

1. SÜNKROONDETEKTOR

Raadiotehnika laboratoorium

RAADIO- JA SIDETEHNIKA INSTITUUT

TALLINN
2014

Sünkroondetektor

Valminud Eesti Infotehnoloogia Sihtasutuse programmi Tiigriülikool toel.

Töö eesmärk:

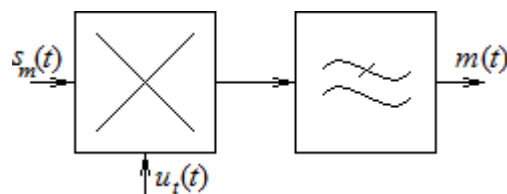
Käesoleva töö eesmärgiks on sünkroondetektori ehituse, koostisosade ja tööpõhimõttega tutvumine AM-signaali demoduleerimise näitel. Tugisignaali sageduse- ja faasi kõrvalehäälestuse mõju.

Kasutatavad seadmed ja vahendid:

1. Sünkroondetektoriga maketimoodul KL-93002
2. Toitemoodul KL-92001
3. Signaaligeneraator Agilent 33250A
4. Personaalarvuti ML330V
5. PC ostsilloskoop PicoScope 2205
6. Ühendusjuhtmed

Töö teoreetilised alused:

Amplituudmoduleeritud signaali demoduleerimiseks on võimalik kasutada peale mähisjoone detektori ja sünkroondetektorit. Samuti on sünkroondetektoriga võimalik demoduleerida kandjata AM ja ühekülgribamoduleeritud signaale ning väikeste modifikatsioonide abil ka FM ning PM moduleeritud signaale. Lisaks võimele demoduleerida erineva modulatsiooniga signaale on sünkroondetektori eeliseks parem kvaliteet, väiksemad signaali moonutused ja läviefekti puudumine.



Joon 1. Sünkroondetektori plokk-skeem

Sünkroondetektori plokk-skeem on kujutatud joonisel 1. Näeme, et seade koosneb korrutist ja sellele järgnevast madalpääsfiltrist. Erinevalt mähisjoonedetektorist on sünkroondetektoril kaks sisendit. Üks neist on mõeldud moduleeritud signaali $s_m(t)$ ja teine tugipinge $u_r(t)$ jaoks. Sünkroondetektori korrektseks tööks on vajalik, et tugipinge $u_r(t)$ sagedus f_c ja faas φ oleksid täpselt samad kui kandesignaalil.

Amplituudmoduleeritud signaali avaldis on teatavasti kujul

$$s_m(t) = U_m [1 + Mm(t)] \cos(2\pi f_c t + \varphi), \quad (1)$$

kus U_m on kandesignaali amplituud ja M on modulatsioonitegur. Kandesagedusega samal sagedusel ja sama faasiga tugipinge on kujul

$$u_t(t) = U_t \cos(2\pi f_c t + \varphi). \quad (2)$$

Kui nüüd moduleeritud signaal ja tugipinge omavahel läbi korrutada saame korruti väljundis, enne madalpääsfiltrit pinge kujul

$$s_m(t) \cdot u_t(t) = \frac{kU_m U_t [1 + Mm(t)]}{2} [1 + \cos(4\pi f_c t + 2\varphi)], \quad (3)$$

Kus k on korruti ülekandeegur. Näeme, et korrutis (3) koosneb madalsageduslikust osast põhiriba sagedusel ja kõrgsageduslikust komponendist kahekordse kandesageduse $2f_c$ juures. Peale madalpääsfiltrit jääb avaldises (3) olevast neljast liidetisest alles madalsageduslik osa

$$\frac{kU_m U_t}{2} + \frac{kU_m U_t M}{2} m(t). \quad (4)$$

Näeme, et esimene liidetav on alaliskomponent, mis on detektorile järgneva eralduskondensaatori abil lihtsalt eemaldatav. Teine liidetav on aga võrdeline moduleeriva signaaliga – olemegi teostanud demoduleerimise.

