

# Sagedusmõõtur

Praktilise Arvutikasutaja eelmises numbris ehitasime heligeneraatori. Seekord lisame seadmele digitaalse sagedusmõõturi, mida saab kasutada ka välise signaali sageduse mõõtmiseks.

**T**undmatu sagedusega signaalide allikaid on peale mõne elektroonikaskeemi mujalgi. Näiteks pannes sagedusmõõturi sisendisse mikrofoni, saame häälestada kitarr või koos sobiva anduriga mõõta automootori pöördeid. Lülitades mõõteriista sisendisse fotodiodi, saaks mõõta arvutiekraani laotussagedust ehk neid salapäraseid hertse.

Kui suuname valgusanduri päeavalguslambile, peaks sagedusmõõtur näitama 100 Hz. Just sellise sagedusega need lambid vilguvad. Kui kuvar meie tööalal töötab sama sagedusega, võib tunduda, et pilt vilgub. Nähtust nimetatakse (2 lähedase sagedusega signaali) tuiklemiseks. Seega ei ole 100 Hz üldse mitte hea laotussagedus.

Sagedusmõõturi parameetrid:

Parameeter	Väärtus
Tööpiirkond	15Hz ... 8MHz
Mõõtetäpsus (sisemine)	$\pm 1$ Hz
Indikaatorikohtade arv	4
Tundlikkus	50 mV
Sisendtakistus	1 M $\Omega$
Automaatne piirkonna valik	Jah
Sisendi kaitse	Jah

Jutukeses kirjeldatava sagedusmõõturi skeem on võetud internetist aadressilt: [www.madlab.org/kits/frqmeter.html](http://www.madlab.org/kits/frqmeter.html).

Sagedusmõõturi skeemi võib jagada kolmeks osaks:

- **eelvõimendi**, mis muudab väga erinevad sisendsignaalid (siinus, kolmnurk jne) nelinurkimpulssideks amplituudiga 5V – just suupäraseks PIC protsessorile digitaalosas;
- **digitaalosa**, mis mõõdab «konditsioneeritud» signaali sagedust, valib sobiva mõõtepiirkonna ja juhib näidikut;
- **toiteosa**, mida kirjeldati ajakirja eelmises numbris.

