



IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ

LETERA.

Latvijas Elektrotehnikas
un elektronikas
rūpniecības asociācija



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

Egmonts Pavlovskis

Tālsakaru ierīču konstruēšana elektronikas pulciņā

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 2015

SATURS

Ievads	3.lpp
Dažas domas par saziņas iespējām	4.lpp
Sakari pa vadiem	6.lpp
Vadu telegrāfs	6.lpp
Balss pa vadiem	11.lpp
Viena vada sakari	14.lpp
Bezvadu sakari	15.lpp
Optiskais telegrāfs	15.lpp
Optiskais telefons	16.lpp
Ultraskaņas telegrāfs un telefons	19.lpp
Induktofons	24.lpp
“Enerģijas pārvade telpā”	25.lpp
Telegrāfa radiostacija	26.lpp
Skaņas signāla radioraidītājs	27.lpp
Īsviļņu amatieru radiostacija	28.lpp
Pelengatoruztvērējs	34.lpp
Laboratorijas aprīkojums un tā izmantošana	36.lpp
Struktūrshēma – vienkāršībai un radošumam	40.lpp
Izmantotā literatūra	43.lpp

IEVADS

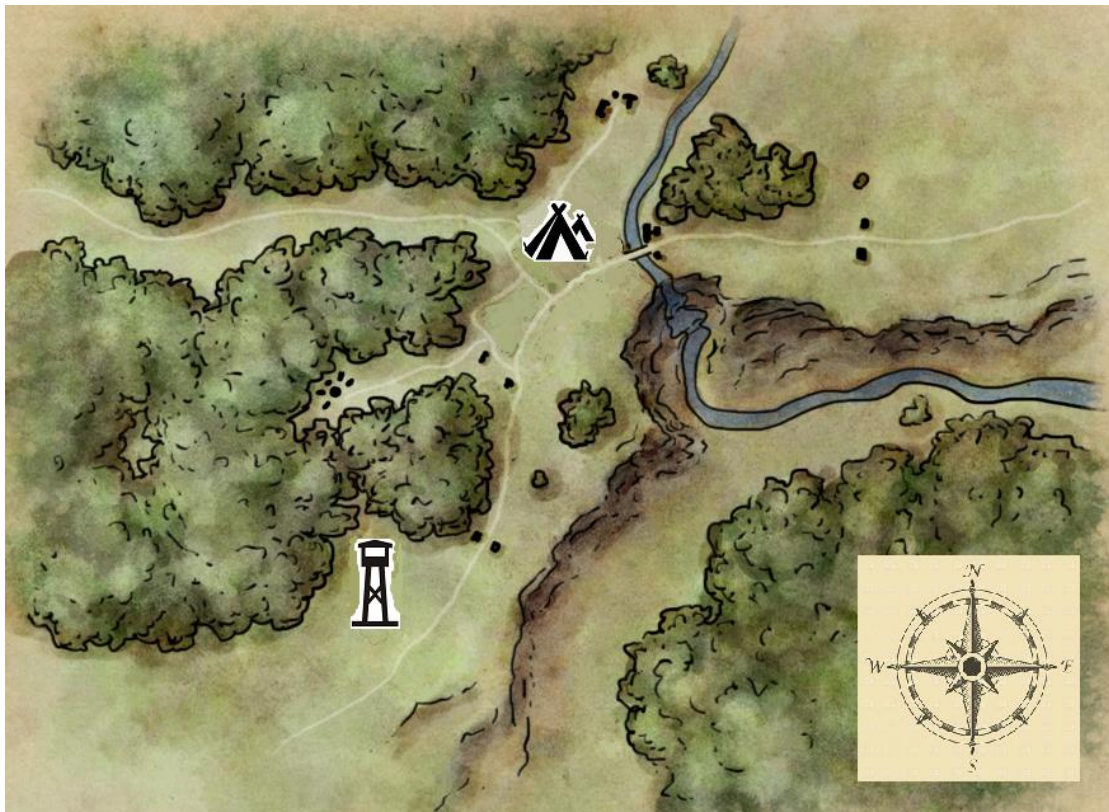
Tehniskās jaunrades nama “Annas 2” elektronikas pulciņā jau vairākkārt norisinājušās Netradicionālo tālsakaru ierīču sacensības (NTIS), parasti tādu pasākumu kā „Elektroniku lauka diena” ietvaros. Pulciņā tapušas arī tādas unikālas sakaru ierīces kā ultraskaņas telefons. Ar tā palīdzību skaņu izdodas nedzirdamā formā nosūtīt tālāk par parastu dzirdamu skaņu, un vēl var uzskatāmi demonstrēt, piemēram, Doplera efektu, atstarošanos un citas akustisko viļņu īpašības. Līdzīga, bet vienkāršota ierīce – ultraskaņas telegrāfs tiks apskatīts arī šajā materiālā. Būtiskākais uzdevums veidojot šo materiālu bija piedāvāt nevis modernākos vai tehnoloģijām bagātākos risinājumus, bet tādus, kas veicina „velosipēda izgudrošanu” – tas ir, attīsta radošās spējas un pieejas risinājumu meklēšanā. NTIS tas ir:

- Uzsvars uz iespējām, ko sniedz alternatīva nodarbības vieta, pašdarinātu elektronisku ierīču tests lauka apstākļos
- Tēma aptver praktiski visas elektronikas pamatzināšanas
- Komplicētības līmenis no primitīva līdz izsmalcinātam
- Īpaši piemērota fizikas skolotājiem, kas vēlas papildus vadīt elektronikas nodarbības, jo tēma aptver arī ar elektrību un elektroniku nesaistītus fizikas jautājumus
- Elektronikas pulciņiem iespēja intriģējošam pasākumam ārpus ierastās nodarbību vides
- Iespēja uzstādīt konkrētus, audzēkņiem sasniedzamus mērķus un veicināt radošās sacensības garu

Mācību materiāls, pirmkārt, paredzēts lietošanai Latvijas elektronikas pulciņos gatavojoties pulciņu skolotāju kopējiem spēkiem veidotām un novadītām NTIS sacensībām. Tas arī paredz, ka dažādus praktiskus jautājumus, kas rodas realizējot šeit aprakstītās konstrukcijas, audzēkņiem risināt palīdz skolotājs. Tāpat pulciņu skolotājiem pieejamas šī mācību līdzekļa autora konsultācijas.

Dažas domas par saziņas iespējām

Kā varam pārraidīt informāciju citiem cilvēkiem? Protams, ikdienā mums ir mobilie sakari un internets. Bet iztēlojamies vasaras nometni meža ielokā pie upes un tālruņa baterija ir izlādējusies. Nav jau nekas slikts noticis, tieši otrādi – tā ir iespēja rosināt domāšanu un no jauna izgudrot sen izgudrotas lietas. Varam arī mēģināt noskaidrot kā cilvēki komunicēja lielākos attālumos senāk. Droši vien pirmā doma varētu būt iemest kādu peldošu sūtījumu upē. Straume to varētu aiznest visai tālu. Bet kā saņemt atbildi?

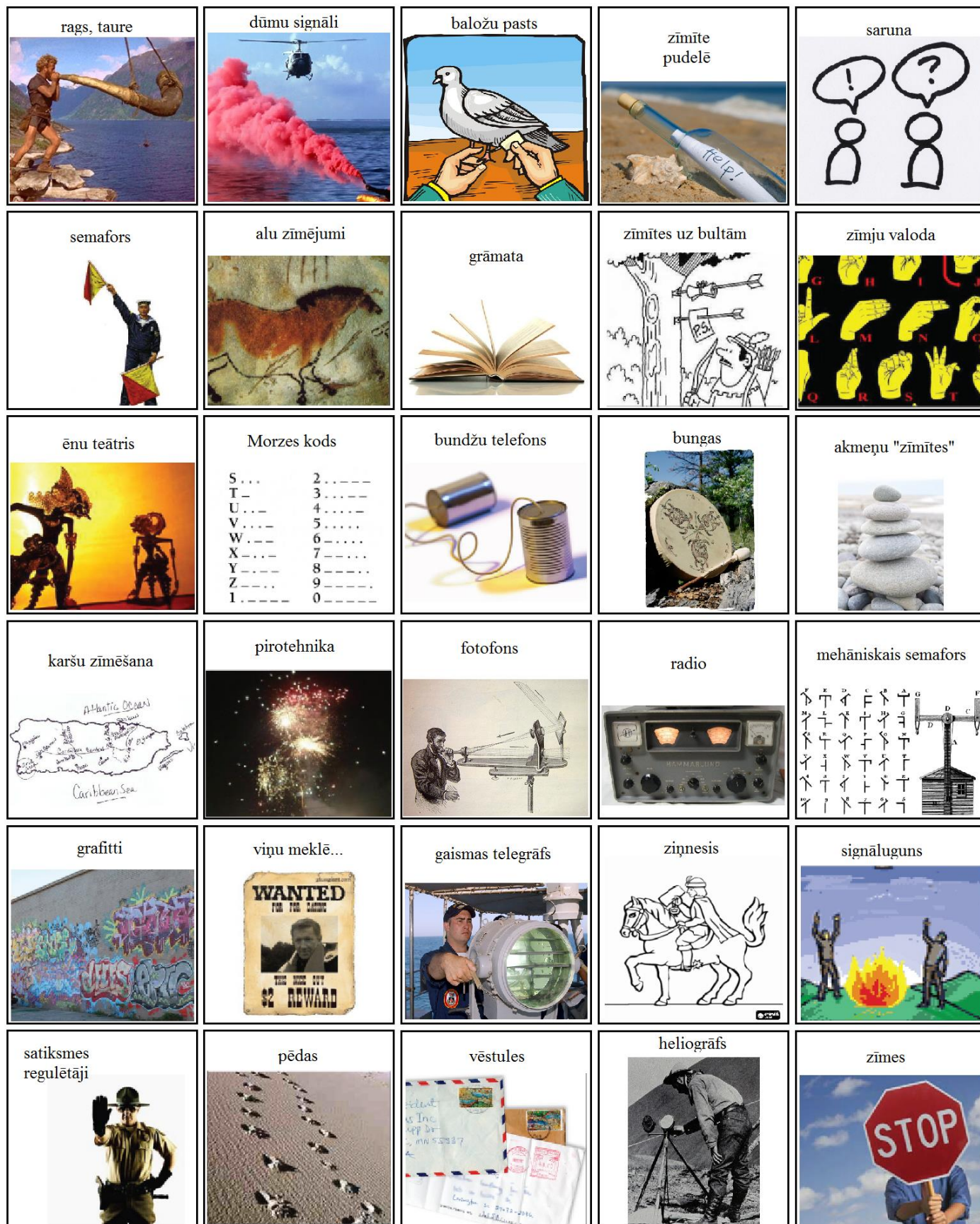


Cilvēki izsenis veidojuši un uzlabojuši dažādas saziņas sistēmas un ierīces. Daudzas senas un kādreiz plaši lietotas metodes mūsdienās jau šķiet ļoti īpatnējas un «netradicionālas».

Informācijas pārraidei varam izmantot dažādas dabiskās un mākslīgās vides:

- Gaiss – optiskā komunikācija, elektromagnētiski viļņi (radioviļņi, gaisma), akustiskie viļņi – skaņa.
- Ūdens – akustiskie viļņi ūdenī, pārraide ar ūdens plūsmu u.c.
- Cieti ķermeņi – akustiski, seismiski viļņi, elektriska strāva tajos u.c.

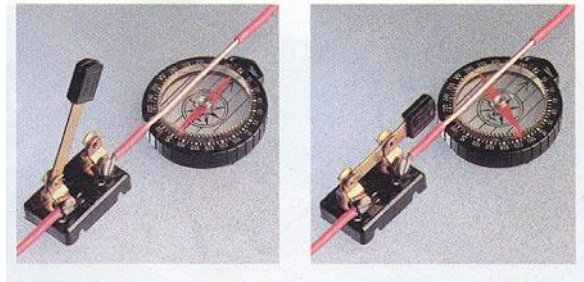
Sekojošajā attēlā redzams ieskats dažādās, pārsvarā visai „vēsturiskās”, sakaru metodēs, veidos un realizācijās. Tas nebūt nav izsmeļošs un pilnīgs. Tāpēc pacenšaties izdomāt vai atcerēties vēl kādu, ne būt ne modernu, bet oriģinālu saziņas veidu!



SAKARI PA VADIEM

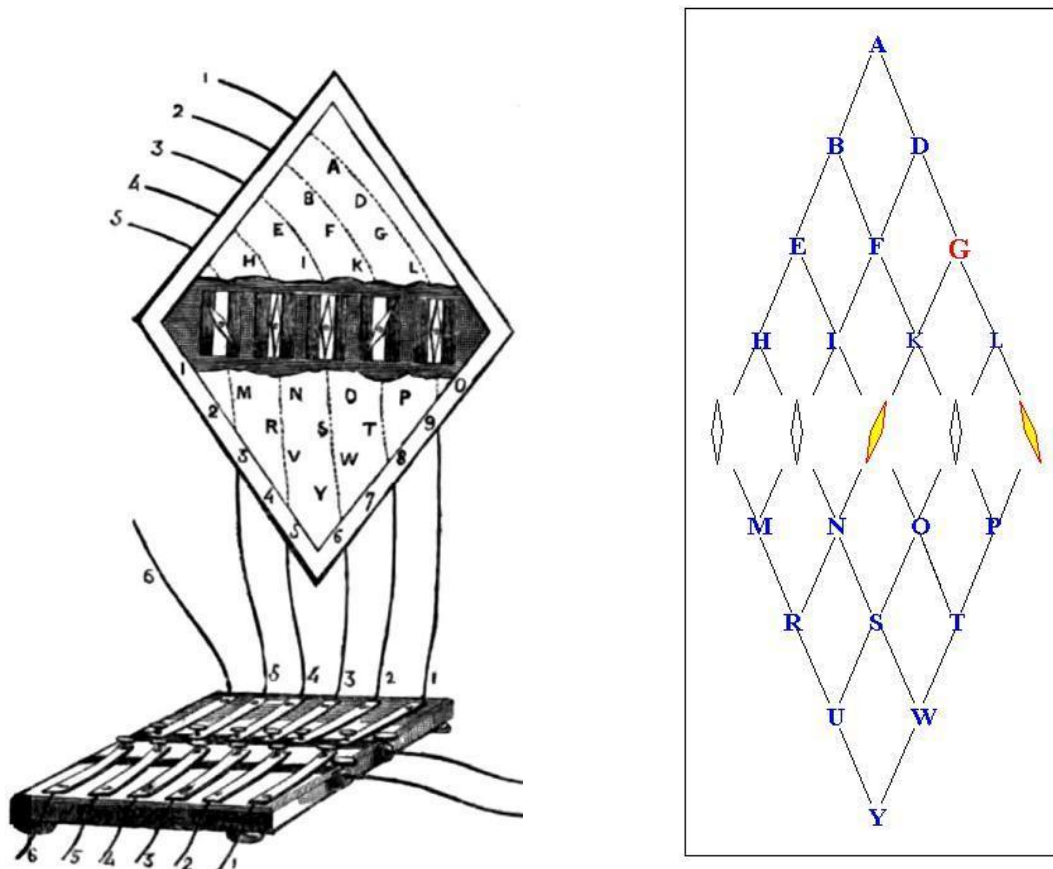
Vadu telegrāfs

Mūsdienās ar tālsakariem pārsvarā saprotam bezvadu sakarus. Vēsturiski gan pirmie elektrisko sakaru veidi izmantoja vadu savienojumus starp visām sakaru iekārtām. Vienas no pirmajām elektriskā telegrāfa sistēmām izmantoja elektromagnētisko parādību – ap vadu, pa kuru plūst elektriskā strāva, rodas magnētiskais lauks. To viegli var konstatēt ar magnētiskā kompasa palīdzību (3.att.).



3.att.

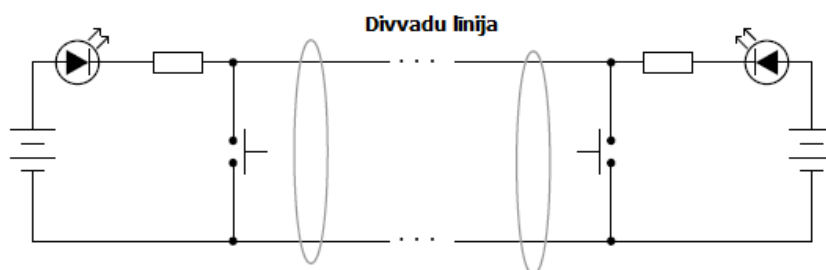
Pirmais komerciāli izmantojamais bija Kuka un Vitstona telegrāfa aparāts (4.att.) ar piecām kompasa magnētatadām. Aparātus savā starpā savienoja ar 6 vadiem.



4.att.

Attēla labajā pusē parādīts kā šajā 1837. gada aparātā tiek uztverts “G” burts.

5. attēlā redzam ļoti vienkāršas telegrāfa sistēmas shēmu. Tā var noderēt ne tikai visvienkāršākās sakaru sistēmas būvei, bet arī elektronikas pamatu apguvei. Katrā abonenta aparātā ir tikai 4 detaļas: baterija, gaismas diode, rezistors un pogslēdzis. Ja patstāvīgi protam izvēlēties optimālu baterijas spriegumu un aprēķināt nepieciešamo rezistora pretestību, tātad pašus pirmos soļus elektronikas pamatos jau esam spēruši.



5.att.

Šajā sistēmā var saslēgt arī 3 un vairāk abonentu aparātus.

Jautājums: vai nepieciešams mainīt rezistoru pretestības pārejot no sistēmas ar 2 abonentiem uz tādu, kurā ir 3 abonentu?

Savukārt 6.attēlā redzama tāda paša principa telegrāfa shēma, bet ar skaņas signāla indikāciju gaismas indikācijas vietā (izmantoti pjezo pīkstulī ar iebūvētu ģeneratoru). Arī šeit var vienkārši saslēgt paralēli 3 un vairāk iekārtas sakaru tīklā.

Jautājums: Vai varat uzzīmēt kā šādā shēmā apvienot gan gaismas, gan skaņas indikāciju?



6.att.

Ar šādām telegrāfa sistēmām iespējams pārraidīt īsākus un garākus gaismas vai skaņas impulsus. 1837. gadā ASV radītais Morzes kods ļauj ar īsiem un garākiem impulsiem kodēt burtus un ciparus (7.att.).

Starptautiskais Morzes kods

A	• —	U	• • —
B	— • • •	V	• • • —
C	— • — •	W	• — —
D	— • •	X	— • • —
E	•	Y	— • — —
F	• • — •	Z	— — • •
G	— — •		
H	• • • •		
I	• •		
J	• — — —		
K	— • —		
L	• — • •		
M	— —		
N	— •		
O	— — —		
P	• — — •		
Q	— — • —		
R	• — •		
S	• • •		
T	—		

Svītra = 3 punkti,
pauze starp elementiem burtā =
1 punkts, starp burtiem = 3
punkti, starp vārdiem = 7

Daži dienesta simboli:

atbildiet: — • —

gaidiet: • — • •

raidījuma sākuma signāls: — • — • —

sakara beigas: • • — • —

kļūdu labojums: • • • • •

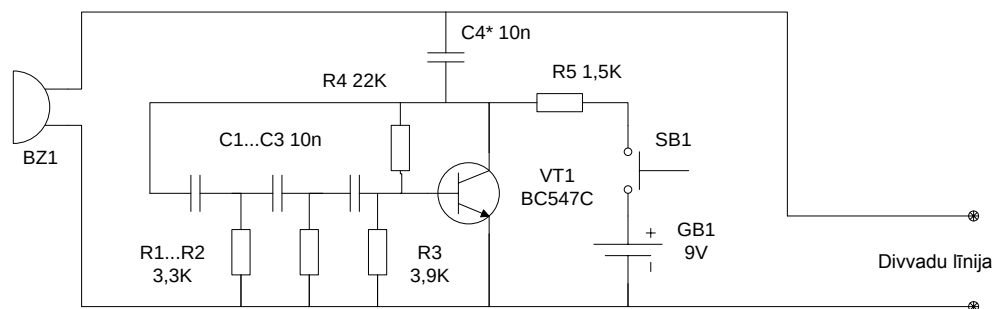
1	• — — — —
2	• • — — —
3	• • • — —
4	• • • • —
5	• • • • •
6	— • • • •
7	— — • • •
8	— — — • •
9	— — — — •
0	— — — — —

Daži dienesta simboli:

- atbildiet: — · —
- gaidiet: · — · —
- raidījuma sākuma signāls: — · — · —
- sakara beigas: · — · —
- kļūdu labojums: · · · · ·

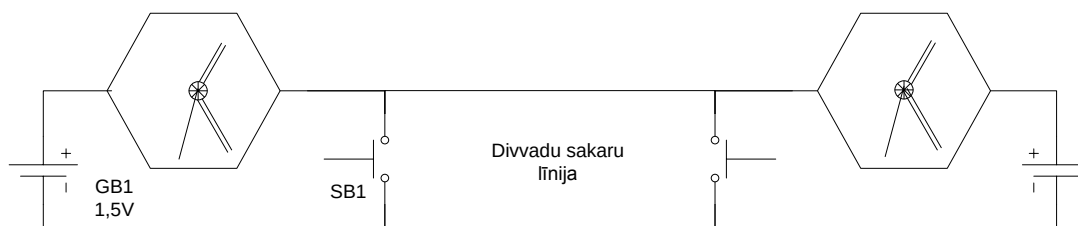
7.att.