Reaalsel juhul ei ole madalpääsfilter ideaalne ning demodulaatori väljundisse pääseb ka mingi osa kõrgsageduslikust komponendist, mis on seda väiksem, mida suurema sageduse f_c juures ülekanne toimub.

Juhul kui tugipinge $u_t(t)$ faas ei ole sama kui kandesignaalil vaid erineb viimasest nurga $\Delta\varphi$ võrra, siis sünkroondetektori väljundpinge kasulik komponent avaldub kujul

$$\frac{kU_m U_t M}{2} m(t) \cos(\Delta\varphi). \quad (5)$$

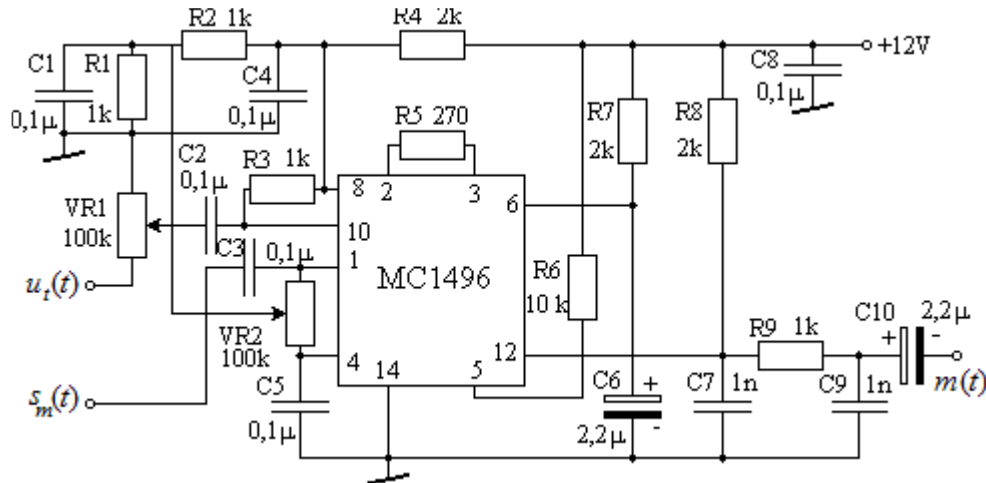
Näeme, et ebaõige faasinurga puhul on tagajärjeks demodulaatori väljundpinge vähenemine või halvimal juhul kadumine.

Kui aga tugipinge sagedus ei ole täpselt võrdne kandesageduse omaga f_c vaid erineb viimasest Δf võrra on demodulaatori väljundpinge kujul

$$\frac{kU_m U_t M}{2} m(t) \cos(2\pi \Delta f t). \quad (6)$$

Kahest viimasest avaldisest lähtub veelkord asjaolu, et sünkroondetektori tööks on vajalik täpse sageduse ja faasiga tugipinge olemasolu.

Käesolevas praktikumitöös kasutatakse korrutina integraalsed balanssmoodulaatorit MC1496 mille väljundpinge on võrdeline sisendpingete korrutisega. RC-madalpääsfiltri moodustavad (vt joonis 2) komponendid C7, R9 ja C9. Alalispinge kõrvaldatakse väljundist eralduskondensaatoriga C10.



Joon 2. Töös kasutatava sünkroondetectori põhimõtteskeem

Käesolevas töös kasutatava PC ostsilloskoobi PicoScope 2205 täpsust iseloomustavad alljärgnevad karakteristikud:


Vertikaalne resolutsioon 8 bitti

Täpsus vertikaalsihis (pinges) $\pm 3 \%$

Täpsus horisontaalsihis (ajas) 100 ppm ($\pm 0,01\%$)

