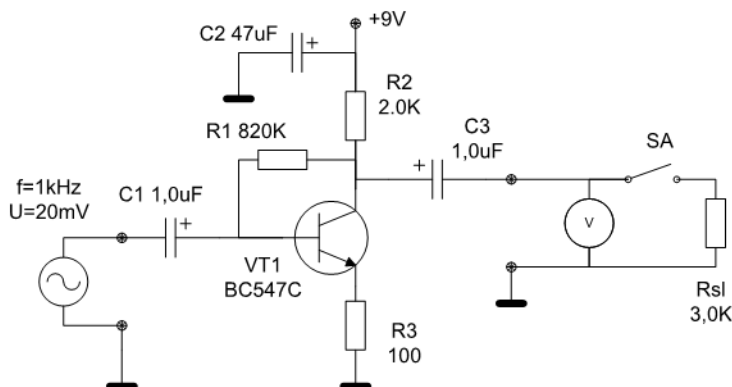
Kā redzam slodze vislielāko jaudu saņems no avota, ja tās pretestība būs vienāda ar sprieguma avota iekšējo pretestību  $R_i$ .

**DARBA UZDEVUMS Nr 1:** Noteikt, kāda zemfrekvences signālu ģenerators (mērēģenerators, paštaisīta ģenerators vai datora audio izejā ģenerēta signāla) izejas pretestību!



Mērījumu slēgums (5.att.) līdzīgs 1.att. redzamajam, izņemot: baterijas vietā pētāmais signāla ģenerators, lampiņas vietā  $100\Omega$  rezistors, un ampērmets mums nebūs vajadzīgs. Maiņsprieguma voltmetra funkcijas var pildīt multimetrs vai osciloskops.

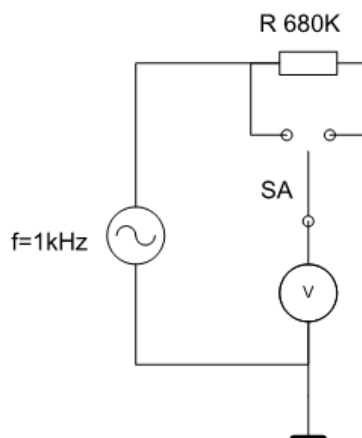
5.att.



**DARBA UZDEVUMS Nr 2:** Noteikt 6.att redzamā signālu pastiprinātāja izejas pretestību! Attēlā parādīta gan pastiprinātāja shēma gan mērījumu veikšanas slēgums.

6.att.

**DARBA UZDEVUMS Nr 3:** Izmantojot 7.attēla slēgumu, veikt attiecīgus mērījumus un noteikt osciloskopa ieejas pretestību!



7.att.

Salīdziniet iegūto lielumu ar to, kas rakstīts uz osciloskopa paneļa pie ieejas ligzdas! Kādi varētu būt iemesli, lai šie divi lielumi nesakristu?

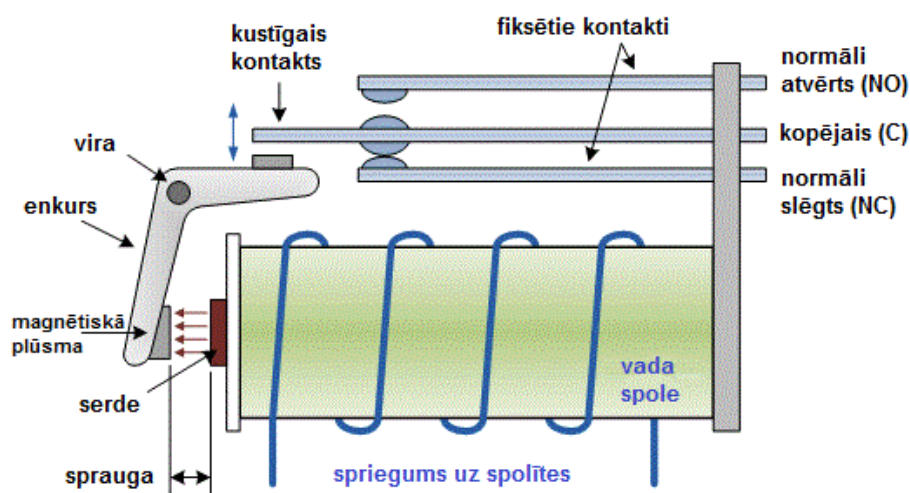
**Papildus uzdevums:** Ja iespējams, atkārtojiet attiecīgos mērījumus un aprēķiniet gan pie zemas signāla frekvences (1kHz), gan pie augstākas signāla frekvences (teiksim, 10kHz). Kāds varētu būt iemesls osciloskopa ieejas pretestības atšķirībām pie augstas signāla frekvences?

**Piebilde noslēgumā:**

Signāla avota un slodzes pretestību pareiza salāgošana ir svarīga, lai elektroniskās ierīces strādātu labi un pareizi. Neievērojot pareizas salāgošanas nosacījumus, var būtiski pazemināties ierīču darbības kvalitatīvie rādītāji. Piemēram, palielinās trokšņu un kropļojumu līmenis analogajā signāla traktā, palielinās trāvas patēriņš, var tikt bojātas atsevišķas ierīces, palielinās informācijas vienību kļūdu skaits un samazinās datu apmaiņas ātrums cipariskajās ierīcēs.