Iepriekšējām telegrāfa sistēmām ir viens neliels trūkums – ja nejauši tiek nospiests pogslēdzis vairāk kā vienā abonenta iekārtā, ziņojuma fragments vairs nav saprotams. Šāda trūkuma nav 8. att. redzamajai iekārtas shēmai. Ja otra abonenta iekārtā kondensatoriem C1...C3 ir mazliet atšķirīgs nomināls, tad arī signāla tonis atšķirsies un varēsim saklausīt abus signālus kopā, spējot tos atšķirt vienu no otra (īpaši aktuāli, ja ir 3 un vairāk abonenti sistēmā).



8.att.

Apskatīsim vēl kādu primitīvu, bet interesantu paštaisītas telegrāfa sistēmas realizāciju (9.att.). Tās galvenā īpatnība – alfabēta burtu kodēšanas veids. Sistēma sastāv no 2 elektromehāniskiem pulksteņiem (ja sistēmā ir 2 abonenti) ar sekunžu rādītāju. Daudziem elektromehāniskajiem pulksteņiem nav sekunžu rādītājs, bet ir atbilstošā ass centrā pie kuras var pielīmēt paštaisītu rādītāju.



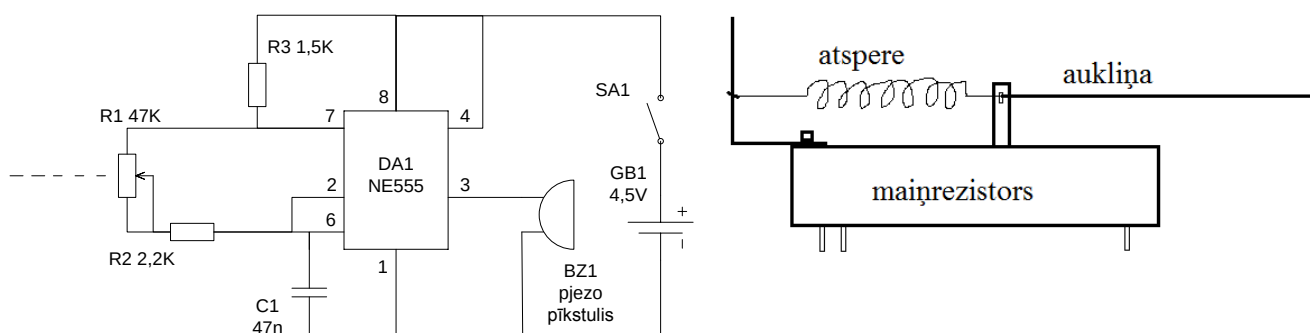
9.att.

Vienkāršākais veids kā šeit kodēt burtus būtu A=2, B=3, C=4 utt., kur skaitlis norāda sekunžu rādītāja kustību skaitu. Nav ieteicams izmantot A=1 utt., jo šajā sistēmā var rasties kļūda +/- 1 impulsa robežās. Tāpēc vēlams katru pārraidi sākt ar kontroles kombināciju “A A”.

Uzdevums: Izdomājiet šai sistēmai vēl kādu citu alfabēta burtu kodēšanas sistēmu!

Savukārt 10. Att. redzam elektrisko un mehānisko shēmu telegrāfa ierīcei, kur signāls tiek pārraidīts nevis elektrisku impulsu veidā, bet gan mehāniski ar diega vai makšķerauklas palīdzību. Pabīdot uz vienu vai otru pusi mainprezistora kloķi, mainās ģeneratoru radītā skaņas signāla tonis. Uz vienu pusi – zemāks, uz otru – augstāks par vidējā stāvokļa toni.

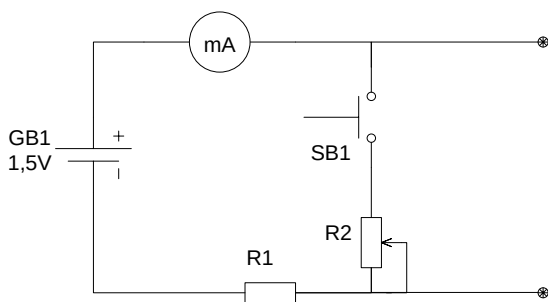
Uzdevums: Pieņemsim, ka nekļūdīgi varam noteikt 5 dažādus slīdkontakta stāvokļus (pieci dažādi toni), ieskaitot “neitrālo” stāvokli – vidū. Uzrakstiet šai sistēmai alfabēta burtu kodēšanas sistēmu!



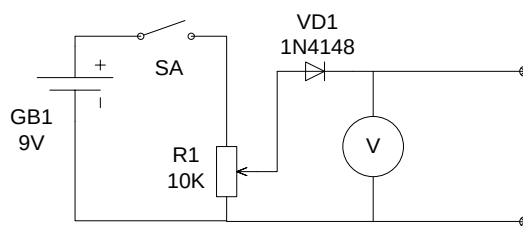
10.att.

Visas šīs iekārtas, lai vai cik primitīvas būtu no elektrisko shēmu viedokļa, palīdz mums izprast ar kādām problēmām sastopas katrs telekomunikāciju sistēmas izstrādātājs – *signālu kodēšana, pārraides kļūdas, traucējumi u.c.*

Pārraidāmā un saņemtā ziņojuma elementu (burtu) indikācijai var izmantot arī elektromehāniskās sistēmas miliampērmētrus vai voltmetrus kā arī elektroniskos multimetrus. Atbilstošas slēgumu shēmas parādītas 11. un 12. attēlā.

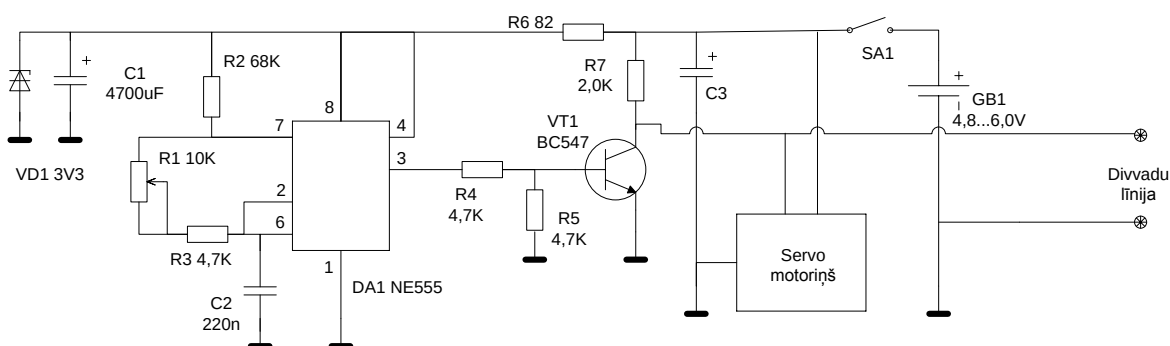


11.att.



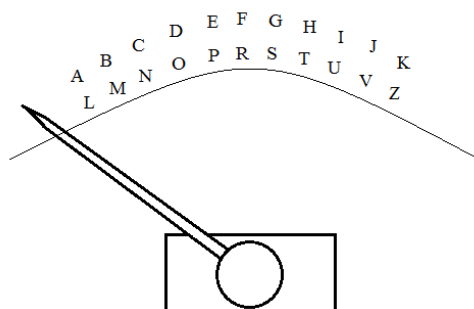
12.att.

Lai arī mums šķiet, ka telegrāfs, un jo īpaši pie pasta nodaļām esošās telegrāfa centrāles ar lieliem burtiem “TELEGRĀFS” izkārtņē pieder jau pasenai vēsturei, tomēr tā nemaz nav. Piemēram, ASV firma Western Union savus telegrāfa pakalpojumus slēdza vien 2009. gada 27. janvārī, bet Indijas valsts uzņēmums BSNL tikai 2013. gada 14. jūlijā [1].



13.att.

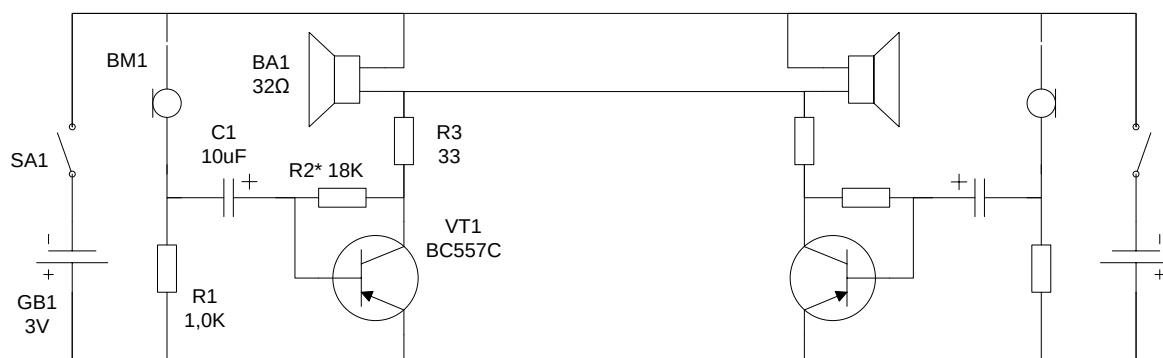
Un visbeidzot, kāda visai interesanta vadu telegrāfa konstrukcija (13.att.) ar servo motorīņu, bieži sauktu par stūres mašīnīti (dēļ pielietojuma radiovadāmajos modeļos). Servo motorīņa izejas asiņ piestiprina rādītāju. Zem tā izvieto papīra skalas ar burtiem divās rindās. Augšējā rindā 11 burti no A līdz K un apakšējā rindā 11 burti no L līdz Z. Pieņemam, ka, ja sākam kustību no kreisās puses, tad raidām augšējās rindas burtu. Attiecīgi, ja kustību sākam no labās puses – tiek raidīts apakšējās rindas burts.



14.att.

Balss pa vadiem

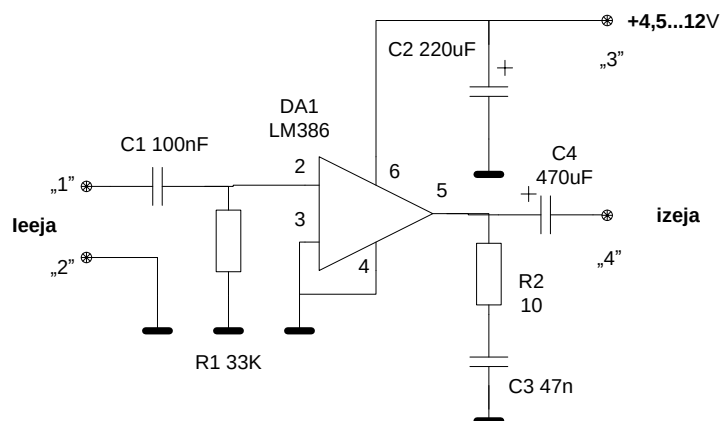
Lai arī shēmas ir mazliet sarežģītākas, bet lietošanā ērtāks un pierastāks par telegrāfu ir balss sakaru telefons. Šeit gan vairākās vienkāršās shēmās salīdzinot ar profesionāliem (un arī sarežģītākiem) izstrādājumiem ir novērojams t.s. **vietējais efekts**. Tā ir situācija, kad telefonā savu balsi dzirdam skaļāk par sarunas partnera balsi.



15.att.

Augstāk redzamajā slēgumā var izmantot datoram domātās austiņas ar mikrofonu vai arī atsevišķus mikrofonus un 16...50 omu skaļruņus vai austiņu kapsules. Rezistors R2 jāpiemeklē ar tādu pretestību, lai spriegums starp tranzistora emiteru un kolektoru būtu 1,5V (+/- 0,2V)!

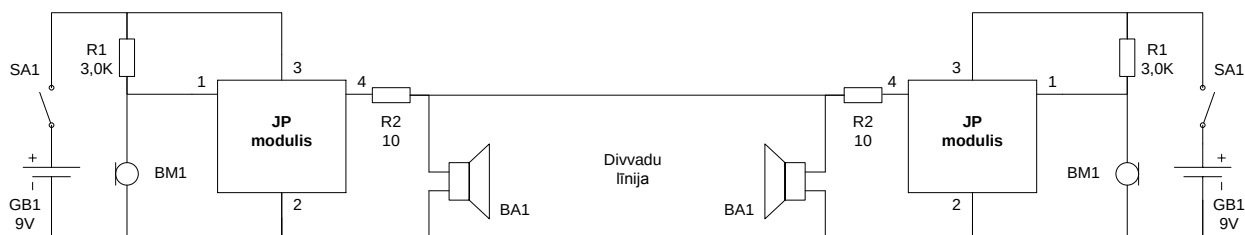
Ļoti ieteicams turpmākiem eksperimentiem, kas saistīti ar skaņu un tās pārraidi, izgatavot vienu vai divus 16.att. redzamos skaņas signāla jaudas pastiprinātāja moduļus. Tie noderēs arī daudzās citās elektronikas konstrukcijās – elektromūzikas aparātos, radiouztvērējos, signalizācijās u.c. Jāatzīmē, ka strādājot pie šiem tālsakaru jeb telekomunikāciju mācību projektiem ieteicams ir sadarboties grupā pa diviem dalībniekiem. Tad katram jāizgatavo tikai viena puse no kopējās konstrukcijas – viens abonenta aparāts.



16.att.

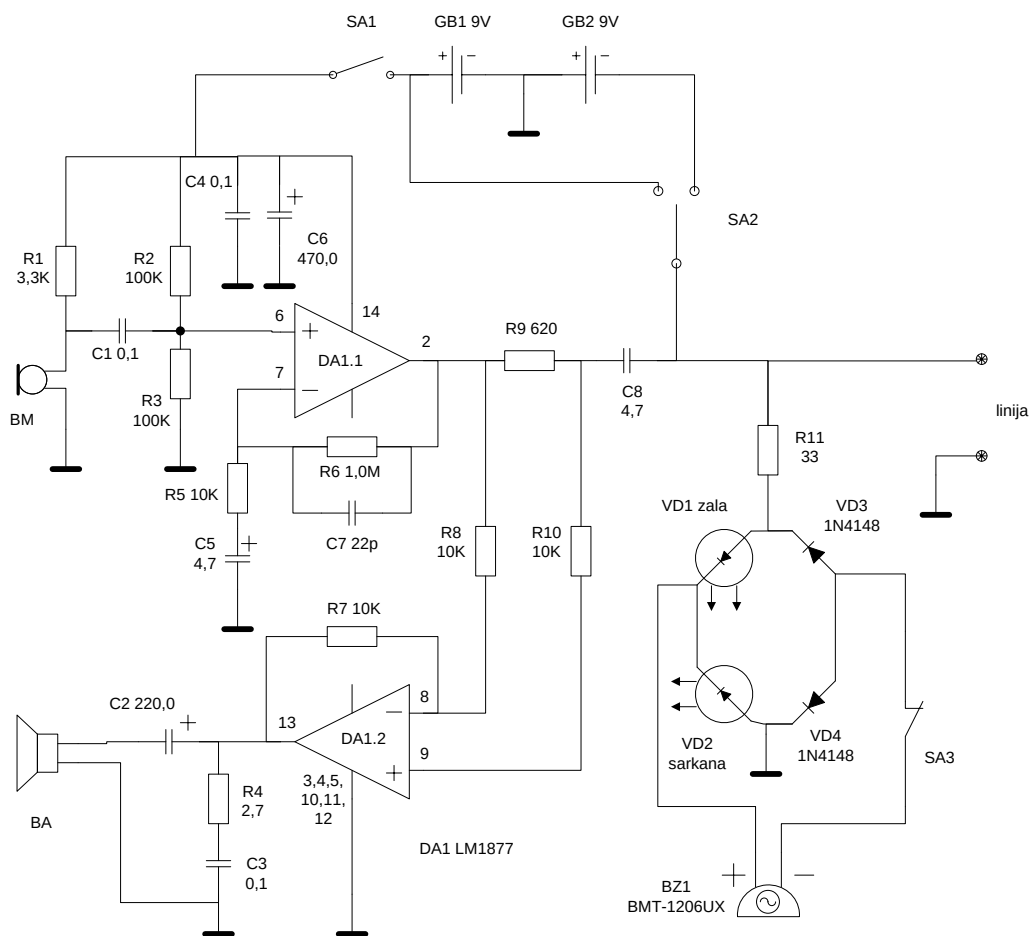
Pastiprinātāja moduļa signāla sprieguma pastiprinājums ir 20 reižu. Ja nepieciešams lielāks pastiprinājums, varam mikroshēmai starp 1. un 8. izvadu pieslēgt 10 mikrofardu kondensatoru, tad sprieguma pastiprinājums būs 200 reizes. Ja nepieciešamā pastiprinājuma vērtība ir kaut kur pa vidu starp šiem lielumiem – ieslēdzam rezistoru virknē ar jaunieviesto kondensatoru [5].

Uzlabotas balss telefona sistēmas elektrisko shēmu, kurā pielietoti divi šādi jaudas pastiprinātāja moduļi (“JP mod”) varam redzēt 17. att.



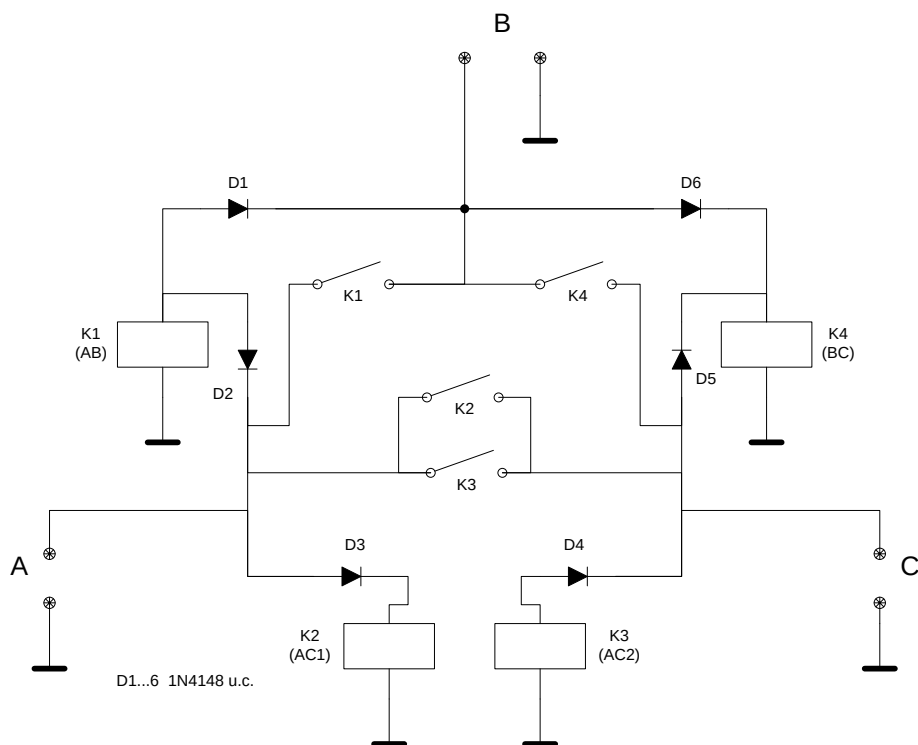
17.att.

Nodaļas beigās apskatīsim arī kādu sarežģītāku un funkcionāli pilnvērtīgāku telefona sistēmu 2...3 abonentiem. Tajā realizēta gan vietējā efekta vājināšana, gan selektīva abonentu izsaukšana un ienākošā zvana “numura noteicējs”.



18.att.

Viena abonenta aparāta principiālā elektriskā shēma redzama 18. attēlā. Elementi R7...R10 un DA1.2 atbildīgi par vietējā efekta mazināšanu vājinot mikrofona BM radīto un pastiprinātāja DA1.1 pastiprināto signālu, bet normāli pastiprinot pienākošo līnijas signālu no cita abonenta aparāta. Trīs stāvokļu pārslēdzējs SA2 domāts otrā vai trešā abonenta izsaukšanai. Gaismas diodes attiecīgi rāda, kurš abonents zvana. Zvana skaņu rada BZ1 pjezo elements ar iebūvētu ģeneratoru.