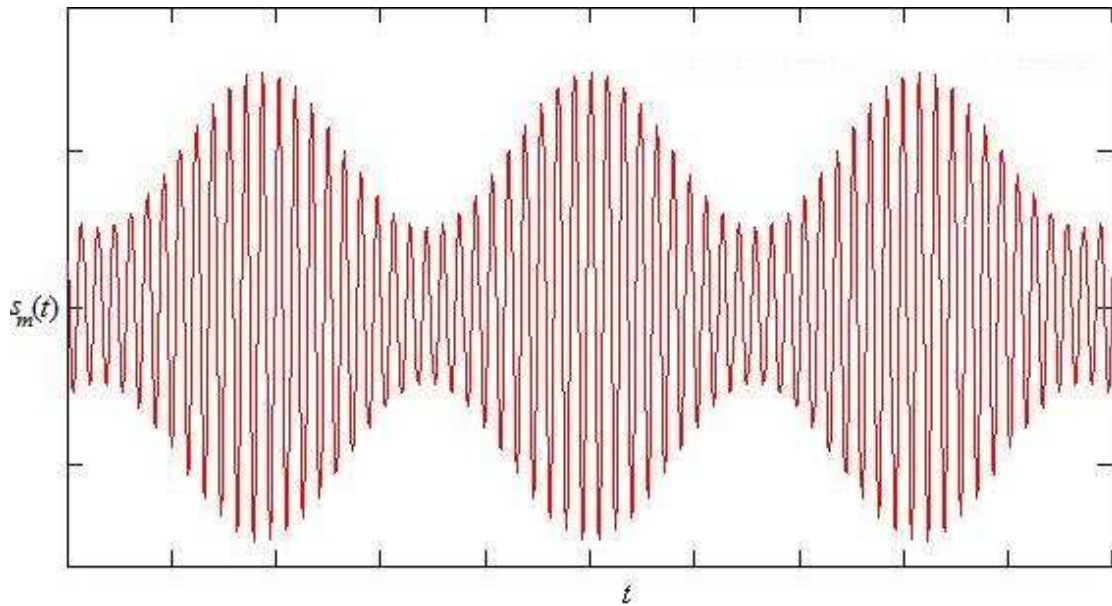
Mõõdetud parameetrite väärtused esitada täielikul kujul koos mõõtemääramatusega.

Töö käik:

Käivitada arvutis PicoScope 6 tarkvara. Kuna ostsilloskoop kasutab mõõteostikuid ülekandegaga 1:10, siis valida A ja B kanali menüüst  mõõteostikute ülekandeks 1:10 : „probe“ -> „x10“.

Moduleeritud signaali $s_m(t)$ allikana kasutame sünkroondetectoriga samal maketimoodulil paiknevat amplituudmodulaatorit. Moduleerivaks signaaliks $m(t)$ on harmooniline pinge sagedusel 5kHz efektiivväärtusega 90mV. Moduleeriva pingega allikana kasutame ühte kahest toitemoodulil KL-92001 paiknevast signaaligeneraatorist. Kande- ja tugisignaali $u_r(t)$ allikana leiab kasutust eraldi signaaligeneraator.

- 1.) Anda modulaatori kandesignaali sisendisse (I/P1) välisest signaaligeneraatorist 500kHz sagedusega ja 90mV efektiivväärtusega pinge (kandesignaali). Modulaatori väljundisse peaks tekkima joonisel 3 kujutatud kujuga signaal. Vajadusel saab modulatsioonisügavust reguleerida potentsiomeetriga VR1. Salvesta modulaatori väljundpinge kuju joonisena ja esita aruandes.



Joon 3. Amplituudmoduleeritud signaali ajaline kuju

- 2.) Anda moduleeritud pinge sünkroondetektori sisendisse (viigule I/P2). Salvesta demodulaatori väljundpinge ajaline kuju ja esita see aruandes.
- 3.) Anda sünkroondetektori tugipinge sisendisse (viigule I/P1) välisest signaaligeneraatorist sama kandesignaali mis modulaatorisegi. Vajadusel reguleerida väljundpinge kuju võimalikult moonutustevabaks potentsiomeetritega R1 ja R2.

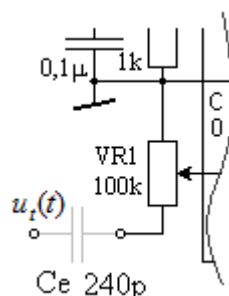
Salvesta väljundpinge ajaline kuju, mõõta väljundpinge sagedus f_v ja efektiivväärtus U_v .