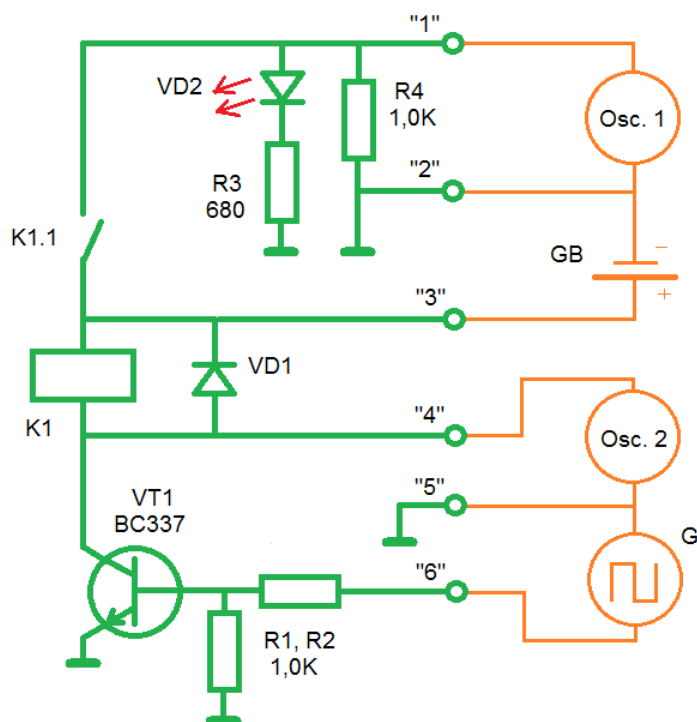
## Relejs

1. Iepazīties ar releja uzbūvi, darbības principu un pielietošanu! Elektromagnētiskā releja uzbūve parādīta 1. att. Ja vada spolē plūst elektriskā strāva, tās dzelzs serde magnetizējas – tas ir elektromagnēts. Elektromagnēts pievelk enkuru, kas savukārt pārslēdz elektriskos kontaktus.

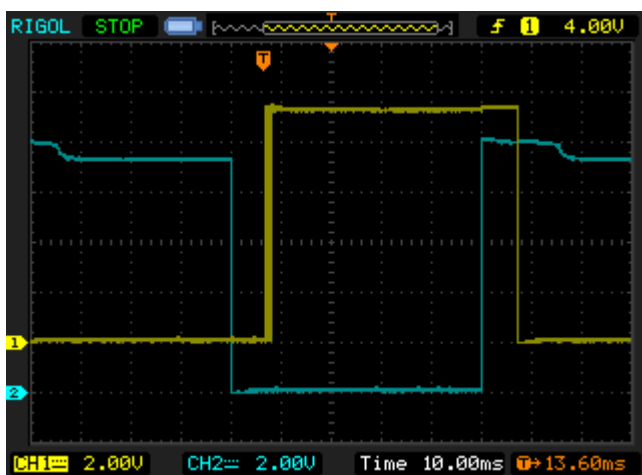


1.att.

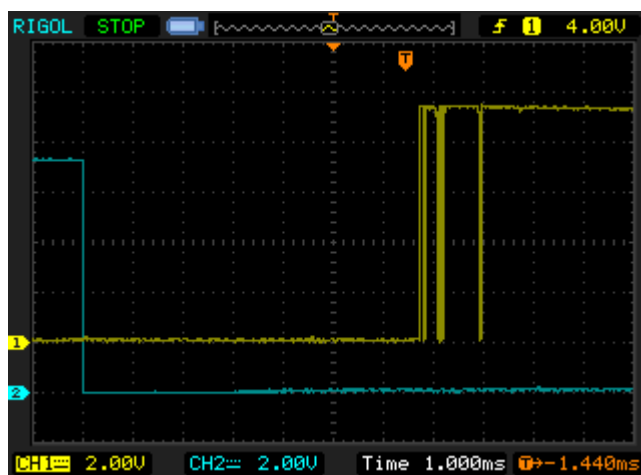
2. **Noteikt releja nostrādes un atlaišanas spriegumu!** To iespējams paveikt izmantojot 2. att. redzamo maketa slēgumu (slēguma kreiso pusi zaļā krāsā), pie tā 2. un 3. klemmes pieslēdzot regulējama sprieguma avotu. 4. ar 5. klemmi jāsavieno. Releja nostrādes un atlaišanas spriegumus var noteikt divējādi – pēc gaismas diodes iedegšanās un izdzišanas un klausoties releja izdotās skaņas, klikšķus.
3. **Noteikt releja nostrādes un atlaišanas laiku** pie nominālā sprieguma (9,0V) un pie samazināta sprieguma (7,0V)!



Maketam (2.att.) pieslēdzam taisnstūra impulsu ģeneratoru G un divstaru osciloskopu. Ģenerators optimālie iestatījumi ir sekojoši: impulsu atkārtošanās frekvence – 10 Hz, impulsu samērs 50% (duty cycle), dubultamplitūda (amplitūde  $V_{pp}$ ) 1,5V (faktiskā būs gandrīz 2 reizes lielāka dēļ maketa salīdzinoši lielās ieejas pretestības), līdzkomponente 0,5V (offset). Osciloskopa ieejas 2. att. slēguma zīmējumā apzīmētas kā “Osc 1” un “Osc 2”.



3.att.

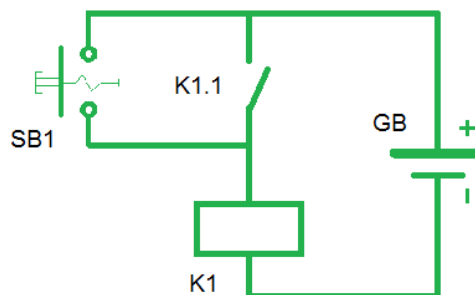


4.att.