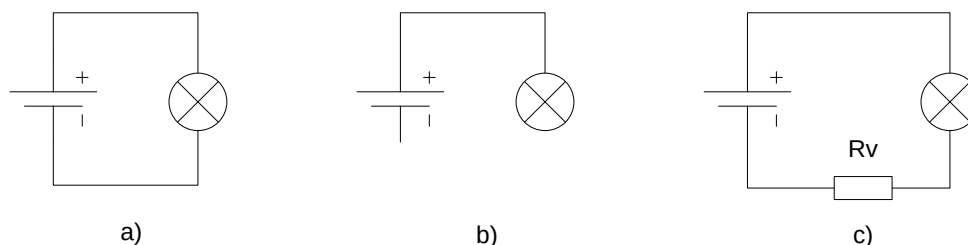
19.att.

Dotajai sistēmai nepieciešama neliela “telefonu centrāle” – neliela shēma ar 4 relejiem un 6 diodēm, pie kuras pieslēdzas abonentu divvadu līnijas.

Pat, ja nebūvējam visu šo sistēmu, varam “aizņemties” dažas idejas no tās. Piemēram to, ka pirms apgūt cipartechnikas elementus, nenāktu par sliktu pavingrināties dažu loģisku funkciju realizēšanā ar diodēm un citām vienkāršām komponentēm.

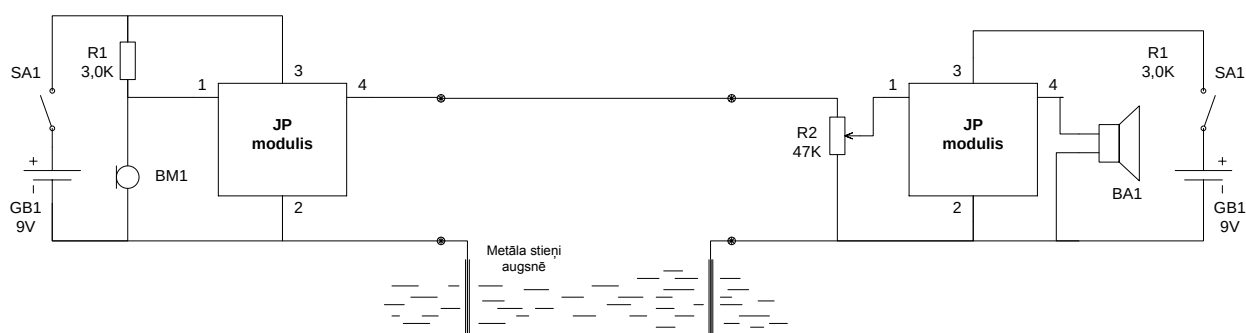
Viena vada sakari

Nē, protams, tas nav iespējams! Lai strāva plūstu ķēdē, ķēdei jābūt noslēgtai (20.att **a**), nevis vaļējai (**b**).



20.att.

Lai kādu slēguma daļu izvietotu attālāk, to nākas savienot ar diviem vadiem ar pārējo slēguma daļu. Bet vienu no vadiem varam mēģināt aizstāt ar kādu citu vadošu vidi. Vislabāk derēs kāda metāla konstrukcija – ūdensvada caurule u.c., bet brīvā dabā parasti tādas nav. (**Brīdinājums!** Izmantojot jebkādas metāla konstrukcijas kā elektriskas strāvas vadītāju, konsultējieties ar skolotāju par elektrodrošības jautājumiem un nelietojiet šādas un citas sistēmas ar gariem strāvas vadītājiem pērkonā negaisa laikā!) Varam izmantot augsnes vai ūdens vadītspēju. Tikai pavisam tīrs, destilēts ūdens slikti vada elektrisko strāvu. Dabā sastopamajā ūdenī izšķīduši dažādi sāļi un citas vielas, kas pat mazā koncentrācijā (saldūdens) ūdenim piešķir samērā labu vadītspēju. Tas pats sakāms par mitru augsni. Īpaši laba vadītspēja ir jūras sālsūdenim. Jāpiebilst gan, ka Baltijas jūras ūdens netiek īsti uzskatīts par sālsūdeni, tas ir tikai “iesāļš ūdens” (angl. – *brackish water* nevis *saltwater*).



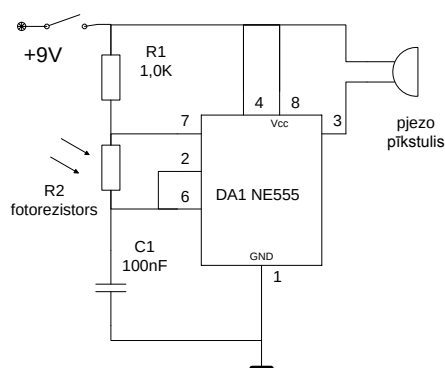
21.att.

Eksperimentējot ar 21. att. redzamo “viena vada” skaņas pārvades ierīci, neaizmirstiet par iespēju palielināt skaņas jaudas pastiprinātāju pastiprinājumu (skat. 10., 11. lpp.)

BEZVADU SAKARI

Optiskais telegrāfs

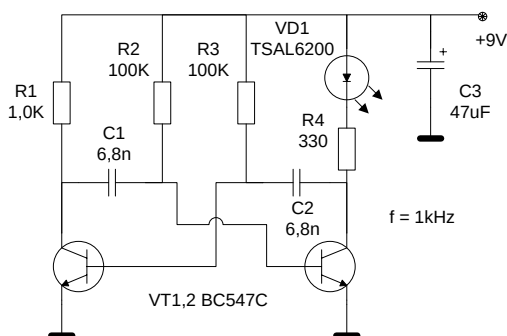
Lai gan sarežģītāki realizācijā, bet parasti daudz praktiskāki ir bezvadu sakari. Kā pirmo apskatīsim iespēju pārraidīt informāciju ar gaismas palīdzību.



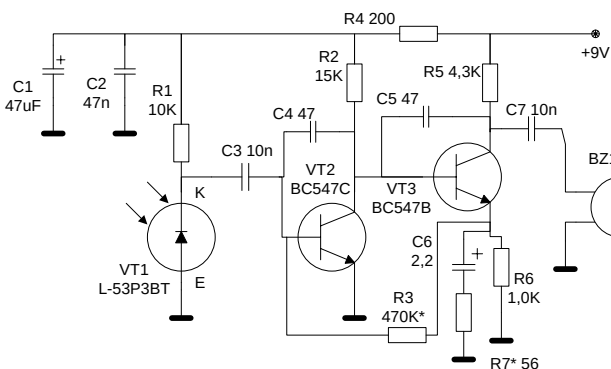
22.att.

Visvienkāršākā optiskā bezvadu telegrāfa shēma parādīta 22.att. Tas ir uztvērējs, kura radītais skaņas tonis ir atkarīgs no saņemtā gaismas daudzuma. Par sistēmas raidītāju var izmantot jebkādu redzamās gaismas lāzerīti vai parastu lukturīti. Var izmantot arī “sauleszaķīti”. Uztvērēja fotorezistoru (praktiski jebkādas markas) vajadzētu ievietot nelielā caurulītē, lai aizsegtu fona gaismu visos citos virzienos, izņemot virzienu uz raidītāju.

Jau mazliet komplicētāka, bet ar lielāku traucējumnoturību ir sekojošā neredzamo, infrasarkanās gaismas staru telegrāfa ierīce (23., 24.att.)



23.att.



24.att.

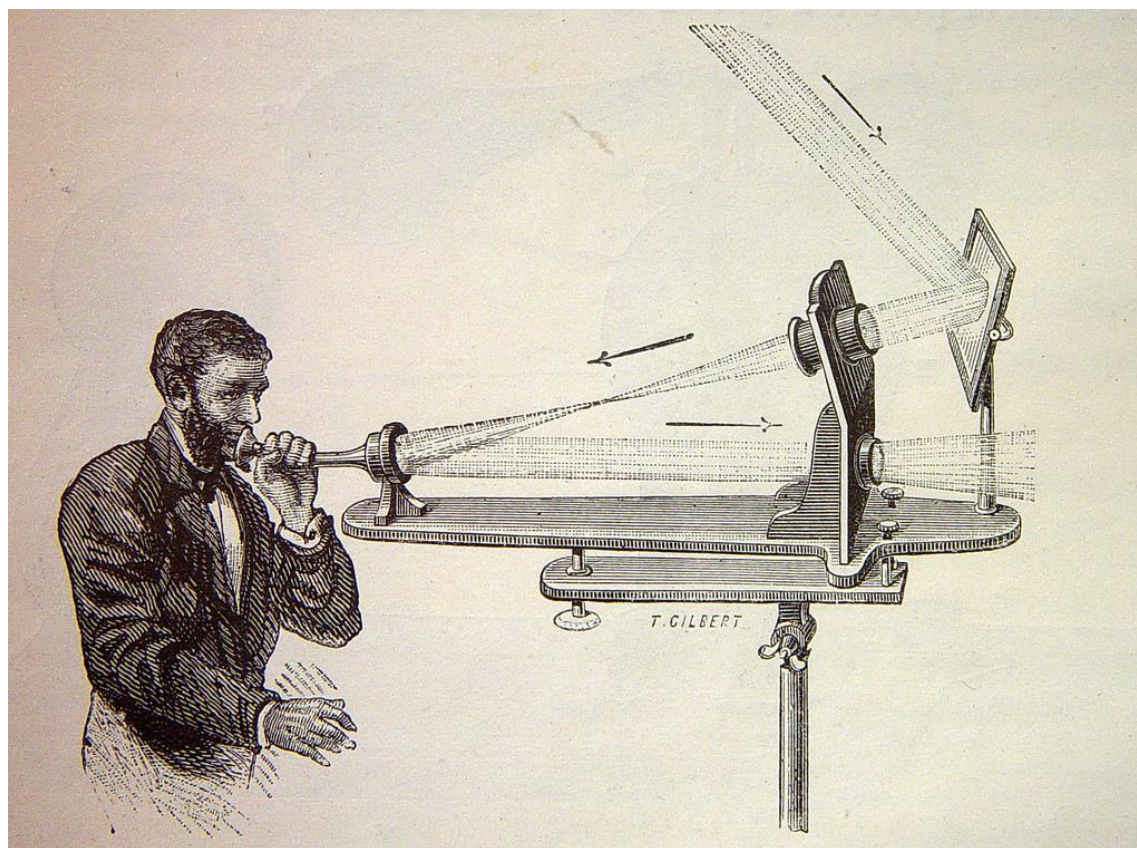
Raidītājs (23.att.) ir parasts t.s. multivibrators, kas ģenerē ap 1000 infrasarkanās gaismas zibšņu sekundē. Uztvērēja (24.att.) ieejā atrodas fototranzistors VT1, kurš kopā ar rezistoru R1 veido mainīga sprieguma avotu. Tā izejas spriegums atkarīgs no infrasarkanā apgaismojuma intensitātes. Savukārt pastiprinātāja elements VT2 ieejai tiek pievadīta tikai ātri mainīgā sprieguma komponente. Signāla spriegumu, kas satur lēnas izmaiņas (Saules gaisma) aiztur augstfrekvences filtrs, ko veido kondensators C3 un pastiprinātāja (VT2) ieejas pretestība. Šī uztvērēja shēmai ir ļoti liels signāla pastiprinājums, tāpēc vēlams to montēt ar ļoti īsiem detaļu izvadiem un vadiem un izvietot detaļas tā, lai VT3 kolektora ķēdes nebūtu cieši līdzās VT2 bāzes

ķēdēm. Ja nav izdevies izveidot pietiekami labu montāžu, shēma pašierosinās – ģenerē nevēlamu dzirdamu vai nedzirdamu signālu, kas neļauj uztvert vēlamu signālu. Tad var līdzēt palielinot rezistora R7 pretestību, tā samazinot kopējo pastiprinājumu.

Eksperiments: Ar šo ierīci noskaidrojiet, vai infrasarkanie stari labāk vai sliktāk par redzamo gaismu atstarojas no dažādām virsmām un spīd cauri priekšmetiem (stikls, papīrs, cilvēka plauksta u.c.)!

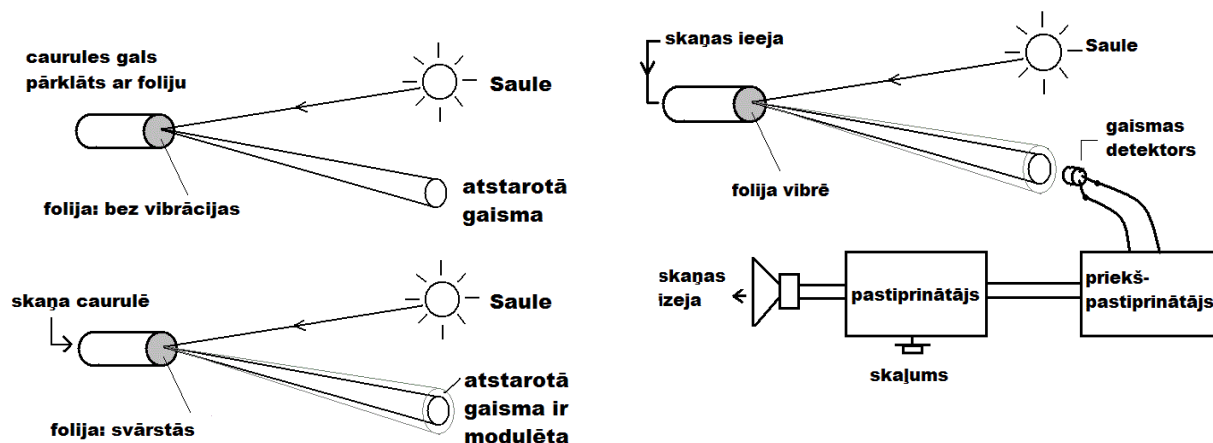
Optiskais telefons

Elektriskā telefona izgudrotājs Aleksandrs G. Bells ir arī **fotofona** izgudrotājs. Bells 1880. gadā ticēja, ka tieši fotofons ir viņa dižākais izgudrojums: “dižāks par telefonu.”



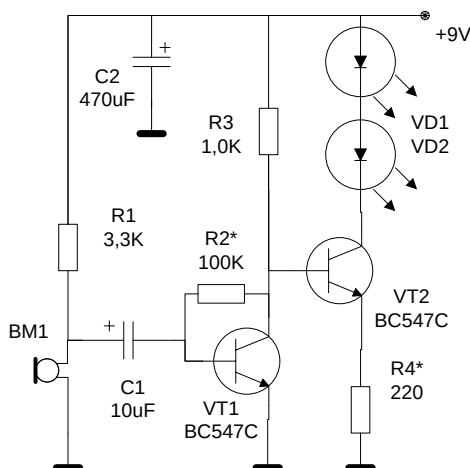
25.att.

Fotofona raidītājs redzams 25. attēlā. Saules gaisma tiek projicēta uz plānu metāla foliju, kas skaņas viļņu ierosināta vibrē. Rezultātā atstarotā Saules gaisma iegūst amplitūdas modulāciju (26.att. kreisā puse). 1880. Gada 3. Jūnijā Bella asistents veica pārraidi virs 200m attālumā. Kā uztvērēju varēja izmantot gan tiešus gaisma-skaņa pārveidotājus (piemēram kvēpi uz stikla), gan elektrisku pārveidotāju – fotorezistoru virknē ar bateriju un elektromagnētisko skaļruni. Protams, mēs varētu izmantot jūtīgāku sistēmu – ar elektriskā signāla pastiprinātāju – 26.att. labā puse.



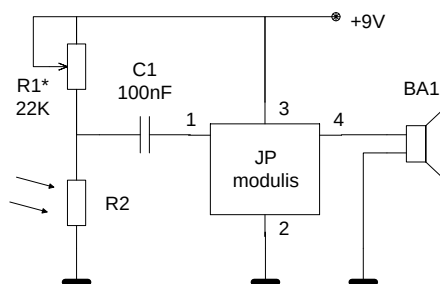
26.att.

Arī fotofona raidītājam varam izmantot mākslīgu gaismas avotu un elektroniski modulēt tā izstarojumu. Šāds risinājums redzams 27.att. Piemeklējot rezistorus R2 un R4 varam uzlabot pārraidāmā signāla linearitāti (kvalitāti, samazināt kropļojumus) un palielināt tā darbības rādus.



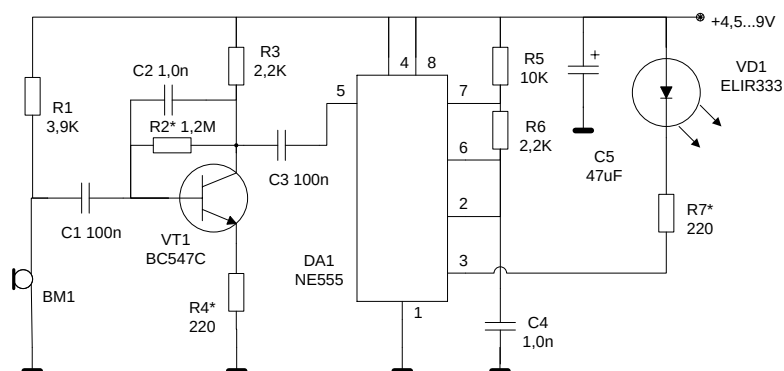
27.att.

Ja raidītāja shēmā lietojam infrasarkanās gaismas diodes, tad kā uztvērēju varam izmantot 24. attēlā redzamo konstrukciju. Savukārt lietojot redzamās gaismas diodes, varam izmantot 28. att. redzamo uztvērēja slēgumu. Vēl interesants eksperiments būtu mēģināt šo raidījumu saklausīt ar 22.att. redzamo ierīci.



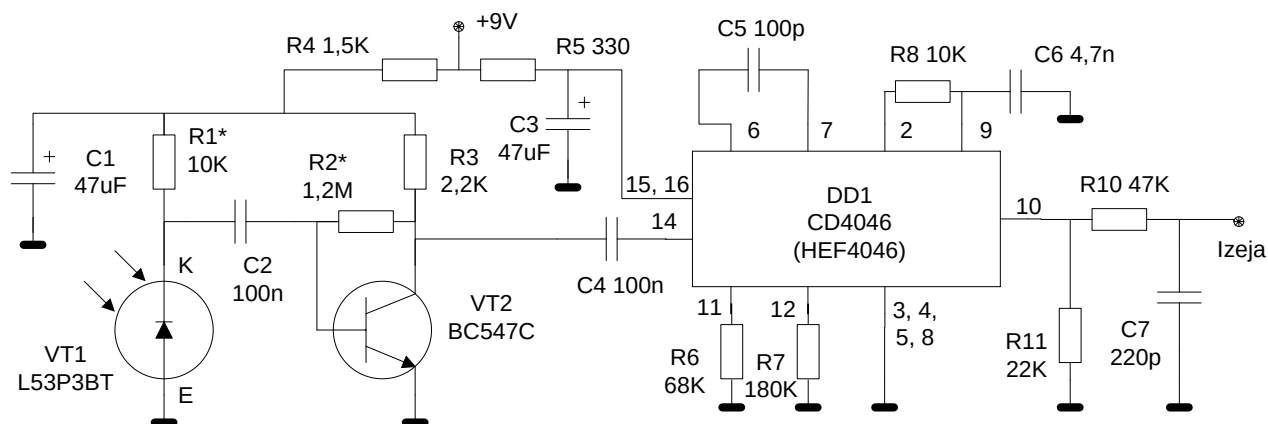
28.att.

Tā pat, kā optiskajam telegrāfam, arī optiskajam telofonam pārejot no tiešas gaismas stara modulēšanas ar informatīvo signālu uz papildus nesējfrekvences modulēšanu (atcerēsimies – telegrāfa gadījumā tie bija 1kHz impulsi), mēs iegūstam daudz labāku traucējumnoturību pret lēni mainošos apgaismojumu un pret zemas frekvences gaismas mirgošanu, ko rada elektriskie gaismekļi. Līdz ar to iegūstam lielāku iespējamo sakaru attālumu. Nākošajā konstrukcijā (29.att.) skaņas signāls tiek padots uz 100 kHz frekvences impulsu ģeneratoru tā, ka tas izmaina šī ģeneratora momentāno darba frekvenci robežās $100\text{ kHz} \pm 5\text{ kHz}$, tātad no 95 līdz 105 kHz. Maksimālā frekvences nobīde, jeb deviācija ir 5 kHz.



29.att.