- 4.) Seada kandesageduse uueks väärtuseks 1MHz. Salvesta väljundpinge ajaline kuju ja mõõta väljundpinge efektiivväärtus U_v .
- 5.) Seada kandesageduse uueks väärtuseks 200kHz. Salvesta väljundpinge ajaline kuju ja mõõta väljundpinge efektiivväärtus U_v .
- 6.) Seadistada kandesignaali sageduseks uuesti 500kHz. Muuta modulaatoris modulatsioonisügavust. Modulatsioonisügavust saab muuta kas potentsiomeetriga VR1 või moduleeriva signaali amplituudiga. Kuidas muutub sünkroondetektori väljundpinge väärtus modulatsioonisügavuse muutmisel?
- 7.) Eelviimasena uurime tugipinge faasi kõrvalekalde $\Delta\varphi$ mõju sünkroondetektori tööle. Faasinihke tekitamiseks kandesignaali ja tugipinge vahel ühendame tugipingeallika ja sünkroondetektori sisendi I/P1 vahele 240pF mahtuvusega kondensaatori C_e (vt joon 4).

Mõõta väljundpinge efektiivväärtus U_v peale kondensaatori lisamist. Faasinihke suuruse mõõtmiseks ühendada ostsilloskoobi üks sisend kondensaatori signaaligeneraatori poolse otsaga ja teine sünkroondetektori

poolsega. Mõõta ajaline nihe τ kahe pinge maksimumide vahel. Faasinihke saab nüüd arvutada valemiga

$$\Delta\varphi = 2\pi f_c \tau. \quad (7)$$



Joon 4. Faasinihket tekitava kondensaatori ühendamine sünkroondetektori ette

Võrrelda väljundpinge teoreetilist kahanemist (5) mõõdetud tulemusega. Vajadusel selgitada erinevuste põhjust.

- 8.) Viimasena vaatleme tugipingete sageduse kõrvalehäälestuse Δf mõju sünkroondetektori väljundpinge kujule. Seada kandesignaali sageduseks 200kHz. Häälestada teine, siiani kasutamata, toitemoodulil KL-92001 paiknev signaaligeneraator sagedusele 200kHz (efektiivväärtus 90mV) ja kasutada selle väljundpinget sünkroondetektori tugipingena. Salvestada väljundsignaali kuju. Selgitada tulemust.

Aruandes esitada:

- Punktis 1. salvestatud amplituudmodulaatori väljundpinge ajaline kuju joonisena.
- Punktis 2. salvestatud sünkroondetektori väljundpinge ajaline kuju joonisena. Selgita miks on väljundpinge kuju selline.
- Punktis 3. salvestatud sünkroondetektori väljundpinge ajaline kuju joonisena. Mõõdetud parameetrite f_v ja U_v väärtused.
- Punktides 4. ja 5. salvestatud sünkroondetektori väljundpingete ajalised kujud joonistena ja väljundpingete efektiivväärtused. Mille poolest erinevad väljundpinge kujud erinevate kandesageduste korral, miks?
- Punktis 6. Saadud tulemuste kirjeldus, kuidas on need kooskõlas avaldisega (4)
- Punktis 7 mõõdetud väljundpinge efektiivväärtus U_v , ajaline nihe τ ja arvutatud faasinihke $\Delta\varphi$. Mitu korda väljundpinge vähenes? Kas saadud tulemus on kooskõlas mõõdetud faasinihke suurusega?
- Punktis 8 salvestatud väljundpinge kuju koos selgitustega.

Täiendavaid materjale:

1. Meister, A. **Modulatsioon**. Tallinn, TTÜ kirjastus, 1999.
2. **PicoScope 2203, 2204, 2205 User's Guide** - Pico Technology 2008.
3. **PicoScope 6 PC Oscilloscope Software User's Guide** - Pico Technology 2007.