Osciloskopa ekrānuzņēmumos zilā krāsā redzams spriegums kanālā “Osc2”, kurš savienots ar releja tinumu un kopējo vadu. Relejs ir ieslēgts, kad šis spriegums ir zems. Dzeltēnā krāsā redzama sprieguma gaita kanālā “Osc1”, un tas rāda spriegumu uz releja kontaktu komutējamās ķēdes. Gan releja ieslēgšanās, gan izslēgšanās momenti redzami 3. attēlā, savukārt 4. attēlā redzams 10 reizes smalkākā laika mērogā (1ms uz rūtiņu) releja ieslēgšanās moments. Labi varam novērot releja kontaktu vibrāciju ieslēgšanās momentā (dzeltēnā līnija). Lai attēli nepārklātos, katram kanālam izmantota sava sprieguma vērtību nobīde uz ekrāna – 0V sprieguma atzīme parādīta ekrāna kreisajā malā ar marķieriem “1” un “2”.

Vispirms nosakiet releja nostrādes un atlaišanas laiku piemēram 3. un 4. attēlā! Cik ilgu laiku notiek releja kontaktu drebēšana ieslēdzoties? Tad veiciet patstāvīgus mērījumus releja maketam ar osciloskopu!

#### 4. Paskaidrot, kā darbojas slēgums 5.att. ?



5.att.

## Ciparu tehnikas elementi

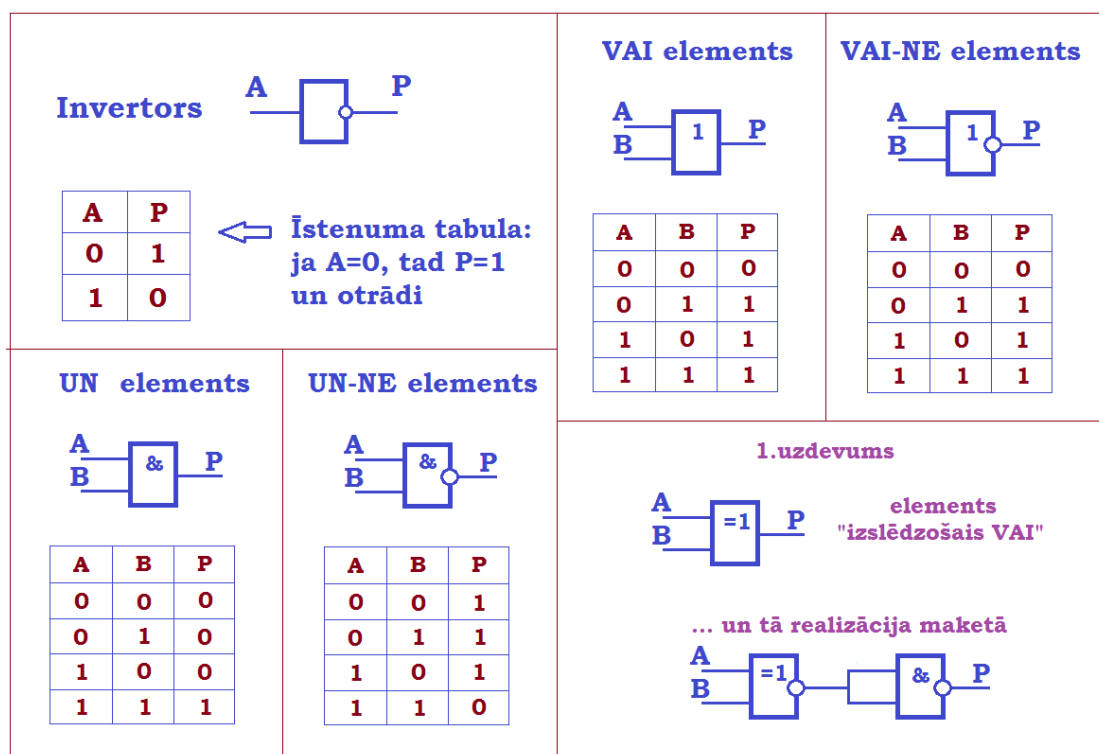
**IEVADS:** Apskatīsim vienkāršākos ciparu tehnikas elementus – kombināciju shēmas. Tās ir shēmas ar noteiktu ieeju un izeju skaitu. Katrai šādai shēmai pastāv fiksēta sakarība starp ieejas un izejas loģiskajiem stāvokļiem. Šo sakarību visvienkāršāk var attēlot ar t.s. īstenuma tabulas palīdzību.

Ieejām un izejām apskatām tikai divus stāvokļus:

Loģiskais “1” – spriegums tuvu barošanas spriegumam

Loģiskā “0” – spriegums tuvu 0 V līmenim

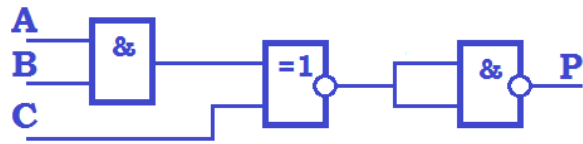
Daži populārākie elementi:



1.att.