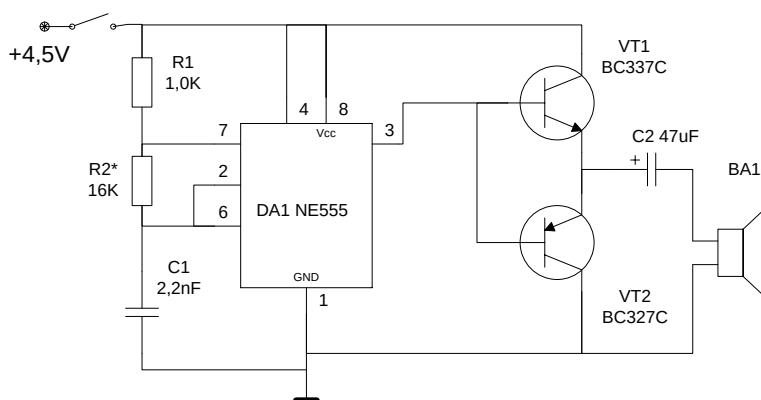
Savukārt atbilstošā infrasarkanā modulētā stara uztvērēja shēma [10] parādīta 30.att. Fototranzistors VT1 uztvertais signāls tiek pastiprināts (VT2) un pievadīts t.s. PLL (*phase locked loop*) mikroschēmai. Tās sastāvā ir ar spriegumu vadāms ģenerators un signālu fāzes detektors. Shēma cenšas izsekot ieejas signāla frekvences izmaiņām un attiecīgi pielāgot savu iekšējo ar spriegumu vadāmo ģeneratoru. Šis “pielāgošanas” vadības signāls tad arī ir shēmas izejas signāls – uztvertais runas signāls. PLL iekšējā ģeneratora vidējo frekvenci nosaka elementi C5 un R6.



30.att.

Ultraskaņas telegrāfs un telefons

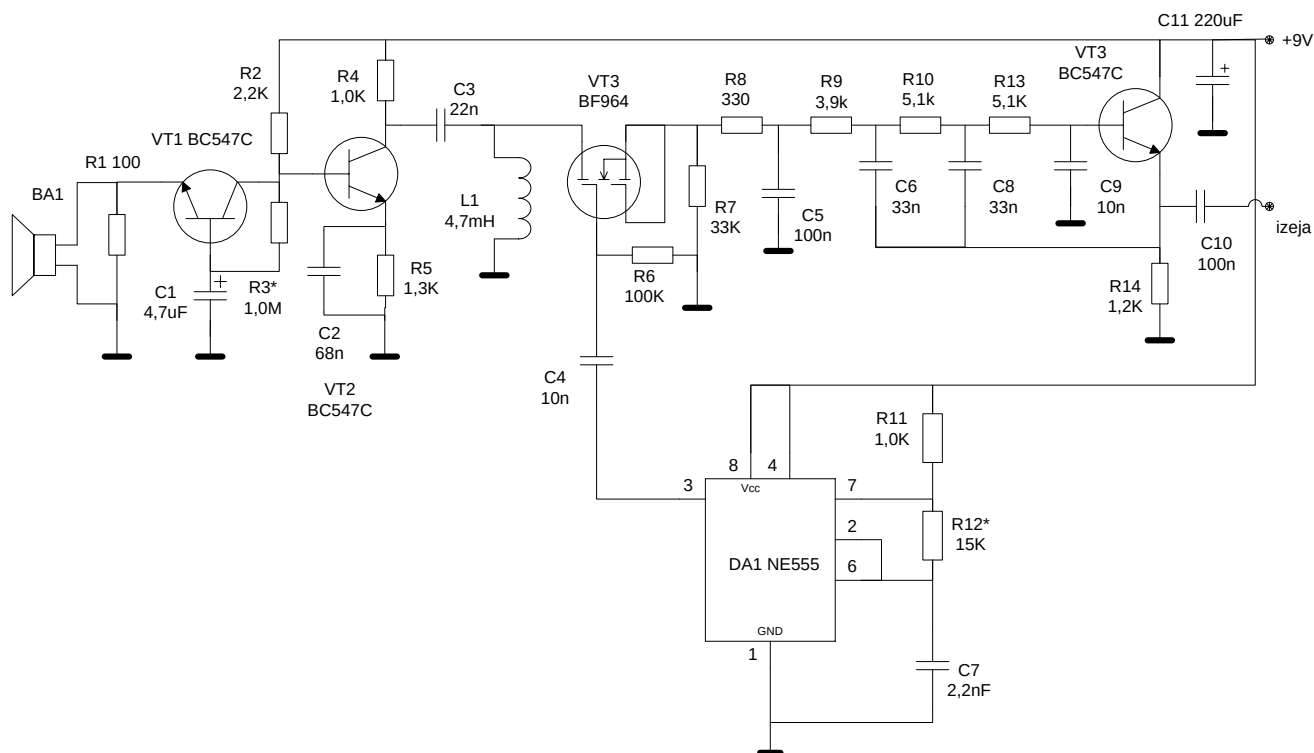
Ultraskaņa ir cilvēka ausij nedzirdamas gaisa (vai citas vides) svārstības. Tās ir svārstības ar frekvenci virs augstākās cilvēkam dzirdamās robežas. Dažādiem cilvēkiem gan šī augšējā robeža var atšķirties (no 10...35kHz), bet parasti tie ir ap 20...22kHz. Mūsu apskatītā ierīce darbojas ar svārstību frekvenci ap 20kHz, tāpēc daļa cilvēku to tomēr varēs saklausīt kā smalku sīcienu raidītāja tuvumā. Varam noregulēt ierīci arī darbam augstākā darba frekvencē, bet minētais lielums – 20kHz (var arī 15...22kHz robežās) varētu būt tehniski vieglāk realizējams – būs pieejams vairāk skaļruņu, kas vēl spēj darboties pietiekami efektīvi tik augstā frekvencē.



31.att.

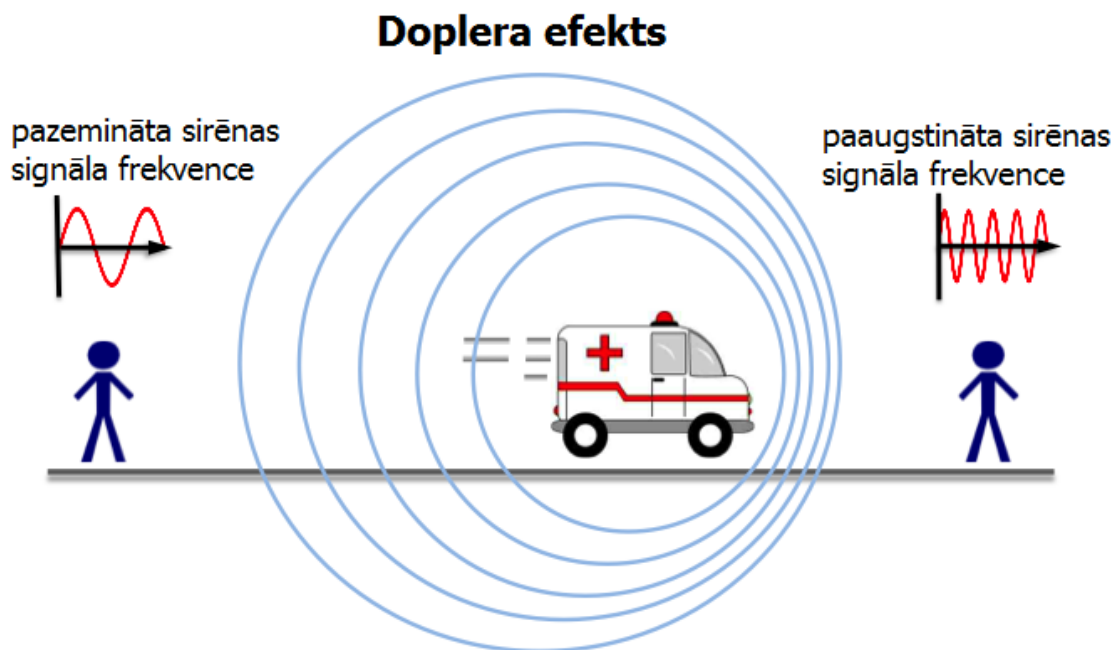
Ultraskaņas telegrāfa raidītājs parādīts 31.att. Tas ir vienkāršs taisnstūra impulsu ģenerators ar populāro taimera mikroshēmu NE555 [2],[3]. Tā izejai pievienots signāla jaudas pastiprinātājs ar tranzistoriem VT1 un VT2. No kondensatora C2 signāls tiek pievadīts augstfrekvences skaļrunim BA1. Tas var būt pjezokeramiskais vai parastais elektrodinamiskais augstfrekvences skaļrunis, kādus lieto divjoslu sadzīves audiosistēmās.

Ultraskaņas telegrāfa uztvērēja elektriskā principiālā shēma parādīta 32. attēlā. Tajā ultraskaņu uztver otrs tāds pat skaļrunis kā raidītājā. Tālāk šo signālu pastiprina pastiprinātājs ar tranzistoriem VT1 un VT2. Rezistoru R3 vajadzētu piemeklēt, lai spriegums starp VT2 emiteru un kolektoru būtu 3,0...4,5V robežās. Tālāk signāla ceļā ir augstfrekvences filtrs ar nogriešanas frekvenci ap 20kHz. Tas sastāv no kondensatora C3 un induktivitātes spoles (var izmantot gatavu droseli) L1. No augstfrekvences filtra izejas signāls nonāk vienkāršā komutācijas tipa signālu jaucējā (lauktranzistors VT3). Otrs signāls, kas tiek pievadīts signālu jaucējam ir heterodīna (DA1) signāls ar frekvenci 20,5kHz. Signālu jaucēja izejas divas signāla pamatkomponentes ir ar frekvenci $f_1 = f_h - f_s$ un $f_2 = f_h + f_s$. Tātad 0,5kHz un 40,5kHz (f_h – heterodīna frekvence, f_s – ieejas signāla). Tāpēc jaucēja izejā ir zemfrekvenču filtri, kas vājina visas signāla frekvenču komponentes ar $f > 1,0...1,5$ kHz.



32.att.

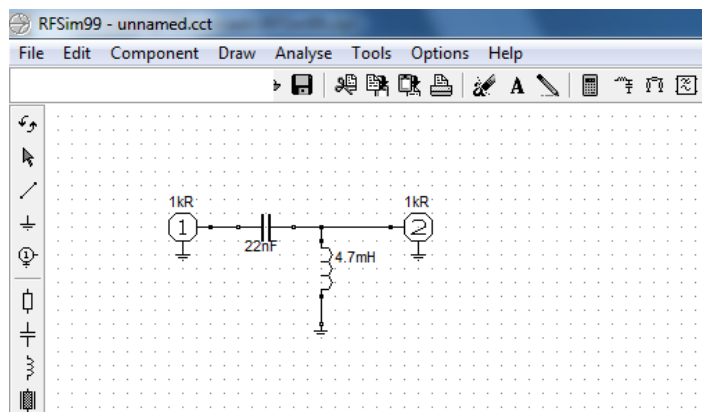
Ultraskaņas telegrāfa un ultraskaņas telefona ierīces ir ļoti interesantas, jo ar to palīdzību uzskatāmi var demonstrēt dažādas skaņas viļņu īpašības. Piemēram, Doplera efektu (31.att.) [8]. Interesanti, ka ar mūsu ierīci šo efektu ļoti labi varam novērot jau pie ļoti maziem pārvietošanās ātrumiem – 2...5 km/h.



33.att.

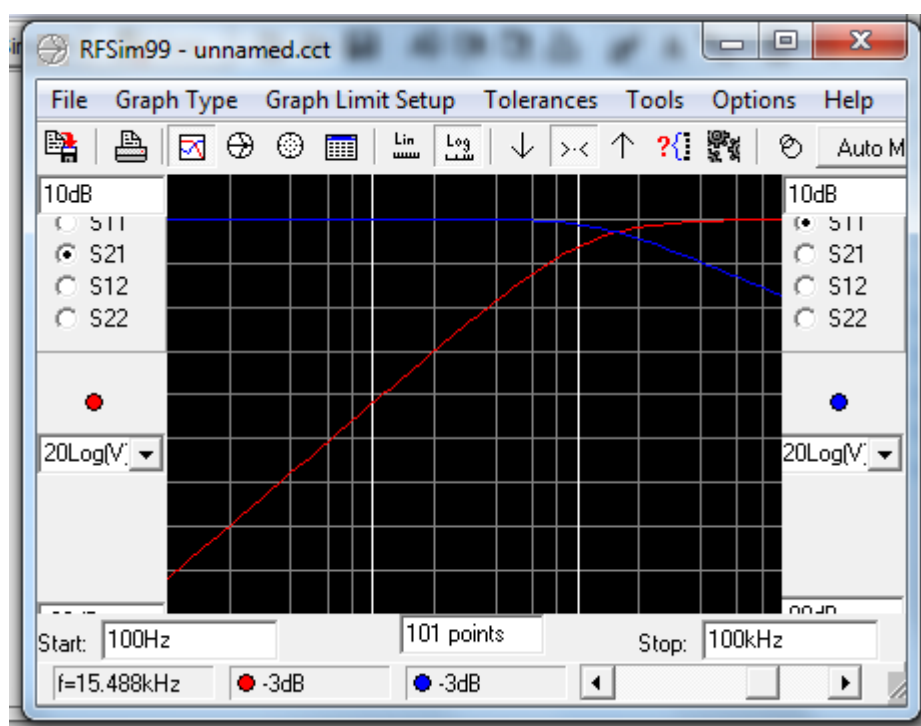
Jautājums: Kāpēc aprakstītajā ierīcē nav vajadzīgs tik liels ātrums kā automašīnai ar sirēnu vai skaļu mūziku, lai novērotu Doplera efektu?

Eksistē daudzas komplicētas un parasti arī dārgas **elektrisku shēmu modelēšanas datorprogrammas**. Bet ir tomēr pieejamas arī gana vienkāršas bezmaksas programmas. Apskatīsim vienu no tādām, kas pamatā paredzēta signāla filtru un salāgošanas ķēžu izstrādei – RFSim99 [15]. Apskatīsim tajā ultraskaņas telegrāfa uztvērēja filtru, kas satur elementus C3 un L1 (34.att.)



34.att.

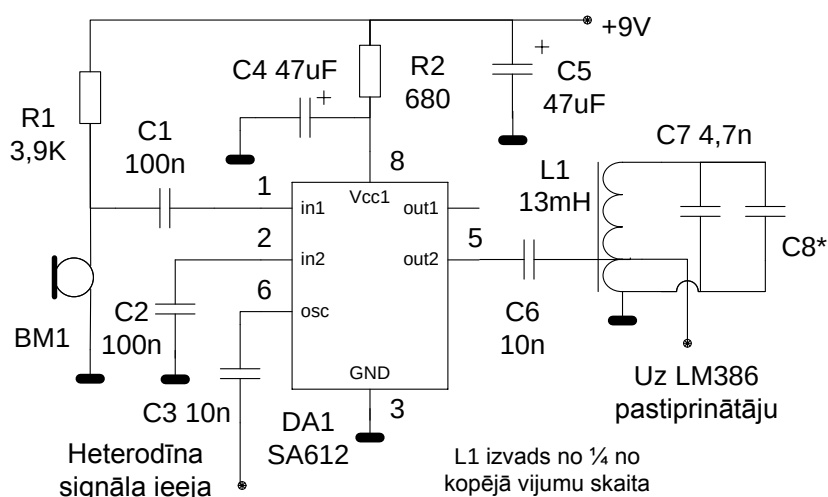
Kā redzam signāla avota un slodzes pretestības izvēlētas $1\text{k}\Omega$, kas ir tuvu shēmas reālajiem apstākļiem. Nākošajā attēlā varam redzēt filtra AFR (sarkanā līkne). Tajā redzam, ka filtra vājinājums $15,5\text{kHz}$ frekvencē ir -3dB , jeb 2 reizes pēc jaudas. Varam pārslēgties arī uz vienkāršāk saprotamo lineāro mērogu – signāla sprieguma vājinājums būs $0,71$. Kā redzam vēl zemākas frekvences signālus filtrs vājina daudz vairāk.



35.att.

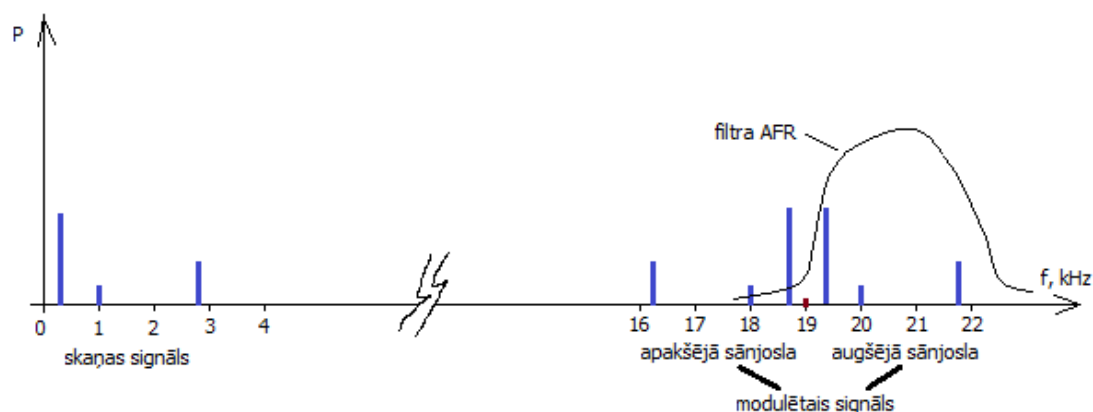
Ultraskaņas telefonam varam lietot to pašu uztvērēja shēmu, ko ultraskaņas telegrāfam (32.att.) Vienīgi jāpalielina zemfrekvences filtra nogriešanas frekvence līdz 2,6...3,2 kHz. Tamdēļ jānomaina kondensatori C6, C8 pret 10nF un C9 pret 3,3nF kapacitātes kondensatoriem.

Savukārt ultraskaņas telefona raidītāju varam izgatavot atbilstoši 36. att. redzamai elektriskajai principiālajai shēmai.



36.att.

Attēlā neparādīto heterodīnu varam izgatavot pēc 32. att. shēmas fragmenta (DA1, R11, R12, C7). Ultraskaņas telegrāfa pārraidāmais signāls bija ar frekvenci 20,0 kHz, un tam sajaucoties ar uztvērēja heterodīna signālu frekvencē 20,5 kHz ieguvām starpības frekvences signālu 500Hz. Balss signāla pārraidīšanai un saprotamai uztveršanai nepieciešams pārraidīt skaņas signālu ar nepārtrauktu frekvenču spektru no 300 Hz līdz 2,8 kHz. Signālu jaucēja (DA1 34.att) izejā iegūstam modulētu signālu ar divām sānu joslām. Tās abas satur vienu un to pašu informāciju.

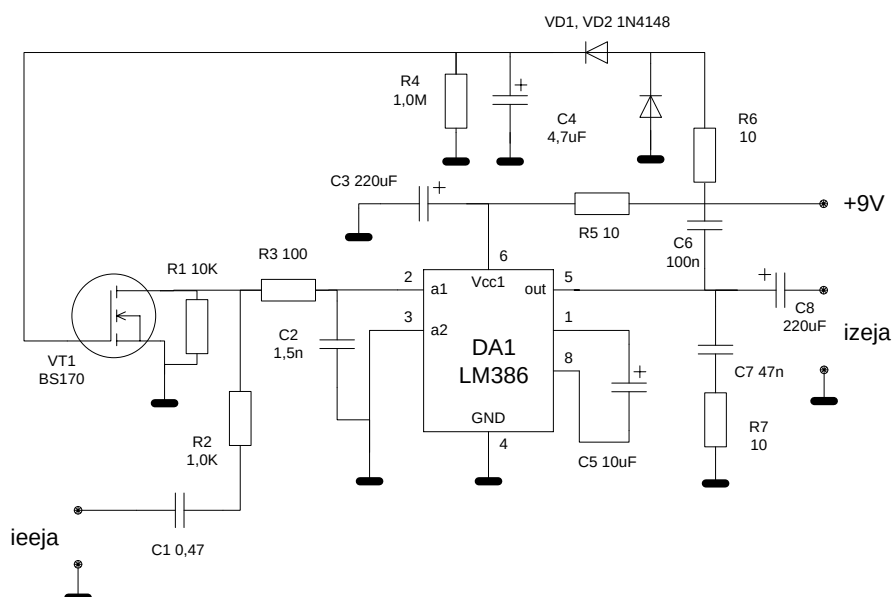


37.att.

Tas ir viens no iemesliem, kāpēc mums vajag pārraidīt tikai vienu signāla sānu joslu.

Kā redzam 37.att. spektrogrammā, izvēlētais filtra (L1, C7, C8, 34.att.) komponentes nodrošina to, ka filtra izejā mums būs modulētā signāla augšējās sānjoslas spektra sastāvdaļas. Pie kam ieejas skaņas signāla frekvenču joslai 0,3...2,8 kHz atbildīs modulētais signāls ar frekvenču joslu 19,3...21,8 kHz. Gan raidītāja, gan uztvērēja ģeneratoriem (heterodīniem) šajā gadījumā jādarbojas ar svārstību frekvenci 19,0 kHz.