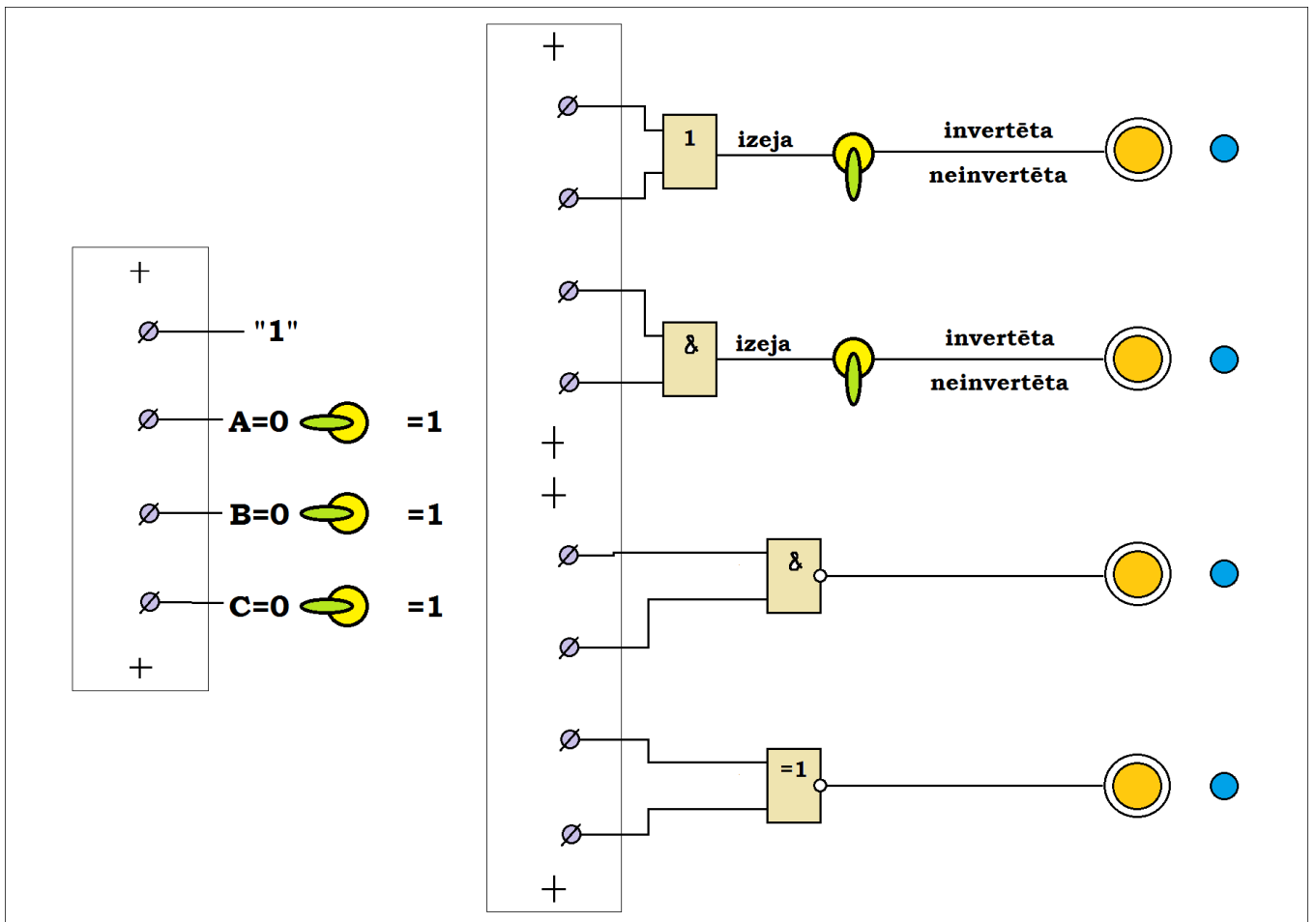
### DARBA UZDEVUMS:

1. Uzņemt elementa “izslēdzošais VAI” īstenuma tabulu ! (skat 1.att.)
2. Uzņemt 2. att. redzamā slēguma īstenuma tabulu !
3. Mums ir 3 temperatūras devēji un slēdzis. Ar slēdzi vajag spēt ieslēgt un izslēgt elektrodzinēju, bet tikai tad, ja visu temperatūras devēju izejas līmenis ir loģiskais “1” ! Uzzīmēt slēgumu ar 1.att. pieejamajiem elementiem !



2.att.

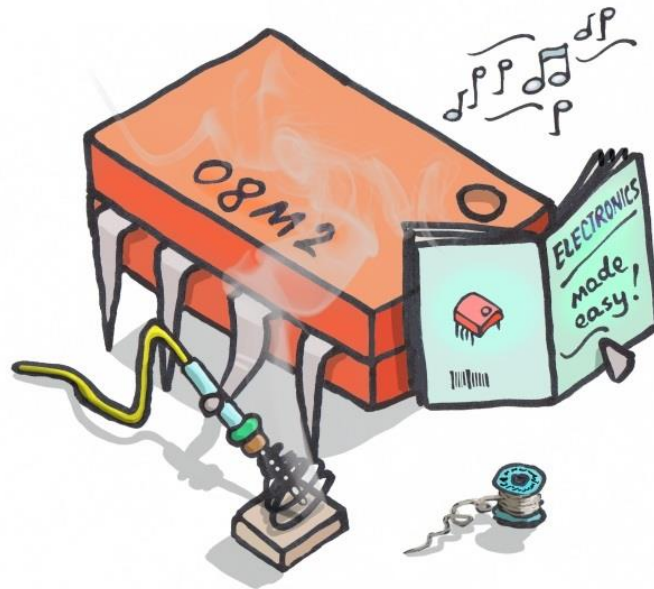
Laboratorijas darba maketa paneļa attēls parādīts 3.attēlā.



3.att.

Mikroshēmas, kas dara to, ko

mums vajag.



Parasti mikroshēma (piemēram, 1. att.) veic kādas konkrētas ražotāja noteiktas funkcijas. Iespējams, tikai dažus šo funkciju parametrus varam ietekmēt no ārpuses.

Bet pastāv arī mikroshēmas, kuru veicamos uzdevumus jeb funkcijas var noteikt pēc nepieciešamības.



1.att.

### programmējamās mikroshēmas

#### mikrokontrolieri

Pamatā secīga uzdevumu izpilde

Jo sarežģītāki uzdevumi, jo lēnāk iegūstams rezultāts

#### programmējamās loģikas

Pamatā paralēla uzdevumu izpilde

Jo sarežģītāki uzdevumi, ja vajag vairāk "iekšējās shēmas"

Mikrokontrolieris ir parastā mikroshēmas korpusā, vienā silīcija "čipā" izveidots neliels dators. Tam ir savs procesors, pastāvīgā atmiņa, operatīvā atmiņa un ievades un izvades ierīces. Vienīgā atšķirība no personālā datora ir tā, ka visa informācijas ievade un izvade notiek elektriskā formā. Lai šis datorīnš darbotos, tam, tāpat kā jebkuram datoram, ir nepieciešama vismaz kāda programma.