Gan ultraskaņas telefonam, gan optiskajam telefonam, kā arī īsviļņu amatieru radiostacijai ļoti labi būtu pielietot **skaņas signāla pastiprinātāju ar automātisko pastiprinājuma regulēšanu** (AGC – *automatic gain control*). Šādas ierīces shēma parādīta 36. att.



38.att.

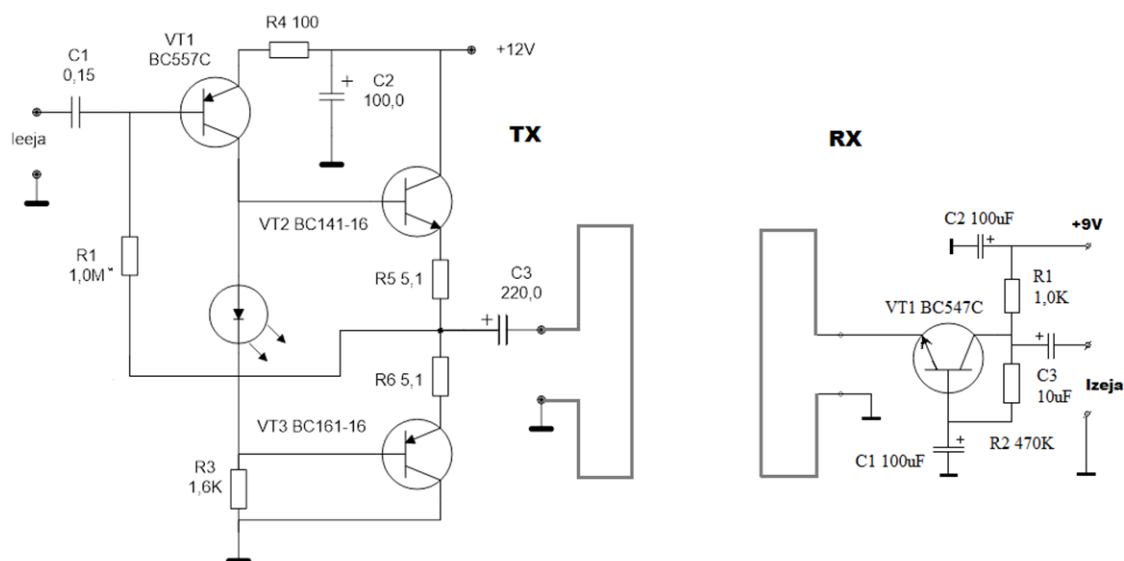
Pamatā tā ir mums zināmā skaņas signālu jaudas pastiprinātāja shēma (16.att., 11.lpp.). No jauna klāt nācis izejas signāla detektors, kas izejas maiņspriegumu pārvērš līdzspriegumā (C6, R6, VD1, VD2, R4, C4), kā arī elektroniski regulējams signāla vājinātājs (VT1, C1, R2,). Ja shēmas, pie kuras slēdzam šī pastiprinātāja ieeju, izejas pretestība ir lielāka par 1 kΩ, tad vai nu attiecīgi jāpalielina R2 pretestība, vai vislabāk lietot papildus salāgojošu pakāpi ar vienu tranzistoru kopkolektora slēgumā.

Šīs AGC shēmas darbība ir sekojoša: sasniedzot zināmu (ap 0,5V efektīvā sprieguma) signāla līmeni pastiprinātāja izejā, detektora izejas līdzspriegums ir pietiekams, lai samazinātu lauktranzistora kanāla pretestību un līdz ar to pavājinātu signālu pastiprinātāja ieejā. Šīs shēmas efektivitāte ir tāda, ka mainoties ieejas signāla līmenim no 3 mV līdz 300 mV, izejas signāla līmenis praktiski nemainās.

Neaizmirstam arī par kondensatora C5 lomu (skat 11., 12. lpp.)! Vēlams neizvēlēties pārāk lielu pastiprinājumu, C5 ielodē tikai, ja nepieciešams!

Induktofons

Induktofons signāla pārraidei izmanto elektromagnētisko indukciju. Divas attālinātas spolītes veido transformatoru ar ļoti vāju saiti. Eksperimentējot ar spolīšu izmēru (formai maza nozīme) un vijumu skaitu (1 vai vairāki) var noskaidrot praktisko optimumu. Ieteiktu sākt eksperimentus ar 1 vijuma spolītes izmēru 1x1 m.



39.att.

Induktofona shēma sastāv no diviem skaņas signāla pastiprinātājiem. Kreisajā pusē redzamā raidītāja (TX) shēma ir parasts skaņas signāla jaudas pastiprinātājs. Tā vietā var lietot 16. attēlā redzamo jaudas pastiprinātāja moduli, izejā virknē slēdzot 3,3 omu rezistoru. Uztvērēja (RX) shēmā redzams signāla pastiprinātājs ar zemu ieejas pretestību. Tā izeja jāpieslēdz signāla jaudas pastiprinātājam. Strādājot simpleksā (secīgi uztver / raida) režīmā var šim nolūkam izmantot raidītāja jaudas pastiprinātāju, nodrošinot nepieciešamo komutāciju.

Uzdevums: 39.attēlā redzamā induktofona shēma paredzēta runas signāla pārraidei vienā virzienā. Pie tam nav parādīts uztvērēja jaudas pastiprinātājs. Pārzīmēt šo shēmu tā, lai ar divām tādām ierīcēm varētu sazināties abos virzienos!

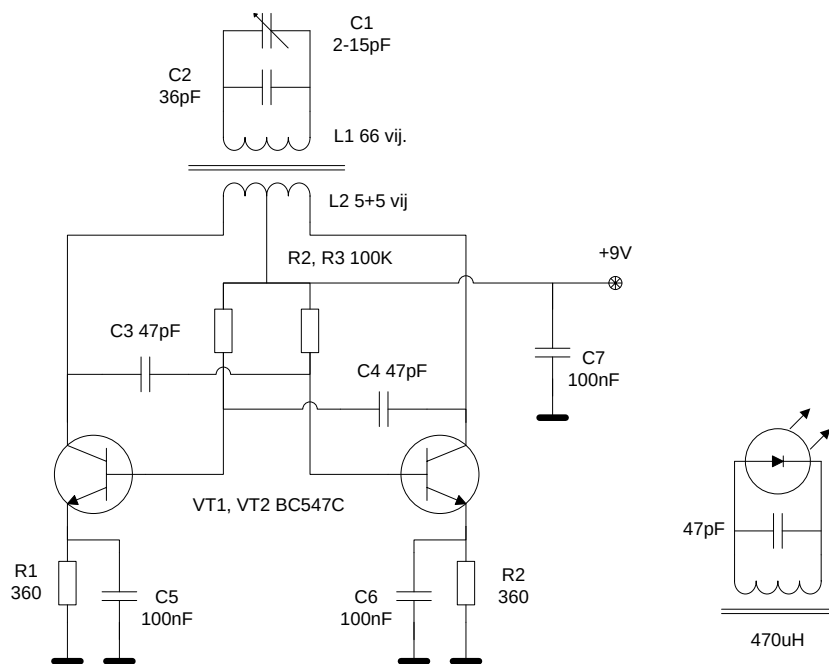
Pēc induktofona principa var darbināt arī 29. līdz 32. un 36. att. shēmas. Tikai dažos gadījumos nepieciešamas nelielas modifikācijas dēļ induktofona vada rāmīša zemās pretestības.

Eksperiments: Noskaidrojiet vai tādu lielu priekšmetu kā cilvēks, koks vai siena atrašanās starp induktofonu rāmīšiem ietekmē iespējamo sakaru attālumu!

“Enerģijas pārvade telpā”

Ierīce sastāv no divām savstarpēji nesavienotām kārbīnām. Vienā iemontēts elektromagnētiskās enerģijas izstarotājs – raidītājs. Otra sastāv no gaismas diodes un vēl divām detaļām. Gaismas diodi var iededzināt attālināti (līdz pat 1m attālumā) bez redzama enerģijas avota. Piemēram zem galda atrodas raidošā shēma, bet uz galda baterijai nepievienota spīd gaismas diode !

Ierīces darbības principā tā pat kā iepriekš apskatītajā induktoфона iekārtā ir elektromagnētiskā indukcija. Niecīga daļa ģenerētās jaudas tiek izstarota arī radioviļņu veidā. Ierīce darbojas ap 1MHz frekvencē un tās darbību var reģistrēt ar vidējo viļņu radiouztvērēju vairāku desmitu metru attālumā.

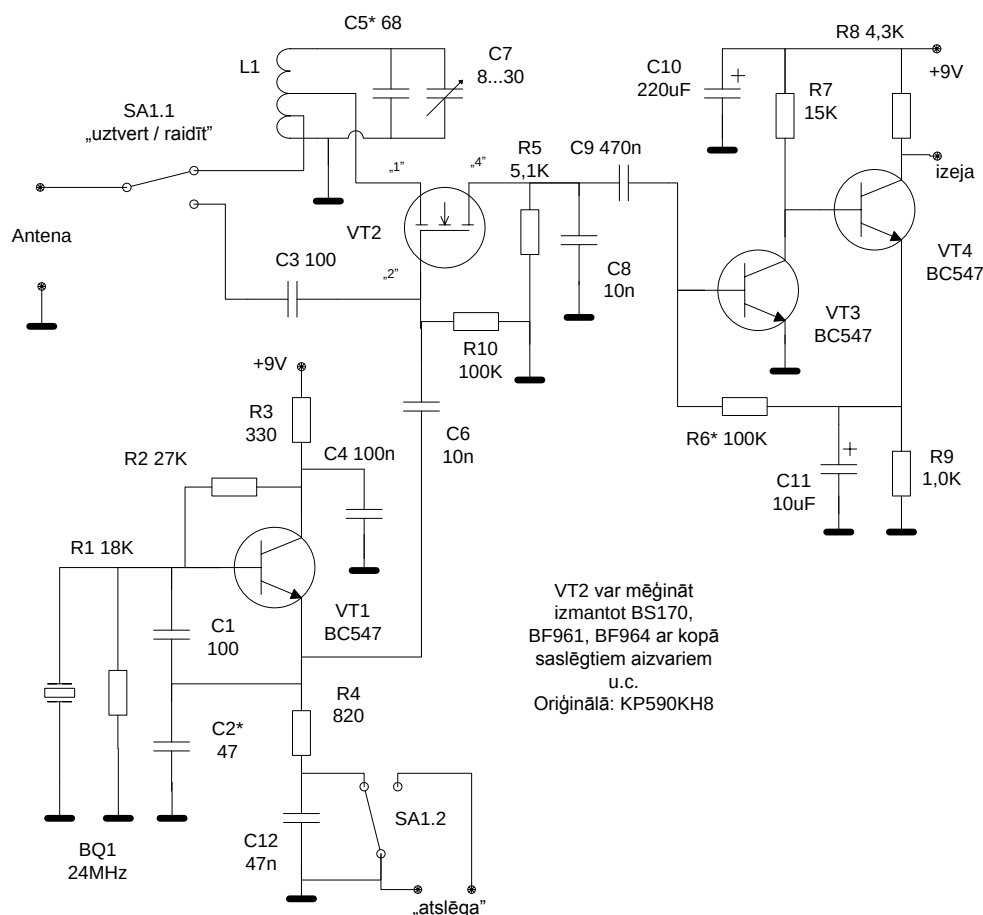


40.att.

Spolītes L1 un L2 tītas uz vidējo viļņu radiouztvērēja magnētiskās antenas ferīta stieņa. Uztvērēja 470 mikrohenriju droseli var imantot kā gatavu tā paštaisītu. No tās konstrukcijas būs atkarīgs ierīces darbības attālums. Svarīgi panākt, ka uztverošās daļas shēma, kas veido paralēlo svārstību kontūru, būtu noskaņota rezonansē ar raidītāja frekvenci. Var darīt arī otrādi – pieregulēt raidītāja signāla frekvenci, lai tā sakristu ar uztverošās daļas kontūra rezonanses frekvenci.

Telegrāfa radiostacija

Telegrāfa radiostācijas elektriskā shēma pēc būtības ir līdzīga ultraskaņas telegrāfa uztvērēja shēmai. Arī šeit ir signālu pārveidotājs, kas sastāv no jaucēja un heterodīna. Raidītāja režīmā heterodīna signāls tiek pievadīts antenai.



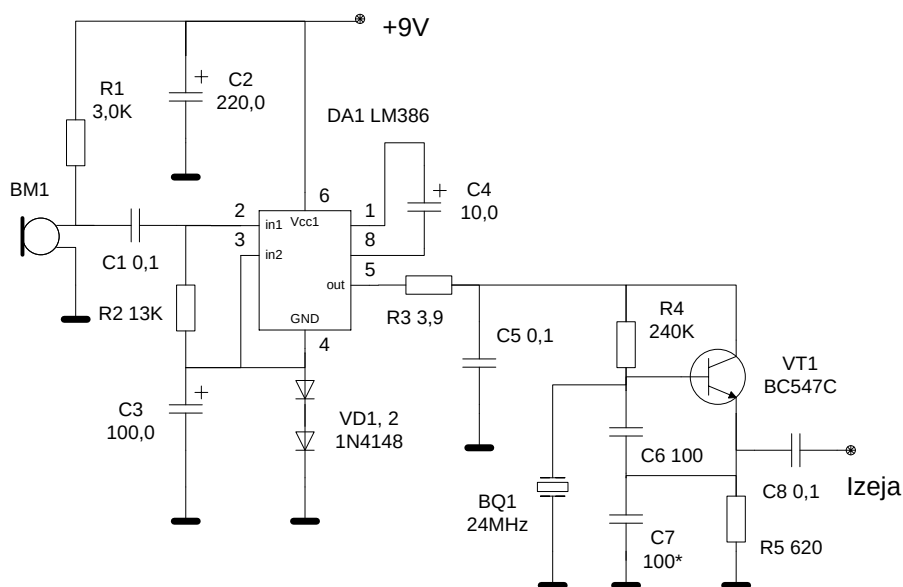
41.att.

Spolītes L1 parametri: vijumu skaits - 8, vijuma diametrs – 9,5mm, garums 12,5mm. Spolītei plastmasas karkasā ieskrūvējams neliels pieskaņošanas serdenis. Izvadi no 1 vijuma un no 1,5 vijumiem rēķinot no apakšējā (pēc shēmas) izvada. Šai spolītei var izmantot dažādus gatavus karkasus no veciem radiouztvērējiem u.c., var izmantot arī paštaisītu karkasu. Spolītes aprēķinu vislabāk veikt patstāvīgi, lietojot tiešsaistes kalkulatoru: http://www.66pacific.com/calculators/coil_calc.aspx [9]. Nepieciešamā induktivitāte ir 500 nH.

Lai izvairītos no t.s. multiplikatīvā maiņstrāvas fona uztveršanas režīmā (dūkoņa), šo ierīci ieteicams lietot ārpus telpām! Šis efekts saistīts ar uztvērēja heterodīna signāla izstarošanu, modulēšanu 220V maiņstrāvas vados un nonākšanu atpakaļ uztvērējā.

Skaņas signāla radioraidītājs

Raidītāja darba frekvence atkarīga no lietotā kvarca rezonatora BQ1. Raidītāja izejā slēdz antenu – jebkāda vada gabalu. Tās vēlamais garums 3,04m (dotajai frekvencei). Pie kopējā vada vēlams pieslēgt otru tādu pašu vada gabalu vai zemējumu. Šo antenas vadu garumu citai frekvencei var aprēķināt pēc formulas: $l = 73 / f$, kur f ir signāla frekvence MHz un l – antenas vada garums metros. Zemākām darba frekvencēm, iespējams, kondensatoriem C6 un C7 vajadzēs lietot lielāku nominālu (~220pF).



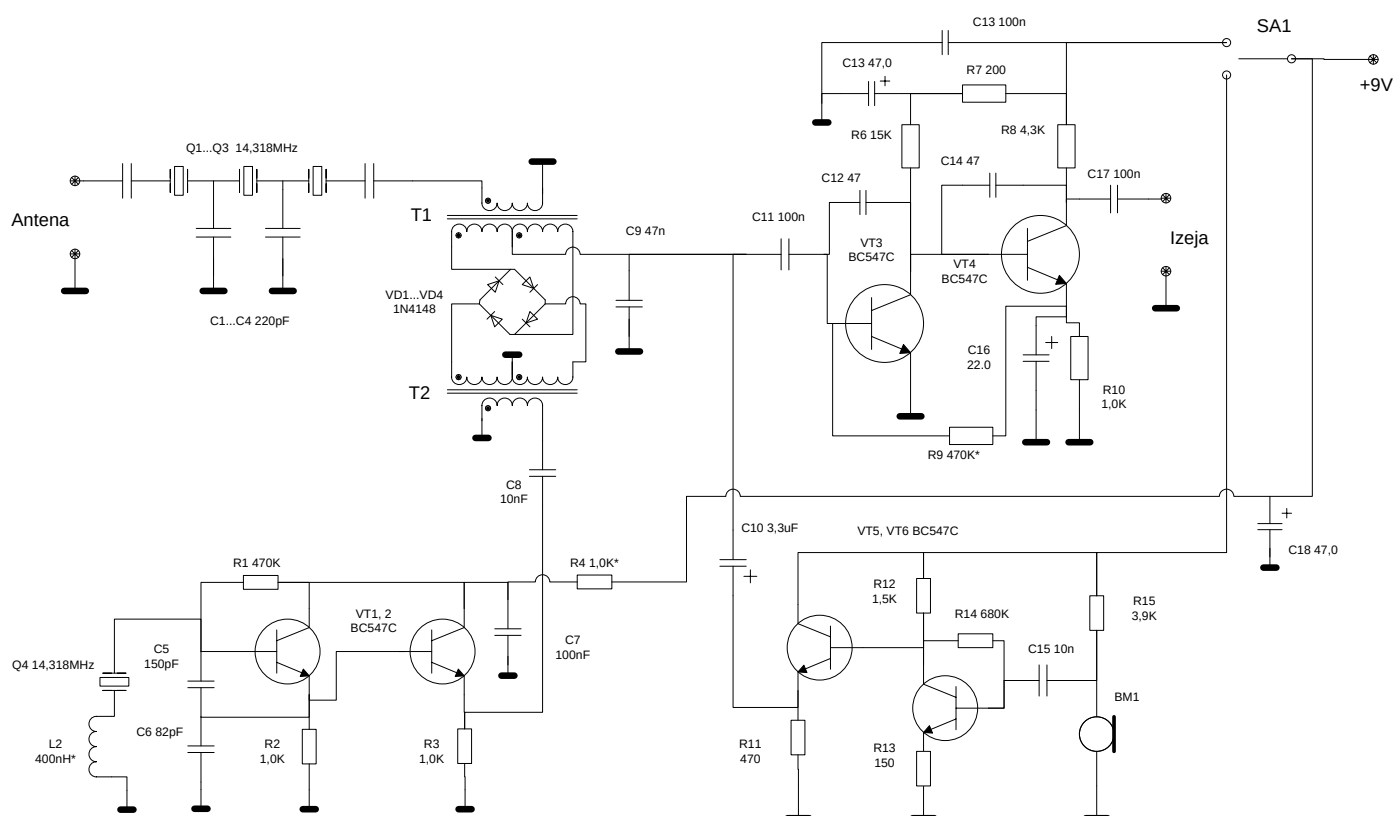
42.att.

Diez vai šo mazjaudīgo ierīci varētu uzskatīt par vērā ņemamu radioraidītāju. Tās pamatuzdevums ir ļaut topošajiem elektronikas speciālistiem veikt dažus radiotehniskus eksperimentus. Vienmēr gan jāatceras, ka radioviļņus izstarojošas iekārtas var radīt kaitīgus traucējumus citām sakaru sistēmām. Lielākoties tās ir jāreģistrē valsts akciju sabiedrībā “Elektroniskie sakari”.

Dotajā shēmā varētu BQ1 vietā lietot virknē saslēgtu 25MHz kvarca rezonatoru ar induktivitātes spoli. Tad to būtu iespējams noskaņot darbam radioamatieru “12 metru” diapazonā (24890...24990kHz). Vai arī lietot 14,318MHz kvarca rezonatoru (“20m” amatieru diapazons). Radioamatieru diapazoni vēsturiski ir tieši paredzēti tehniskiem eksperimentiem un pašdarbnieku jaunradei. Tiesa, lai šajos diapazonos regulāri darbinātu lielākas jaudas aparāturu, arī nepieciešama speciāla atļauja.

Īsviļņu amatieru radiostacija

Šī maksimāli vienkāršotā, bet labi darbojošās konstrukcija domāta dažādiem eksperimentiem radiosakaru jomā. Tas ir tiešās pārveidošanas uztvērējs un raidītājs. Tas nozīmē, ka uztvertais radio signāls no darba frekvenču joslas 14313,9...14316,4kHz, sajaucoties ar 14313,6kHz heterodīna signālu tiek uzreiz „pārnestš” uz audio signāla joslu 0,3...2,8kHz (Piemēram, $14315 - 14313,6 = 1,4$ kHz). Vēl šīs konstrukcijas vienkāršība slēpjas tajā, ka šeit tik pat kā nav jāveic nekādas shēmas noskaņošanas darbības – salodē, un viss darbojas. Tas ir retums radiotehniskās shēmās.



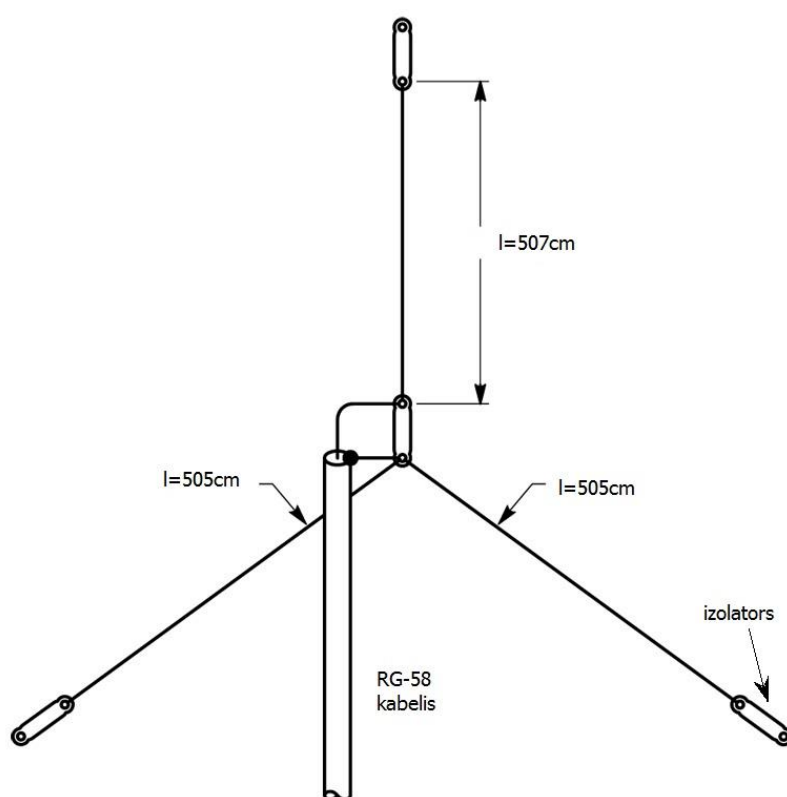
43.att.

Uztveršanas režīmā signāls no antenas nonāk **joslas filtrā** (Q1...Q3, C1...C4). Tā galvenais uzdevums ir vājināt nevēlamos blakuskanālu signālus ar atšķirīgu darba frekvenci no mūsu izvēlētajās frekvenču joslas. Tālāk seko signāla pārveidotājs, kas sastāv no **signālu jaucēja** un **heterodīna**. Signālu jaucējs izveidots ar signāla transformatoriem T1, T2 un diodēm VD1...4. Signālu jaucēja otrajai ieejai tiek pievadīts ģeneratora (VT1 u.c. detaļas), jeb heterodīna signāls. Heterodīna darba frekvenci nosaka kvarca rezonators Q4, to mazliet pieregulēt var mainot rezonatoram virknē slēgtās spolītes induktivitāti (bezkarkasa spolīte, skat. lit.[9]). Jaucēja izejā esošais kondensators C8 kopā ar jaucēja izejas pretestību veido **zemfrekvenču filtru**. Tas vājina visas

augstfrekvences komponentes (piemēram, heterodīna signālu), bet pārvada bez vājinājuma pārveidošanas rezultātā radušās zemfrekvenču komponentes. Tās tālāk pastiprina pastiprinātājs ar tranzistoriem VT3 un VT4. No šīs shēmas izejas noņemto signālu ieteicams pastiprināt ar 16. attēlā redzamo skaņas jaudas pastiprinātāju.

Raidīšanas režīmā signāla ceļš shēmā ir pretējā virzienā. No mikrofona pastiprinātāja (VT5, 6) audio signāls tiek padots uz signālu jaucēju un tā izejā iegūtais augstfrekvences signāls tiek filtrēts un padots uz antenu.

Platjoslas signāla transformatori T1 un T2 tīti uz toroidāla ferīta serdeņa (Amidon FT37-43 un daudzi citi varianti un izmēri derēs). Tie satur 8 vijumus, kas tīti reizē ar 3 savītiem vadiem. Tinuma sākums shēmā apzīmēts ar punktiņu.



Iespējamā antenas konstrukcija šai radiostacijai parādīta 44. att. To vislabāk izvietot vertikālo daļu piesienot 6...7m garam stiklplasta makšķerkātam, tā ka centra izolators ir vismaz 1m augstumā virs zemes. Antenas elementa vadiem izmantots 0,5 mm² šķērsgriezuma izolēts daudzdzīslu vads.

44.att.

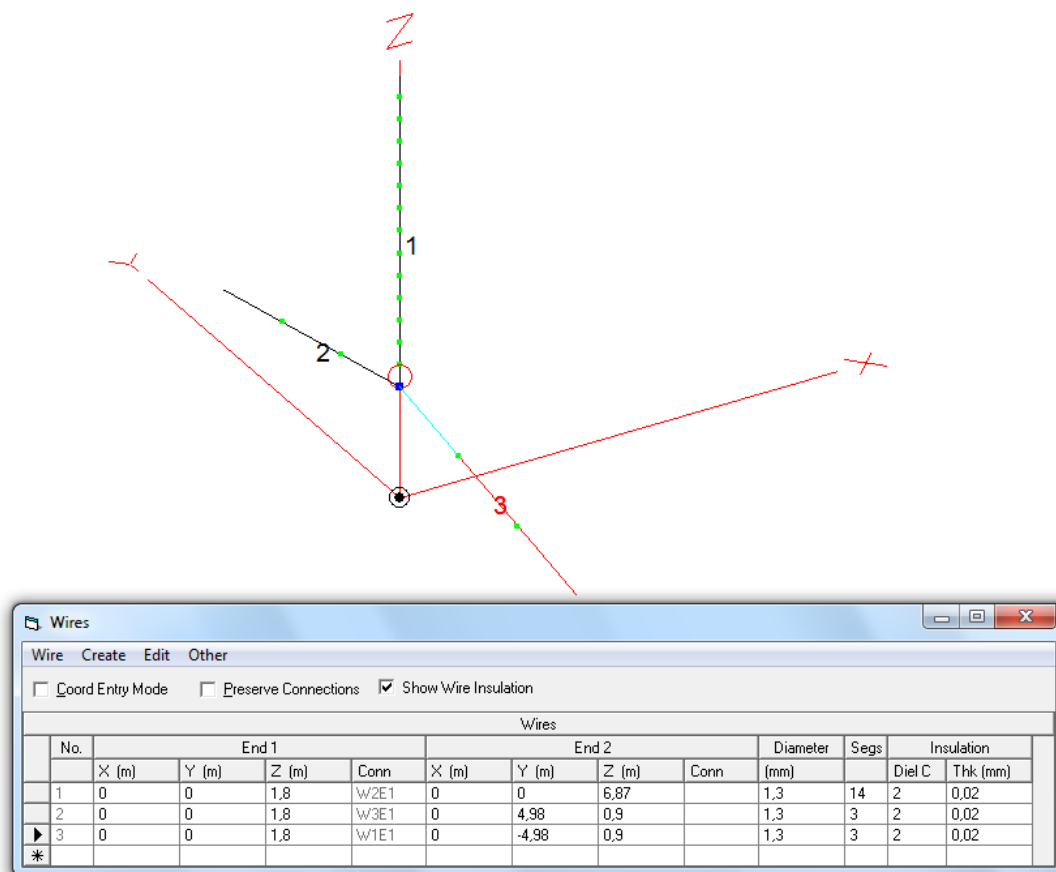
Apakšējos vadus nostiepj ar kaprona auklas atsaitēm.

Sakaru izmēģinājumus ar divām aprakstītajām radiostacijām un divām antenām vislabāk veikt jūras krastā vai pļavā. Sākumā antenas izvieto ap 10m attālumā vienu no otras, lai pārlicinātos par aparātūras darbību. Tad attālumu var palielināt.

Vienīgā regulēšanas operācija, ko var nākties veikt ir heterodīna frekvences iestatīšana. Par to sīkāk – 37.lpp.

Antenu konstruēšanā ļoti ērti izmantot bezmaksas programmatūru “EZNEC Demo” [14]. Tajā ar koordinātēm ievada antenas vadus (45.att.), un uzreiz var virtuāli pārbaudīt, kā šāda antena darbosies.

EZNEC Demo



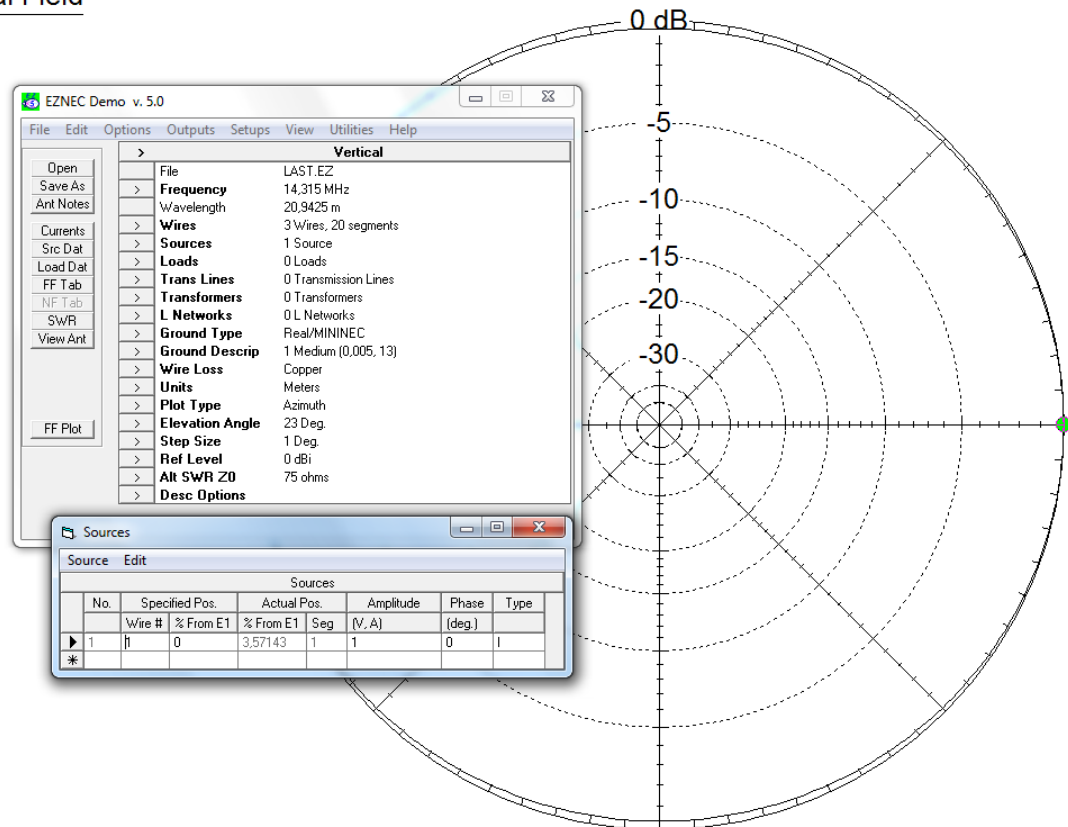
45.att.

Nākamajā attēlā redzams, kādi parametri vēl jāievada mūsu gadījumā. Tie ir: darba frekvence (14,315 MHz); augsnes tips – izvēlamies “parastu vidusmēra pļavu”: “medium”; vada materiāls – varš (copper); mērvienības – metri (nevis pēdas vai collas); Ieliekot “Plot type” = Azimuth, nospiežot “FF plot” mēs redzēsim antenas virziendiagrammu “skatā no augšas”. Fonā to var redzēt (46.att.) – tā ir gandrīz ideāls aplis. Tātad, antenna gandrīz vienādi labi izstaro (arī uztver) uz visām pusēm.

Ar aplīti antenas attēlā redzama kabeļa pieslēgšanas vieta, jeb avots (source).

Savukārt 47. attēlā redzama antenas virziendiagramma vertikālā griezumā – skatā no sāniem. Redzam, ka antenas maksimālais izstarojums virzīts 23 grāus virs horizonta. Pie tam virzienā uz horizontu izstarojuma praktiski nav. Tas lielā mērā izskaidro kāpēc ar īsviļņu radiostacijām bieži ir daudz vieglāk nodibināt sakarus 2000 km attālumā, radioviļņiem atstarojoties no jonosfēras, nekā 20 km attālumā ar “zemes viļņi”.

Total Field

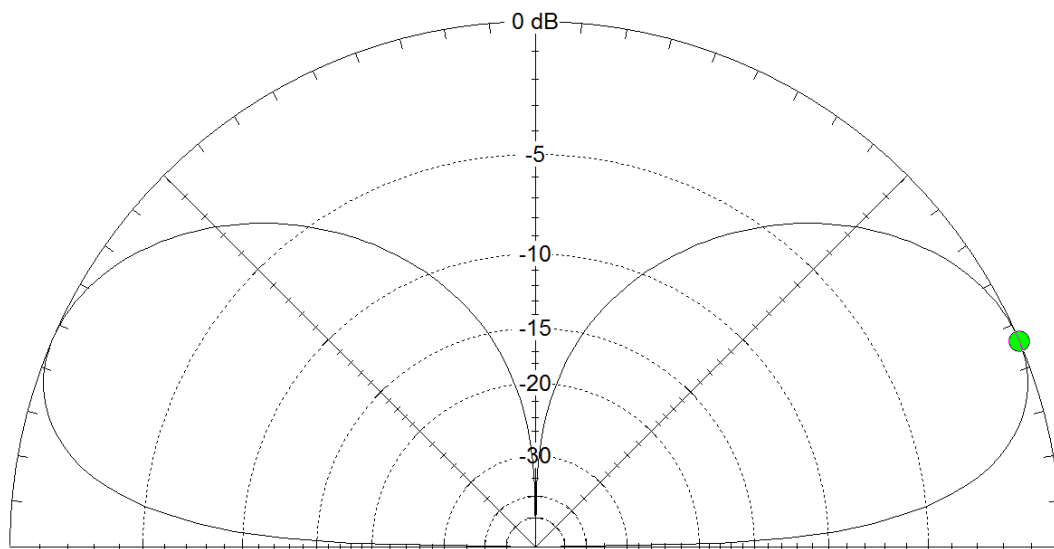


Azimuth Plot
 Elevation Angle 23,0 deg.
 Outer Ring -0,15 dBi

 Slice Max Gain -0,15 dBi @ Az Angle = 0,0 deg.
 Front/Side 0,35 dB
 Beamwidth ?
 Sidelobe Gain -0,15 dBi @ Az Angle = 180,0 deg.
 Front/Sidelobe 0,0 dB

Total Field

EZNEC Demo

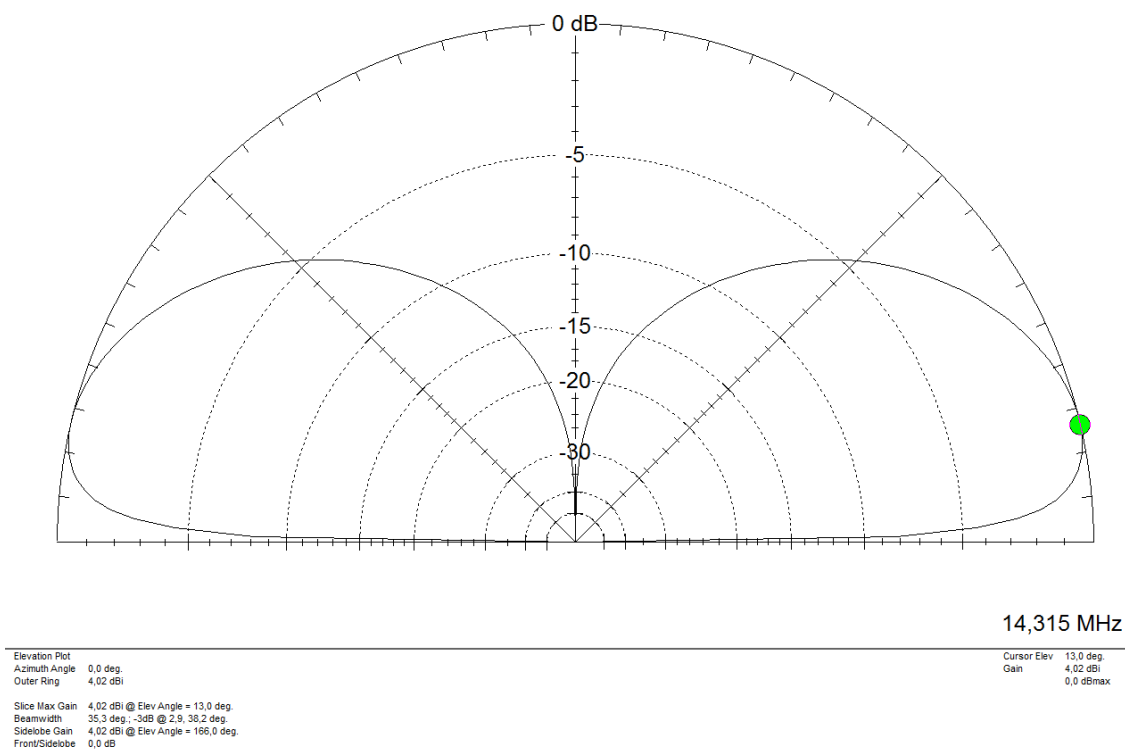


14,315 MHz

Elevation Plot
 Azimuth Angle 0,0 deg.
 Outer Ring -0,15 dBi

 Slice Max Gain -0,15 dBi @ Elev Angle = 23,0 deg.
 Beamwidth 38,4 deg., -3dB @ 8,6, 47,0 deg.
 Sidelobe Gain -0,15 dBi @ Elev Angle = 156,0 deg.
 Front/Sidelobe 0,0 dB

Cursor Elev 23,0 deg.
 Gain -0,15 dBi
 0,0 dBmax



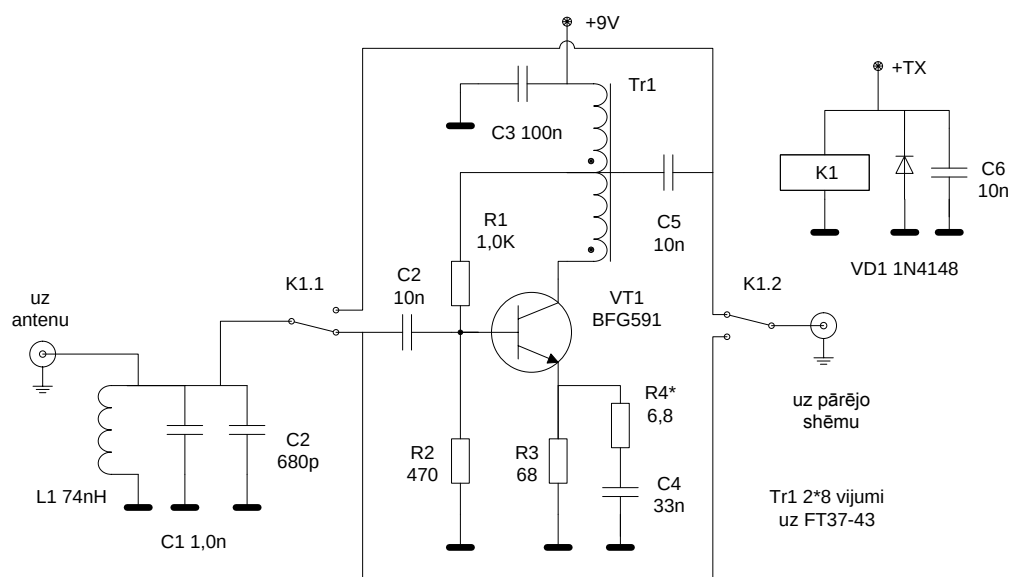
48.att.

Atšķirība starp 47. un 48. attēla vertikālās plaknes virziendiagrammām ir tāda, ka 48. att. attiecas uz to pašu antenu citā vidē – Baltijas jūras krastā, ne tālāk kā 20m no ūdenslīnijas. Kā redzam pēc lieluma “gain” (pastiprinājums) – antenas maksimālais pastiprinājums ir pieaudzis (no -0,15 dBi uz 4,02 dBi) gandrīz 3 reizes. Pie tam, tas ir vērsts zemākā leņķī pret horizontu, kas ir īpaši izdevīgi mūsu gadījumā, eksperimentiem ar vietējiem sakariem.