## MikroOntrolieris:

1. **Saņem informāciju** – vienkāršākajā gadījumā tikai par to, ka mikroshēmai ir pieslēgta barošana un tāpēc jāsāk izpildīt programma.

Mikrokontrolieris var saņemt informāciju no slēdžiem, pogām, sensoriem (temperatūras, gaismas, paātrinājuma, pieskāriena, spiediena, magnētiskā lauka, mitruma, dažādu gāzu koncentrācijas, skaņas utt.) un citām ierīcēm.

2. **Vada ierīces** – atbilstoši programmai un saņemtajai informācijai ieslēdz / izslēdz un regulē gaismas diodes, motorus, skaļruņus, displejus, elektromagnētus, servo dzinējus u.c.

## Ar ko sākt ?

1. **Saprotam, ko vēlamies izgatavot un aprakstam šīs ierīces darbību !**

*Piemēram, mirkšķināt pārmaiņus ar 2 gaismas diodēm tikmēr, kamēr turam nospiestu podziņu.*

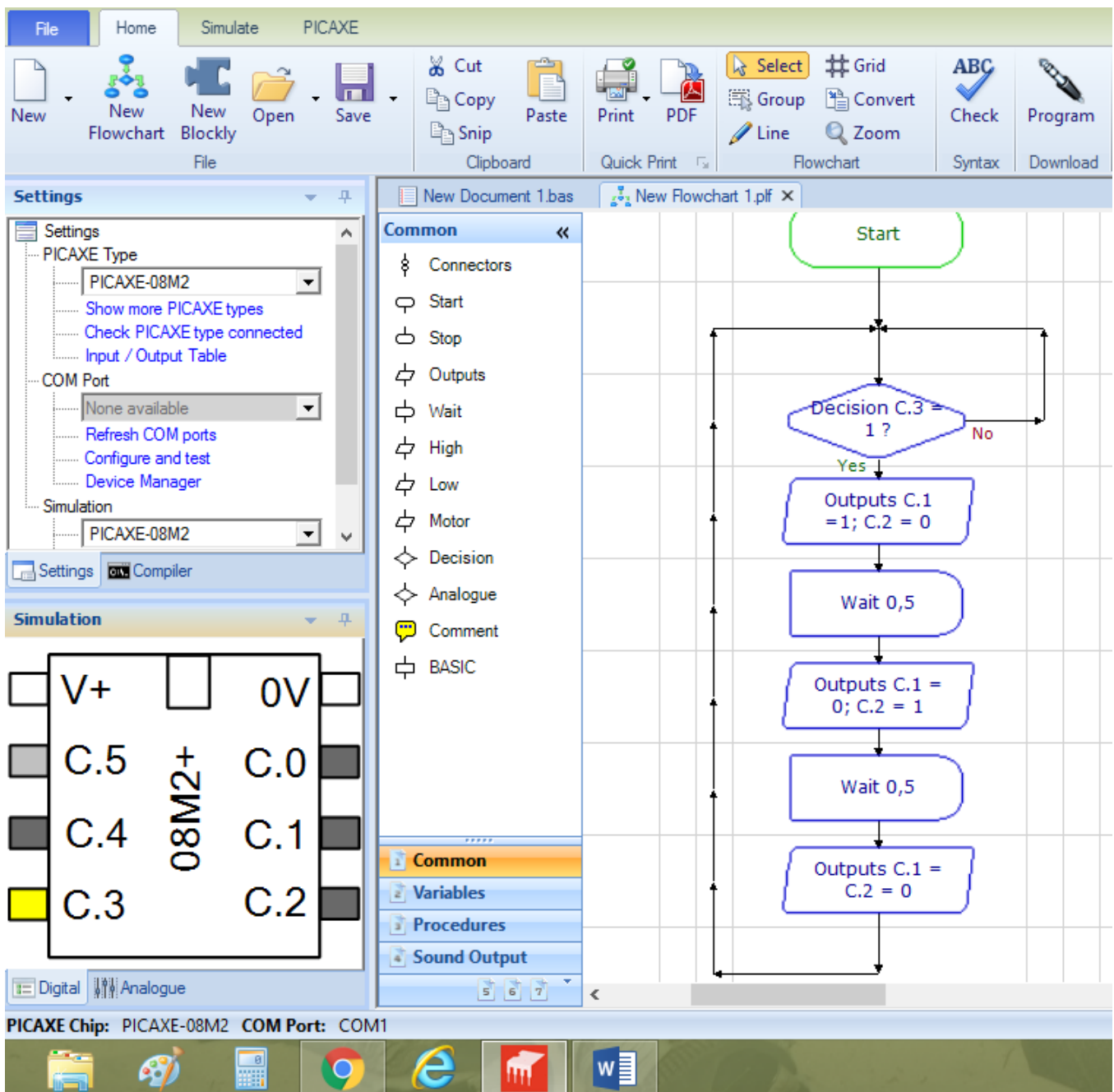
2. Uzzīmējam ierīces darbības algoritmu – zīmējumu kurā secīgi aprakstītas ierīces veicamās darbības (2.att.) !
3. Izmantojot mājaslapā [www.picaxe.com](http://www.picaxe.com) pieejamo bezmaksas datorprogrammu “PICAXE Editor 6” uzzīmējam (ar rīku “New Flowchart”) šo pašu algoritmu, lietojot pieejamās grafiskās komandas (3.att.)



2.att.

Izvēlamies mikroshēmas modeli (“PICAXE Type”) – 08M2 (ar 8 kājiņām). Visas programmas sākas ar “START”. Uzklīkšķinot uz tā, varam dot pavēles atsevišķām mikroshēmas kājiņām kļūt par ieejām vai izejām. Iestatom C.1 (6.kājiņa) un C.2 (5.kājiņa) kā izejas (“OUT”) un C.3 (4.kājiņa) lietosim kā ieeju – pieslēgsim podziņu.





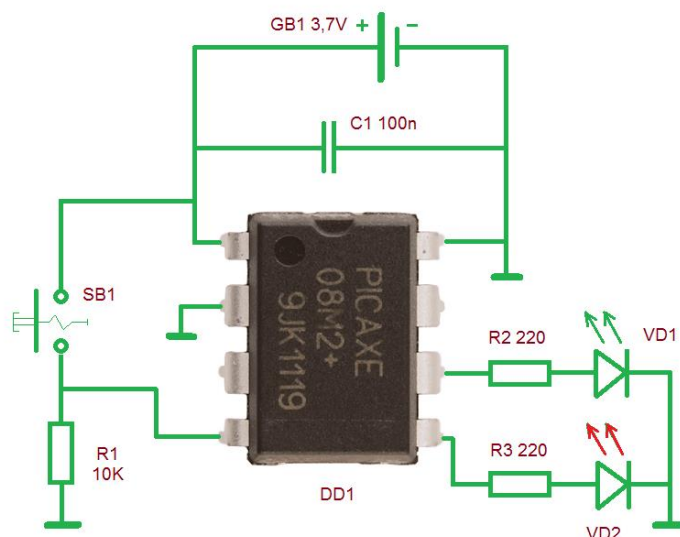
3.att.

Pēc programmas izveidošanas, to šādi “uzzīmējot” (vai uzrakstot kā programmēšanas valodas BASIC kodu, ja protam), noteikti nospiežam virtuālo pogu “ABC Check” un pārlicinamies vai tajā nav kļūdas. Ja kļūdu nav, tad varam izveidoto programmu no datora lejuplādēt mikrokontroliera mikroshēmā (“Program”).

Pat, ja Jums vēl nav minētā mikrokontroliera un USB lejuplādes vada (pulciņā ir!), varat virtuāli izmēģināt programmas darbību (“Simulate”, “Run”). Tad, iezīmējot ieeju, to varam virtuāli pārslēgt no stāvokļa “0” stāvoklī “1” (tā iekrāsosies dzeltena). Virtuālā shēma sāks darboties un izejas C.1 un C.2 pārmaiņus iekrāsosies zaļā krāsā – izejas stāvokļa “1” indikācija.

Savukārt dotā piemēra elektriskā shēma parādīta 4. att. Ja netiek izmantota C.5 ieeja (tā ir arī informācijas ieeja mikroshēmas programmēšanas brīdī), to vajadzētu pievienot kopējam vadam.

4.att.

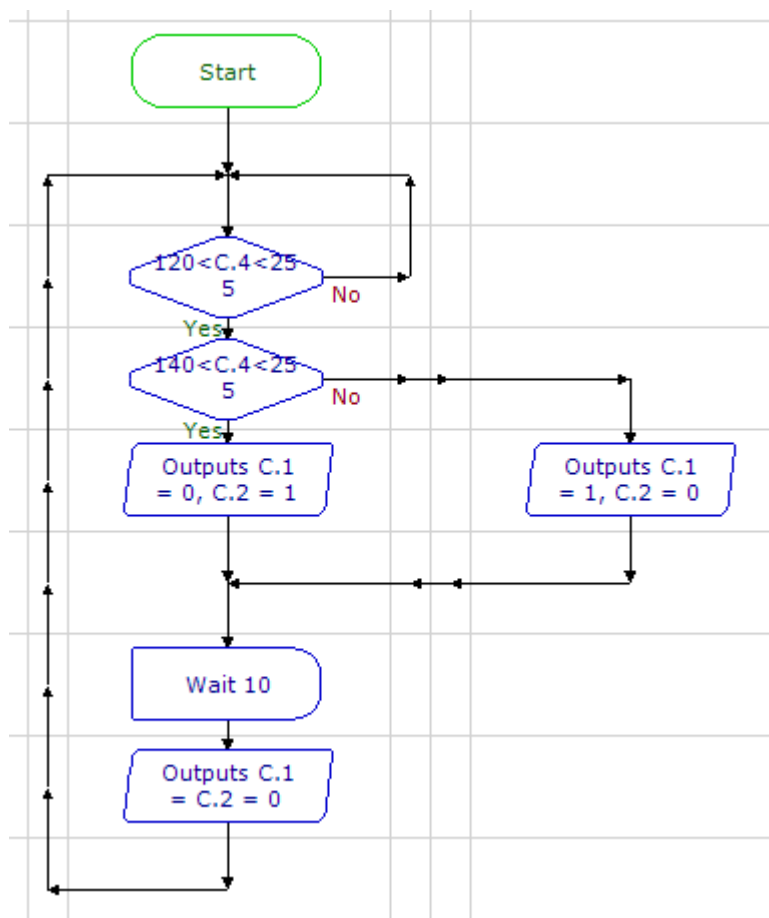


## Vēl viens piemērs

Mums ir ventilators. Vēlamies, lai temperatūrai sasniedzot aptuveni  $+40^{\circ}\text{C}$  (piemēram, kādā ierīcē, kas darbojoties silst) ventilators sāktu lēni griezties, bet temperatūrai vēl paaugstinoties, lai tas ieslēgtos ar pilnu jaudu.