Vienīgā, dažkārt mazliet kaitinošā šīs programmas īpatnība ir tā, ka tā neļauj pieslēgt signāla avotu 3 (kā mūsu gadījumā) vai vairāk vadu krustojumā. Bet tas nerada vērā ņemamas atšķirības ar “reālo dzīvi”. Programmas bezmaksas versija ir ierobežota ar maksimāli 20 vada segmentiem. Bet prakse rāda, ka parasti pat ar tikai 1 segmentu uz $\frac{1}{4}$ viļņa garu vadu (mūsu gadījumā ap 5 metriem), rezultāts ir gana ticams. Tomēr labāk cenšaties modelī iesaistīt visus vai gandrīz visus 20 pieejamos vadu segmentus.

Vēl ļoti būtisku informāciju iegūstam klikšķinot “SWR” – tā ir informācija par antenas ieejas pretestību. Ja tā stipri atšķirsies no signāla pievadkabeļa pretestības (parasti 50Ω), tad būs ļoti lieli signāla zudumi. Mūsu gadījumā nesalāgotības rādītājs $SWR = 1,8$ (ideāli būtu 1,0) un antenas kompleksā ieejas pretestība ir 41-j26Ω (14,315MHz frekvencē līdzvērtīga virknē slēgtam 41Ω rezistoram ar 427pF kondensatoru). Tātad antenna tīri labi darbosies ($SWR < 2$ varam uzskatīt par gana labu), bet līdz ideālam tā ir pāris centimetrus par īsu.

Papildus radiostacijas shēmai lietojot pārslēdzamu ieejas un izejas signāla pastiprinātāju (49.att.), varam 10 reizes palielināt sakaru attālumu.



49.att.

Bez pastiprinātāja radiostacijas izejas jauda ir ap 20 uW (mikrovati), kas atbilst ap 30mV efektīvajam spriegumam uz 50 Ω slodzes. Ar pastiprinātāju – 2 mW (300mV). Jāpiezīmē, ka pielietotās vienfoslās modulācijas (SSB) īpatnība ir tā, ka raidītāja signāla spriegums svārstās līdz ar runas signāla svārstībām. Tāpēc izejas signāla mērījumu nevar veikt bez skaņas signāla, to arī nevar veikt runājot mikrofonā. Var vienmērīgi svilpt, velkot gaisu uz iekšu (vienīgais veids kā nepieslēdzot papildus signāla ģeneratoru iegūt tīra toņa signālu).

Savukārt uztveršanas režīmā pastiprinātājs palielina uztvērēja jūtību (bez pastiprinātāja jūtība ir 1,5 uV pie attiecības signāls/troksnis 3:1). Tas nav būtisks ieguvums, jo parasti reālo uztvērēja jūtību šajā diapazonā noteiks ārējie, antenas uztvertie trokšņi, kas visbiežāk būs mazliet lielāki par uztvērēja paštrokšņiem. Toties daudz būtiskāks ieguvums būs iegūtais papildus vājinājums heterodīna signālam ceļā uz antenu (skat. 26.lpp.).

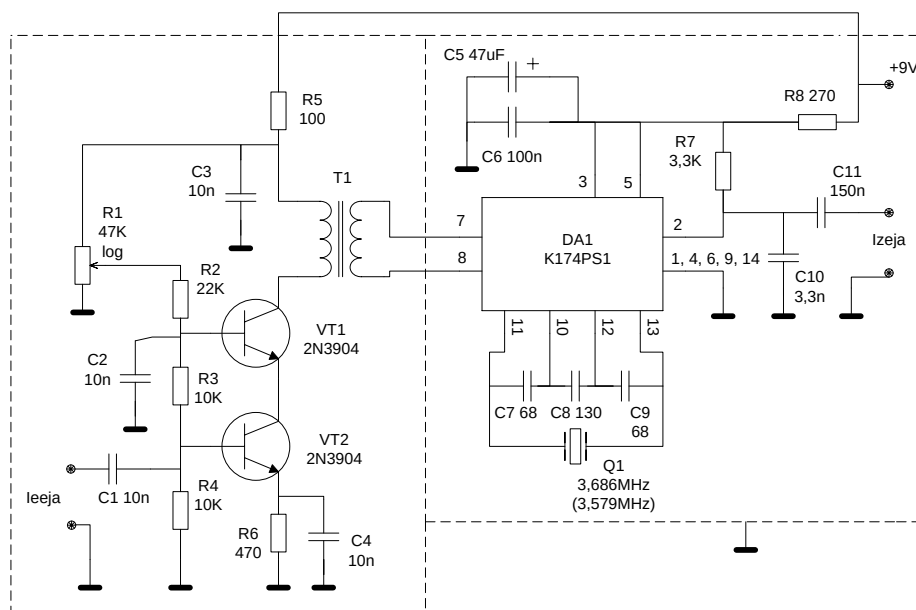
Vienīgā nepieciešamā regulēšana pastiprinātājam ir spolītes L1 induktivitātes pieregulēšana saspiežot vai izstiepjot tās vijumus. Jāorientējas pēc raidītāja signāla maksimuma antenā vai ērtāk – antenas ekvivalentā (51 Ω rezistors slēgts antenas vietā). Vai sliktākajā gadījumā pēc uztvertā signāla maksimāla skaļuma.

Spolīti L1 tin ar 0,7...1,3 mm diametra vadu uz kāda ap 8...12mm diametra apaļa priekšmeta (ideāli – urbīša kāts), ko pēc tam izņemot mums ir “spolīte ar gaisa serdi”. Nepieciešamo vijumu skaitu un spolītes garumu var iegūt padarbojoties ar tiešsaistes kalkulatoru – lit. [9]. Viens no variantiem: diametrs -10mm, garums 8mm, 3 vijumi.

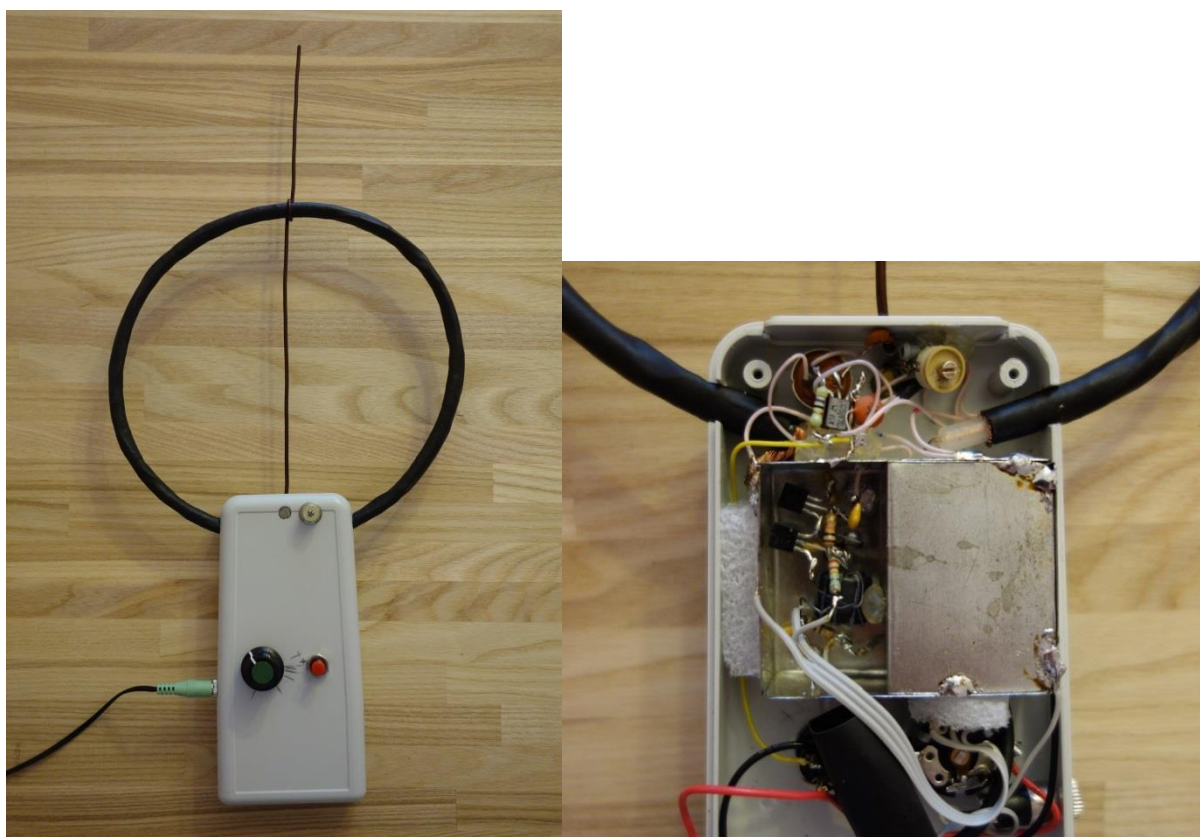
Jāraugās lai visi izvadi un vadi shēmā būtu maksimāli īsi. Pastiprinātājs jāveido kā atslēdzams modulis, lai to pieslēdzot varētu novērtēt iegūto efektu.

Pelengatoruztvērējs

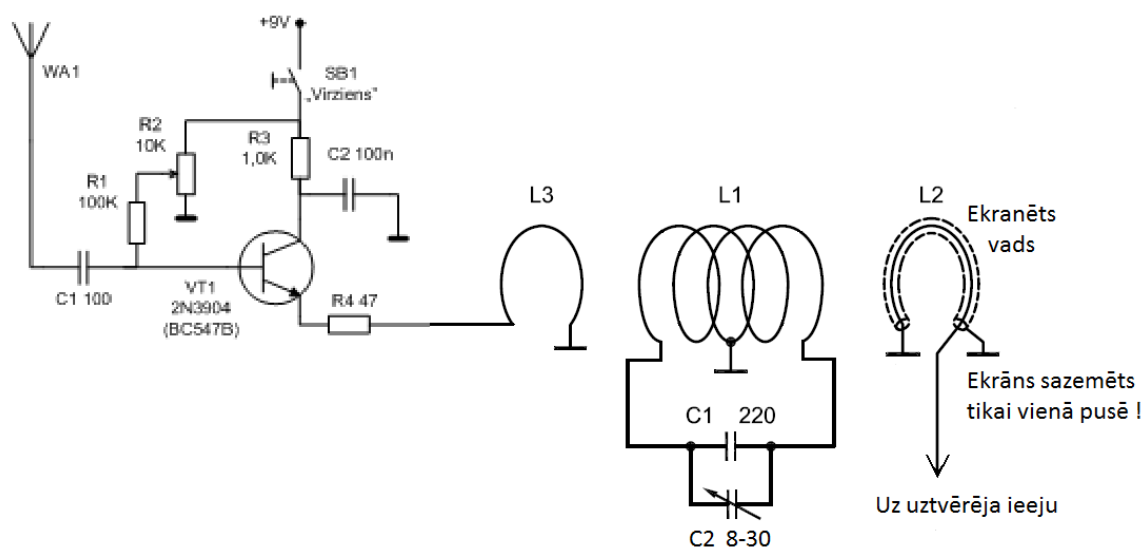
Pelengatoruztvērējs domāts apslēptu radio raidītāju meklēšanai. To lieto radioorientēšanās jeb „lapsu medību” orientēšanās sportā. Ar šo aparāturu var veidot dažādas spēles brīvā dabā, pasākumos.



Attēlā redzama 80m diapazona tiešās pārveidošanas uztvērēja galvenās daļas shēma. Tranzistori VT2 un VT1 secīgi pastiprina antenas uztverto signālu. Pastiprinājumu var regulēt ar maiņprezistoru R1. Ar mikroshēmu DA1 izveidots signāla pārveidotājs (tās vietā var izmantot arī mikroshēmu SA612 tipveida slēgumā). Tā izejā jau ir skaņas signāls.

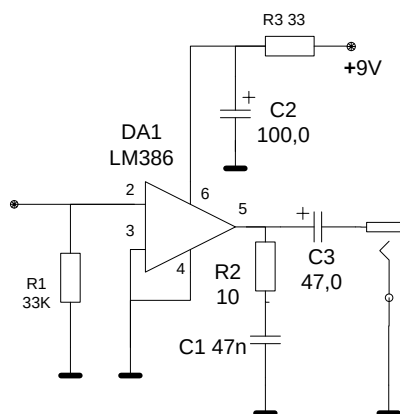


Attēlos iepriekšējā lapā redzama uztvērēja konstrukcija. Galvenā shēmas daļa iemontēta alvota skārda kārbīnā. Kārbīņas izmēri: 50*40*17,5mm.



52.att.

Uztvērējam ir divas antenas – elektriskā WA1 (20-25cm gara) un magnētiskā L1 (perimētrs 52cm). Lai izgatavotu magnētisko antenu, 52 cm gara ekranēta vada L2 ārpusē piestiprina 5 tāda pat garuma vadus un to galus attiecīgi salodē.



53.att.

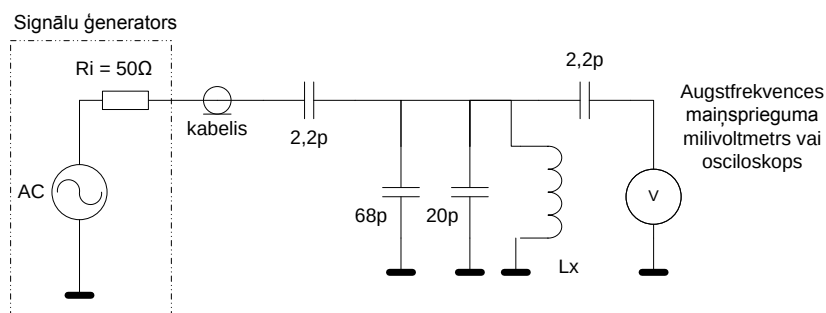
Kā pēdējā parādīta skaņas signāla pastiprinātāja shēma.

Radio raidītāji, kurus meklēt ar šo uztvērēju var būt ļoti vienkārši – ģenerators ar vienu tranzistoru, kā arī komplicētāki. Raidītāju ar jaudu 0,5W un 7m vertikālu antenas vadu ar pretsvara vadu šāds uztvērējs mežā var uztvert 3km attālumā. Virziens uz raidītāju nosakāms ļoti precīzi (+/- pāris grādu robežās).

Laboratorijas aprīkojums, un tā izmantošana

Elektronikas pulciņu aprīkojums var variēt plašā diapazonā, bet katrā būs aprīkojums elektriskās montāžas un elektrisku mērījumu veikšanai. Šeit īsumā apskatīšu dažus veicamos mērījumus un tajos izmantojamo aparāturu. Jāatzīst gan, ka pati galvenā un neaizstājamākā aprīkojuma vienība ir galva – vēlams, zinoša un apķērīga. Praktiski nevienas no šeit minēto mērierīču trūkums nevar būt par iemeslu, lai shēmas regulēšanai nepieciešamos mērījumus nevarētu veikt – vienmēr kaut ko var (un pat nākas) izgatavot pašam, var viena veida mērījumus aizstāt ar kādiem citiem utt.

Piemēram, dažās aprakstītajās konstrukcijās izmantotas paštaisītas induktivitātes spoles. Induktivitātes mērītājs nebūs katrā elektronikas pulciņā, un arī ir tik reti lietojams aparāts, ka bez tā labi var iztikt. Induktivitātes mērījumus ar rezonanses metodi var veikt tā, kā parādīts 54. att. mērījuma slēgumā.



54.att.

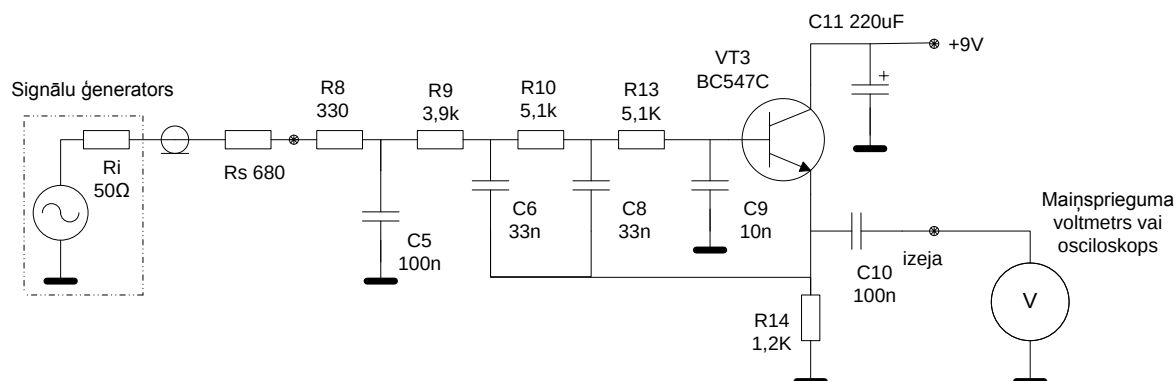
Ja mērījumus veicam 41.att. redzamās telegrāfa radiostacijas spolītei L1, varam pēc maksimālā voltmetra vai osciloskopa sprieguma rādījuma noteikt LC kontūra rezonanses frekvenci. Ja tā ir par zemu induktivitāte ir par lielu un otrādi. Ja nepieciešams noteikt induktivitātes lielumu, to varam aprēķināt pārveidojot LC kontūra rezonanses formulu:

$$f_0 = 1 / (6,29 \sqrt{LC})$$

$$L = 1 / ((6,29f_0)^2 C)$$

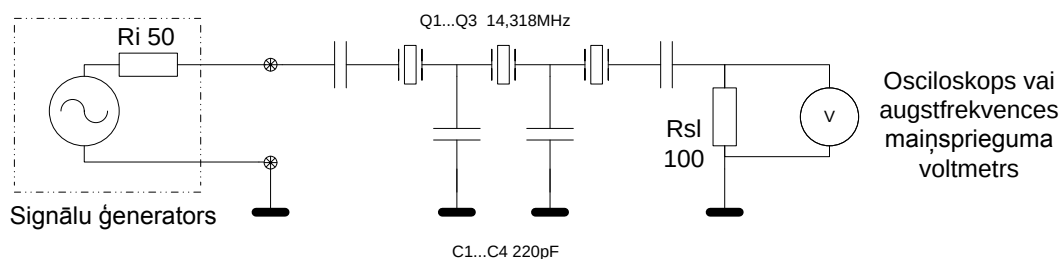
Vēl piemērs - 100...299999kHz diapazona signālu kontrolei un precīzai frekvences mērīšanai var izmantot lēto un universālo radiouztvērēju Degen DE-1103, to lietojot SSB režīmā. Pirms mērījuma veikšanas uztvērēja pēdējo heterodīnu ("SSB fine tuning") kalibrē pēc jebkuras AM apraides radiostacijas nesējfrekvences.

Daudzām shēmām nepieciešams noteikt to amplitūdas frekvenču raksturlīkni (AFR). Piemēram, noskaidrot vai audiopastiprinātājs vienādi labi pastiprina gan zemos gan augstos skaņas toņus. Signālu filtriem bieži nepieciešams noteikt to AFR. Ultraskaņas telegrāfa vai telefona uztvērēja zemfrekvenču filtra AFR uzņemšanas shēma parādīta 55. attēlā. Varat ievērot, ka tur parādījies papildus rezistors Rs. Tas imitē uztvērēja signālu jaucēja izejas pretestību.



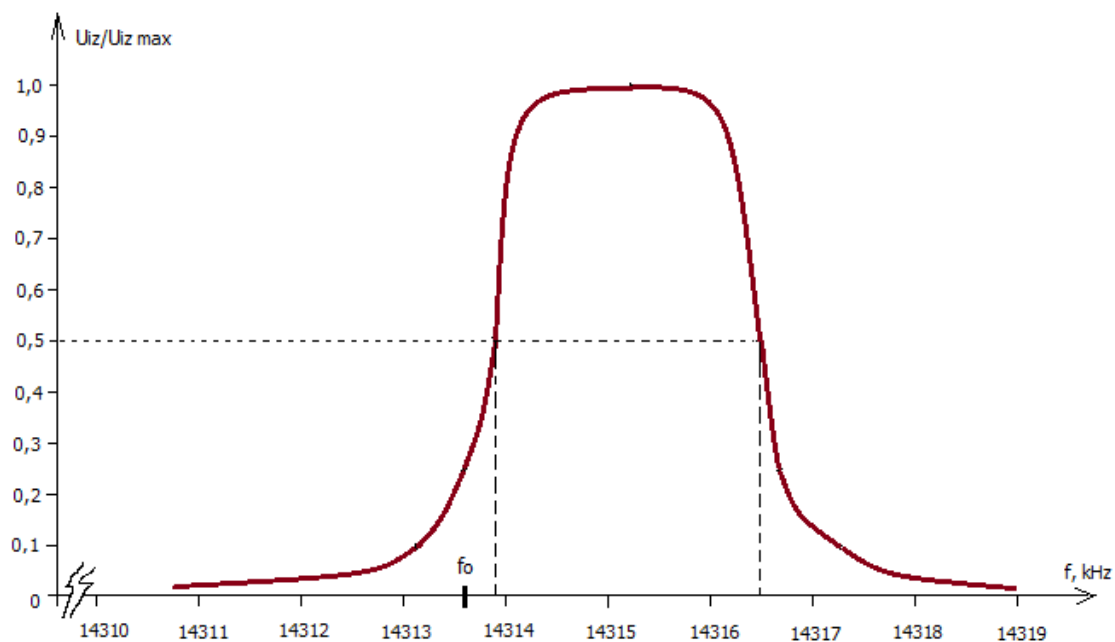
55.att.