Mūsu lietotajā algoritma “valodā” programma redzama 5.att. Šoreiz lietota izvēles komanda “Analogue” (nevis “Decision”, kā iepriekš). Tajā minētā mikroshēmas kājiņa (C.4 – 3.kājiņa) automātiski kļūst par analogā-ciparu pārveidotāja (ADC) ieeju. Tā ieejas spriegumu robežās no 0,0V līdz barošanas spriegumam lineāri pārveidos par skaitli no 0 līdz 255, un tad šo skaitli varēs salīdzināt ar komandā ierakstītajiem lielumiem.

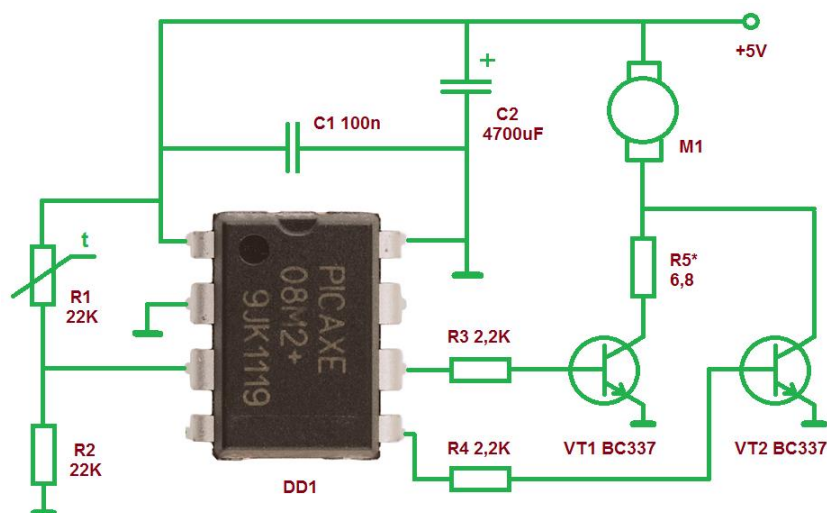
5.att.



Šī piemēra elektriskās shēmas zīmējums redzams 6. att.

Ja augsts sprieguma līmenis (loģiskais līmenis "1") ir uz mikroshēmas 6. kājiņas (C.1), tranzistors VT1 ieslēdz ventilatora dzinēju ar virknē slēgtu rezistoru R5. Ventilators griežas lēni, jo daļa barošanas sprieguma krīt uz rezistora R5.

Savukārt, ja augsts līmenis ir uz mikroshēmas 5. kājiņas (C.2), tranzistors



6.att.

VT2 pieslēdz ventilatoru pilnam barošanas spriegumam.

Kā temperatūras devēju izmantojam termorezistoru R1. Rezistoru R1 un R2 savienojuma vietā spriegums mainās, mainoties temperatūrai.

Komanda "Wait 10" nodrošina to, ka ventilators nesamazinās griešanās ātrumu un neizslēgsies vēl 10 sekundes pēc tam, kad mērāmā temperatūra nokritīsies zem attiecīgā sliekšņa lieluma. Bez šīs komandas shēma censtos ļoti precīzi uzturēt temperatūru un ļoti bieži (iespējams, vairākas reizes sekundē) slēgt ventilatoru, kas ne vienmēr ir vēlams.

Iespējami arī citi ventilatora griešanās ātruma regulēšanas veidi – piemēram, ar impulsa platumu modulācijas (Pwm) funkcijas palīdzību un vienu slēgšanas tranzistoru.

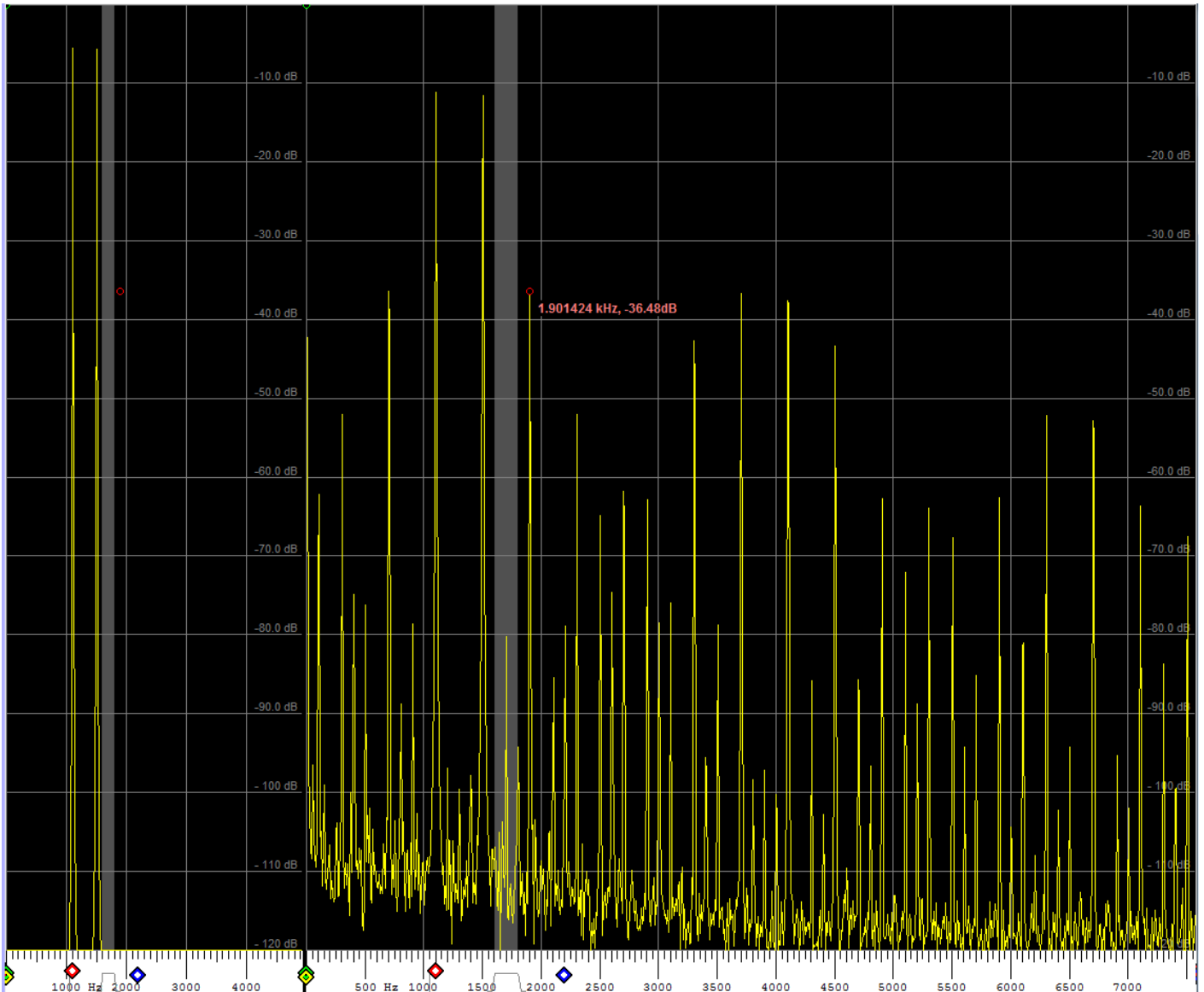
**Uzdevums:** Pēdējā piemērā ir viens ļoti neliels trūkums – pat, ja ir ļoti karsts, vienalga katrās 10 sekundēs uz īsu brīdi (pāris milisekundes) ventilators tiek izslēgts. Kā no tā izvairīties – ko izmainīt programmas algoritmā ?

**Vēl viens uzdevums:** Pielietojot mikrokontrolieri PICAXE 08M2 izveidot tādas ierīces darbības algoritmu un elektriskā slēguma shēmu, kas imitētu spēļu metamā kauliņa darbību !



## Dators, kā mērinstruments elektronikā.

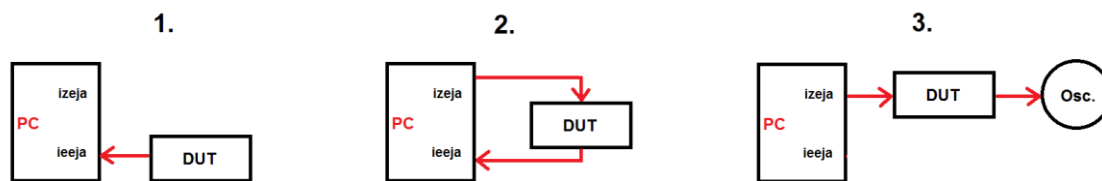
Pats par sevi dators veic tikai informācijas ievades, apstrādāšanas un izvades funkcijas. Bet visu personālo datoru sastāvā ir analogu signālu ievades un izvades ierīce – “skaņas karte”, kas analogus signālus pārvērš cipariskā formā un otrādi. Ar šīs iebūvētās ierīces un atbilstošas programmatūras palīdzību varam datoru izmantot kā zemfrekvenču signālu laboratoriju – kā signālu ģeneratoru, spektra analizatoru, amplitūdas-frekvenču raksturlīknes uzņemšanai un tml.



1.att.

11. laboratorijas darbā apskatīto signālu spektri redzami 1.att. Pa kreisi – ieejas divtoņu signāls; pa labi – šā signāla frekvenču spektrs diožu ierobežotāja izejā.

Pat vislētākā iebūvētā 16 bitu datora skaņas karte ar 48kHz nolasījumu biežumu mums sniedz iespējas pētīt audiosignālus vismaz 20kHz joslā ar gana plašu dinamisko diapazonu.



2.att.

Dažādi veidi kā pieslēgt pētāmo ierīci (DUT – device under test) skaņas kartes ieejai un izejai redzami 2.attēlā.

1. variants pētāmās ierīces pašas izejas signālu pētīšanai.
2. Signāls tiek padots uz pētāmās ierīces ieeju un nolasīts izejā.
3. Skaņas karte tiek lietota tikai kā signāla ģenerators.

Viena no rekomendējamām datorprogrammām atrodama lit. [7.]

Protams, neaizmirstiet par signāla avota un slodzes pretestību salāgošanu. Skaņas kartes austiņu ligzdas izejas pretestība parasti ir ap 200  $\Omega$ , mikroфона ieeja – desmiti kiloomu.

## Izmantotā literatūra

1. E. Pavlovskis. Elektronikas pamati. 1. daļa.  
[http://www.letera.lv/library/mce/uploads/dazadi\\_faili/elektronika2\\_e\\_pavlovskis.pdf](http://www.letera.lv/library/mce/uploads/dazadi_faili/elektronika2_e_pavlovskis.pdf)
2. E. Pavlovskis. Tālsakaru ierīču konstruēšana elektronikas pulciņā.
3. Wikipedia. Solar irradiance. [https://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_irradiance](https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_irradiance)
4. Coil Inductance Calculator. Tiešsaistes kalkulators.  
[http://www.66pacific.com/calculators/coil\\_calc.aspx](http://www.66pacific.com/calculators/coil_calc.aspx)
5. Doppler Effect. Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Doppler\\_effect](https://en.wikipedia.org/wiki/Doppler_effect)
6. [www.picaxe.com](http://www.picaxe.com) programmatūra un apraksti.
7. Spectrum lab programmatūra <http://www.qsl.net/dl4yhf/spectral1.html>