Amatieru radiostacijas (43.att.) heterodīna pareizo frekvenci veiksmīgi var iestatīt, kā vienīgo mēraparātu izmantojot dzirdi. Lai to paveiktu gan jābūt pilnvērtīgai izpratnei par signāla pārveidojumiem, filtra AFR un vienas un otras radiostacijas heterodīnu frekvenču (tām jābūt vienādām!) ietekmi uz skaņas tonalitāti un tembru. Tāpēc drošāk šī procedūra veicama sekojoši: vispirms uzņemam joslas filtra AFR, lietojot 56.att. redzamo mērīšanas slēgumu!



56.att.

Nākamajā attēlā (57.att.) redzam tipisku šī filtra AFR. Uzskatām, ka signāli ar visām frekvencēm, kurās vājinājums mazāks par 2 reizēm (-6dB) attiecībā pret maksimālo izejas līmeni, atrodas filtra caurlaides joslā. Kā redzams 57.att., šīs joslas robežas ir no 14313,9 līdz 14316,4 kHz. Tā kā šajā amatieru radiosakaru diapazonā parasti lieto augšējo sānu joslu, heterodīna frekvenci iestātam 300 Hz zem filtra caurlaides joslas, t.i. 14313,6 kHz. Ja mēs heterodīna frekvenci iestatītu 14316,7 kHz, tad mūsu radiostacija darbotos ar t.s. apakšējo sānu joslu. Lai ar divām šāda veida radiostacijām varētu sazināties, to heterodīna frekvencēm jābūt vienādām, un tām jādarbojas ar vienu un to pašu sānu joslas variantu.

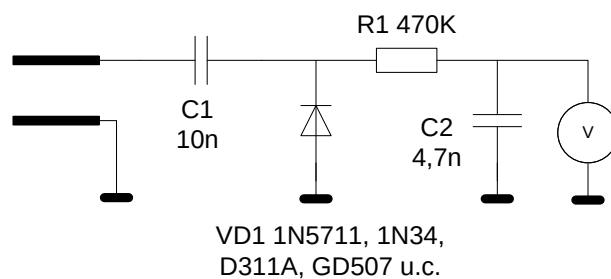


57.att.

Kā vienu no variantiem laboratorijas mēraparatūras komplektam varētu ieteikt sekojošo:

1. Funkciju ģenerators AFG-2125 (GW Instek)
2. Osciloskops DS1102E (Rigol)
3. Multimetrs UT60E (Uni-T)
4. Radiouztvērējs DE-1103 (Degen)

Lai veiksmīgi izgatavotu un noskaņotu šajā materiālā minētās konstrukcijas, pilnīgi pietiks ar parastu multimetru un pāris vienkāršiem paštaisītiem mēraparātiem: signālu ģeneratoru un augstfrekvences maiņsprieguma milivoltmetru.

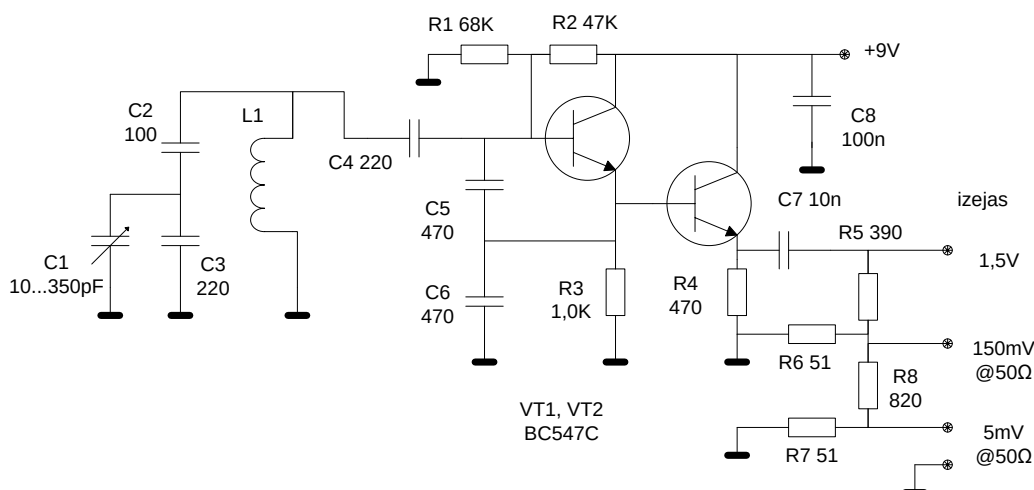


58.att.

Vienkāršākais maiņsprieguma voltmetrs redzams 58. att. Slēguma izejā slēgts multimetrs līdzsprieguma voltmētra režīmā. Šīs ierīces darba frekvenču josla sākas no

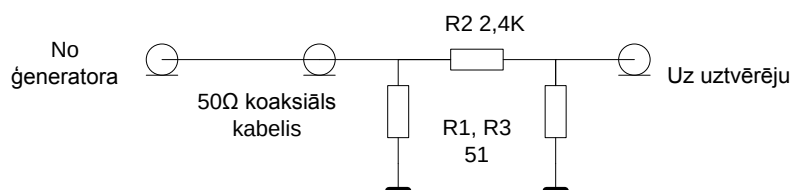
100 Hz un beidzas ar 30...200 MHz, atkarībā no izmantotās diodes. Sākot ar apmēram 0,5V maiņspriegumu ieejā, izejas līdzspriegums būs aptuveni vienāds ar ieejas maiņsprieguma amplitūdas vērtību. Samazinot ieejas signāla līmeni zem šī lieluma, izejas spriegums samazināsies ātrāk par ieejas signālu. Šo problēmu var risināt divējādi: 1) uzņemot atbilstības tabulu šim mēraparātam vai 2) izgatavojot maiņsprieguma milivoltmetru ar linearizāciju lit.: [11], [12].

Augstfrekvences signāla ģenerators shēma redzama 59. attēlā. darba frekvenču apgabalu noteiks izmantotā spolīte L1.



59.att.

Lai ģenerators darbotos 14,0...14,5 MHz diapazonā, spolītes inductivitātei jābūt ap 0,63 mikrohenrijiem. Spolītes izmērus ērti iegūt: lit.: [9]. Lai ģeneratoru izmantotu uztvērēja jūtības un citu parametru mērīšanai, nepieciešams vēl ārējs signāla vājinātājs (60.att.).



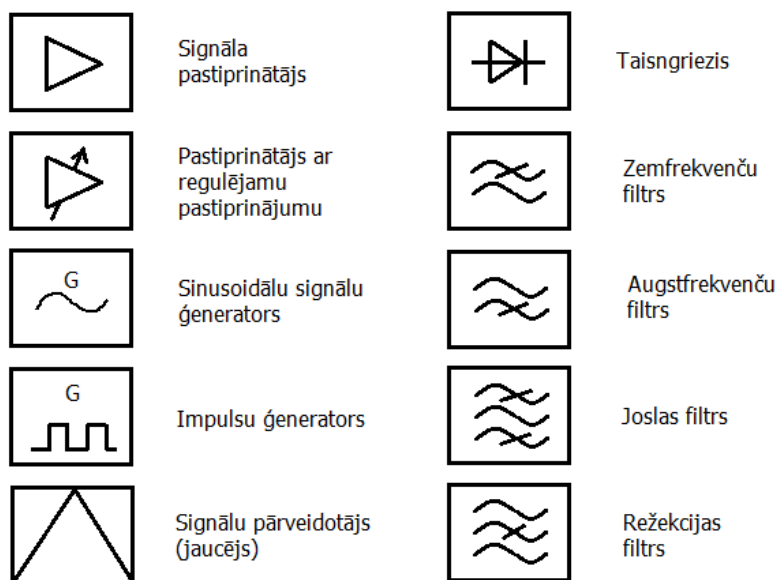
60.att.

Tā ieeju slēdzot ģenerators “5 mV” ligzdā, izejā iegūsim 50 mikrovoltu signāla līmeni. Šo vājinātāju vēlams izvietot uztvērēja ieejas tuvumā. Tā kā pareizi strādājoša radiostacijas uztvērēja jūtība ir ap 1,5 uV, tad tā jūtības mērīšanai vājinātāju vajadzēs papildināt ar vēl vienu -30 dB ķēdi. Atbilstošs tiešsaistes kalkulators atrodams: [13].

Struktūrshēma – vienkāršībai un radošumam

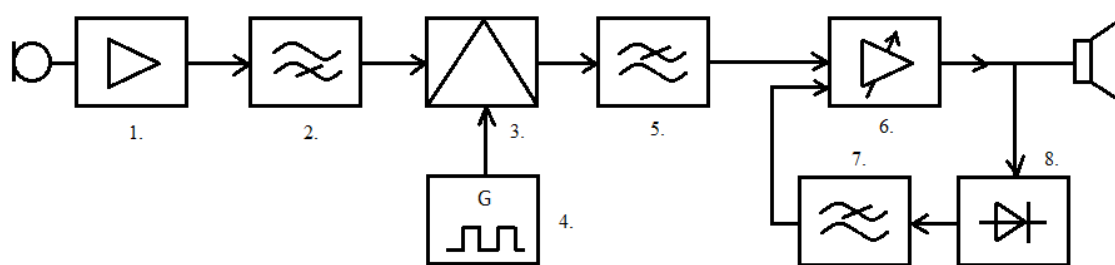
Elektriskās ierīces struktūrshēma parāda galvenos procesus, tā ir uzskatāmāka, vieglāk uztverama un vienkāršāka par elektrisko principiālo shēmu. Tā dod zināmu ieskatu shēmas izstrādes procesā un sniedz atbildes uz jautājumu, kāpēc ierīces shēma ir tieši tāda, kāda tā ir. Dažādi struktūrshēmas apzīmējumi – shēmas “moduļi”, jeb bloki parādīti 61. att. Tos virknējot dažādā secībā un piešķirot tiem dažādus parametrus, varam iegūt daudzveidīgas elektroniskās ierīces. Varam pat fiziski izgatavot dažādus moduļus un eksperimentēt ar to kombinācijām.

Pastāv dažas prasības, lai divus moduļus jeb blokus varētu savienot savā starpā – viena bloka signāla izeju ar otra bloka signāla ieeju. To ieejas / izejas pretestībām jābūt *salāgotām* un tiem jāspēj darboties ar nepieciešamā frekvenču diapazona elektriskajiem signāliem.



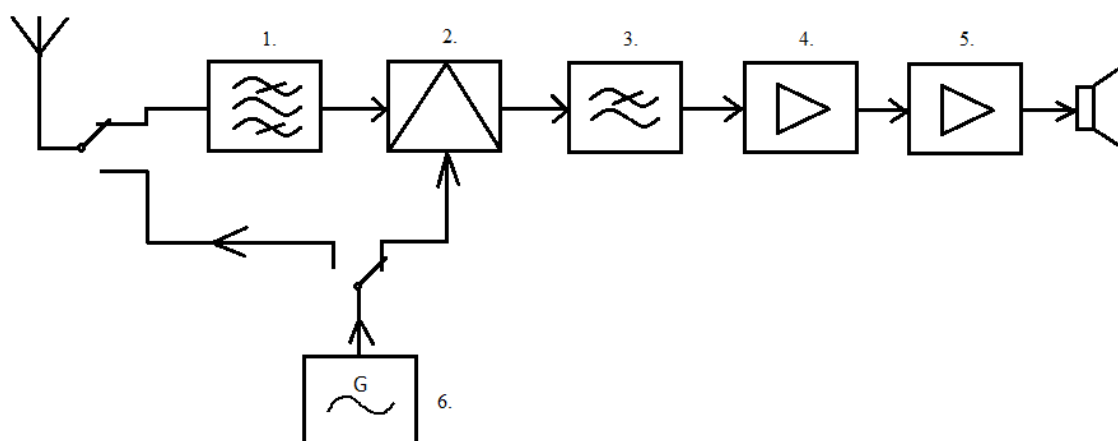
61.att.

Apskatīsim struktūrshēmas dažām iepriekš minētajām konstrukcijām. 62. att. redzama ultraskaņas telegrāfa (telefona) uztvērēja struktūrshēma (principiālā elektriskā shēma – 32. att). Tā papildināta ar zemfrekvences signāla jaudas pastiprinātāju ar automātisku pastiprinājuma regulēšanu (38.att.) – 6.-8. struktūrshēmas bloks. Apskatīsim ierīces darbību detalizētāk: uztvertais ultraskaņas signāls no mikrofona nonāk signāla pastiprinātājā “1.” (VT1, VT2, R1-R5, C1-C2 32.att). Tālāk signāla zemfrekvenču komponentes tiek vājinātas augstfrekvenču filtrā “2.” (C3, L1 32.att.); jaucējā “3.” (VT3, R6, 7 32.att.) ar heterodīna “4.” (DA1 u.c.) signāla dalību iegūstam dzirdamo skaņu frekvenču diapazona signālu un nevēlamās augstfrekvenču komponentes tiek vājinātas zemfrekvenču filtrā “5.” (R8-10, R13,14, C5, 6, 8-10, VT3).



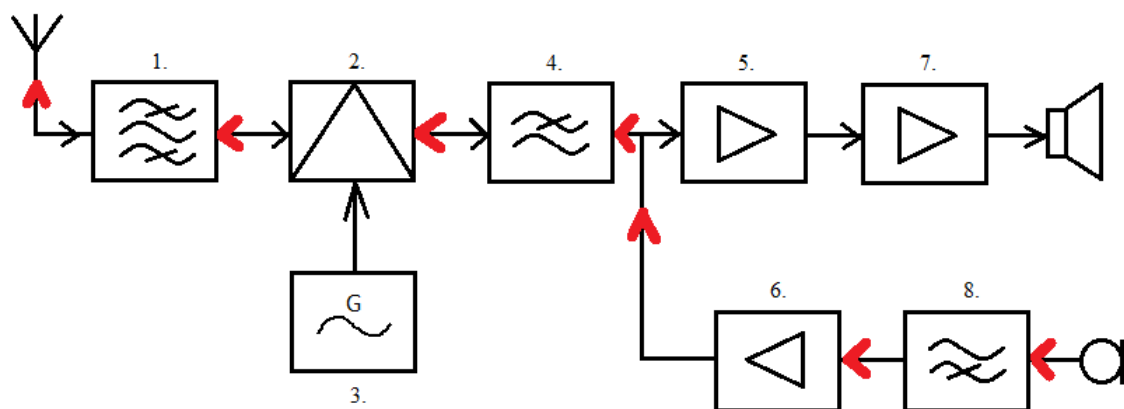
62.att.

Tālāk signāls tiek padots uz pastiprinātāju “6.” ar regulējamu pastiprinājumu (38.att.), kas sastāv no regulējama signāla vājinātāja (VT1, R1, 2, C1) un pastiprinātāja (DA1). No pastiprinātāja izejas signāls tiek padots uz taisngriezi “8.” (C8, R6, VD1, 2,) un caur zemfrekvenču filtru “7.” (R6, VD1, 2, C4, R4) vada regulējamo signāla vājinātāju (lauktranzistors VT1 38.att.).



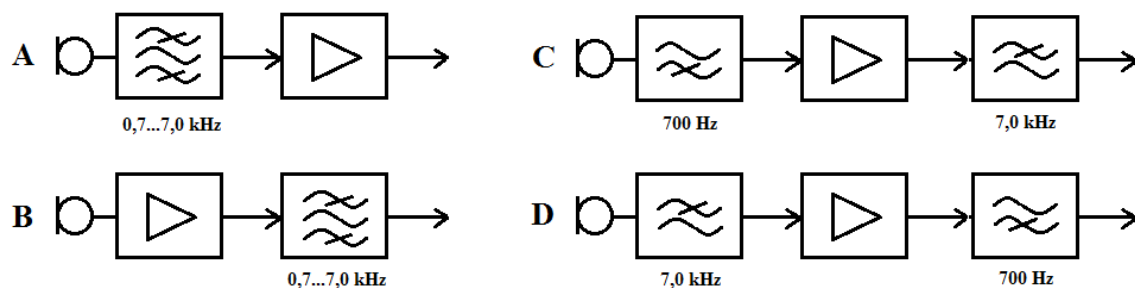
63.att.

Savukārt 63. attēlā parādīta telegrāfa radiostācijas (41. att.) struktūrshēma. Šeit redzam, ka struktūrshēmā, ja nepieciešams, varam parādīt arī atsevišķus komutācijas elementus – pārslēdzējus. **Uztveršanas režīmā** signāls no antenas nonāk joslas filtrā “1.” (L1, C5, C7), tālāk jaucējā “2.” (VT2, R5, R10), kur nonāk arī heterodīna “6.” (VT1, R2-4, C1, 2, 4, 12, BQ1) signāls, tad caur zemfrekvenču filtru “3.” (VT2, C8) uz priekšpastiprinātāju “4.” (VT3, 4 u.c.) un jaudas pastiprinātāju “5.” (16.att. vai 38.att.) **Raidīšanas režīmā** signāls no heterodīna “6” caur pārslēdzēja kontaktiem nonāk antenā.



64.att.

Īsviļņu amatieru radiostacijas (elektriskā principiālā shēma 43. attēlā) struktūrshēma jeb blokshēma parādīta 64. attēlā. Tās apraksts atrodams 28. un 29. lpp. Ar tievākām melnām bultiņām parādīts signāla ceļš uztveršanas režīmā, ar resnākām sarkanām – raidīšanas režīmā. Ievērojam, ka 1., 2. un 4. struktūrshēmas bloki var darboties reversi – signāla izeja var kalpot par ieeju, ja uz to padod signālu. Heterodīns “3.” bez izmaiņām darbojas abos režīmos.



65.att.

Praktisks piemērs struktūrshēmas izveidei un uzdevums skolotāja vadītai diskusijai: Mums nepieciešams mikroфона pastiprinātājs kāda konkrēta putna balss ierakstīšanai. Mēs zinām, ka šī putna balss skaņas aptver frekvenču diapazonu no 700 Hz līdz 7,0 kHz. Pirms signālu padot uz ierakstītāju, vēlams to pastiprināt un vājināt signālus ārpus dotā frekvenču diapazona. Kādu no četrām 65. att. redzamajām struktūrshēmām izvēlēties? Pirmajā brīdī vajadzētu šķist, ka tās visas veiksmīgi izpilda uzdevuma nosacījumus, un tā arī ir. Bet tomēr, kādas vēl nianseš šajā gadījumā noteiks to, kura no četrām struktūrshēmām nodrošinās labāku ieraksta kvalitāti?

Izmantotā literatūra

1. Electrical Telegraph. Wikipedia.
https://en.wikipedia.org/wiki/Electrical_telegraph
2. Precision timers xx555. Texas Instruments.
<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ne555.pdf>
3. 555 Astable Circuit Calculator. Tiešsaistes kalkulators.
<http://www.ohmslawcalculator.com/555-astable-calculator>
4. Photophone. Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Photophone>
5. Low Voltage Audio Power Amplifier LM386. National Semiconductor.
<http://www.echelleinconnue.net/outils/mobio/composants/LM386.pdf>
6. Silicon N-channel dual-gate MOS-FETs BF998. NXP Semiconductors.
http://www.nxp.com/documents/data_sheet/BF998.pdf
7. A Simple Direction Finding Receiver for 80 Meters. Dale Hunt.
http://www.urfmsi.org/nm-arts/wp-content/uploads/2010/10/Dale_Hunt_80_meter.pdf
8. Doppler Effect. Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Doppler_effect
9. Coil Inductance Calculator. Tiešsaistes kalkulators.
http://www.66pacific.com/calculators/coil_calc.aspx
10. Wireless IR Headphone Receiver <http://www.electronicsteacher.com/circuits-and-diagrams/infrared-based-schematics/r91.gif>
11. Высокочастотный вольтметр с линейной шкалой.
http://arcalc.com/articles.php?article_id=4
12. GOCWA RF Millivoltmeter. <http://makearadio.com/visitors/nick-rf-meter.php>
13. Pi Attenuator Calculator. http://www.random-science-tools.com/electronics/PI_attenuator.html
14. EZNEC Antenna Software by W7EL. <http://www.eznec.com/>
15. RFSim99 Software. <http://www.electroschematics.com/835/rfsim99-download/>
16. E. Pavlovskis. Elektronikas pamati.
http://www.letera.lv/library/mce/uploads/dazadi_faili/elektronika2_e_pavlovskis.pdf