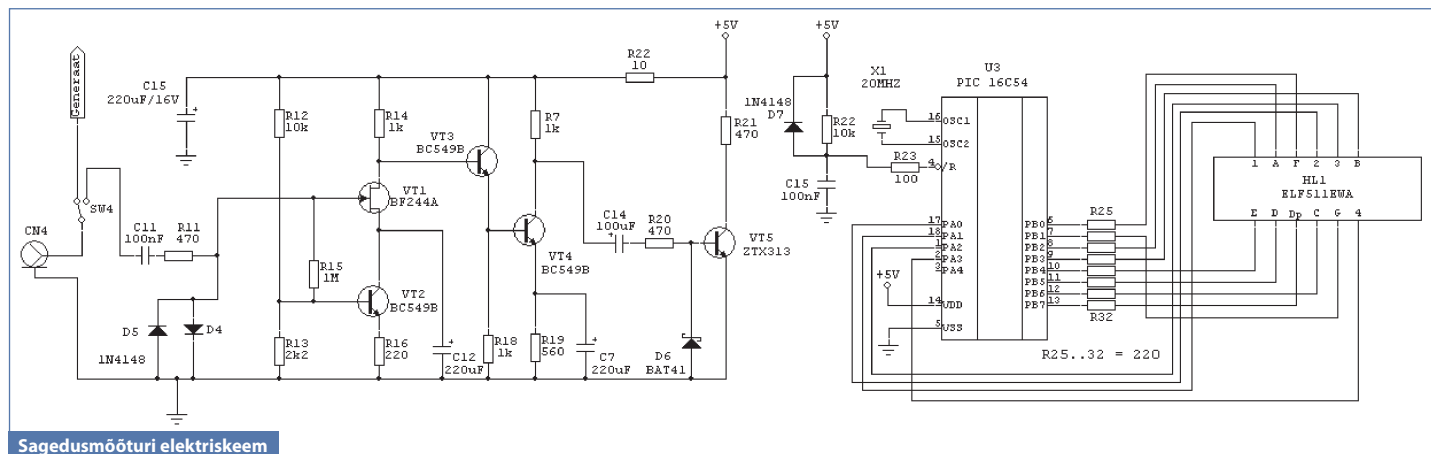
## Sageduse mõõtmine

Mõõtmine käib täpselt vastavalt ühiku definitsioonile. Loetakse kokku teatud aja, näiteks ühe sekundi jooksul sisendisse saabunud impulsid. Impulsside arv ongi võrdne sagedusega hertsides. Kui tahame mõõta madalamaid sagedusi, tuleb mõõtmissaega pikendada ja mui-

dugi pärast näitu korrigeerida. Paras ülesanne protsessorile.

Kõrgemaid sagedusi mõõtes on targem mõõteaega lühendada, sest siis saab tulemuse kiiremini kätte ja kuna näidik on nagunii ainult nelja numbrikohaga, ei mahuks  $\pm 1$  Hz täpsusega mõõdetud näit lihtsalt ekraanile. Skeem kasutab mõõdetava signaali sagedus-





Sagedusmõõteri elektriskeem

tel üle 10 kHz mõõtmise ajaks 1/8 sekundit, saavutades nii täpsuse ±8 Hz.

Saamaks täpset tulemust, peab mõõtmis-aeg olema eriti täpne. Seega jäävad ära PIC protsessoritega skeemides tihti kasutatavad RC-taktigeneraatorid – peame ostma kvartsi.

Impulside üle peab sügaval PIC-i siskonnas arvet register nimega RTCC (*Real Time Clock/Counter*). See register suudab loendada nii protsessori enda taktiimpulsse (kellarežiimis) kui ka sisendile RTCC saabuvaid signaale. Sobiva loendamisallika valik käib programselt. Softiga saab sättida palju muudki, näiteks seda, kas loendamine läheb käima sisensignaali tõusvast (positiivne) või langevast frondist (negatiivne). Meie skeem alustab impulsi uurimist traditsioonide kohaselt positiivsest frondist.

Registrit RTCC on 8 kohta (öeldakse, et see on 8-bitine). See tähendab, et suurim arv, mis temasse mahub, on 255 ehk FF kuuteistkümnendkujul. Seda on ilmselt vähe. Sagedusmõõturis on register programselt «pikemaks» venitatud. Protsessori mälu reserveeritakse kaks vaba pesa (baiti) ja kui RTCC üle ääre ajab (loendab oma 256-nda impulsi), liidetakse mälu sisule lihtsalt üks otsa. Järgmisel ületäitumisel saab esimehe mälu pesa väärtuseks 2 jne. Nõnda on võimalik loendada tunduvalt rohkem impulsse, kui registrimaht seda otseselt võimaldaks.

Pulsside loendiga on nüüd asi korras, jääb veel leida loendamisaja tekitaja. Erinevalt oma vanematest vendadest pole PIC-is taimerit. Mida teha? Enne probleemi lahendamist teeme ühe pisikesse kõrvalepõike.

## Näidiku juhtimine

Kuna enamikul PIC-protsessoritest on üsna vähe «koibi», tuleb neid kokkuvõttekult kasutada. Skeemis südameks olev PIC16C54-l on 13 üldotstarbelist sisend-/väljundviiku. 12 neist kasutame näidiku juhtimiseks.

Igale 7-segmennilisele indikaatorile on juhtimiseks vaja seitset protsessoriväljundit.  $4 \times 7 = 21$ , järelikult nii ei mängi välja! Kasutame vana trikki, mida tuntakse multipleksimisena. Juhtimisviisi mõte on selles, et indikaatorite samanimelised segmendid ühendatakse omavahel ja suunatakse protsessorile. Igal indikaatoril on veel üks viik – «toite-» ehk üldots. Need viike ka eraldi protsessori külge. Kui tahame kujutada näiteks arvu 1000, saadame segmentide juhtmetele arvule 1 vastava koodi ja anname toite (antud skeemis küll maa) esimesele indikaatorile. Laseme järgul veidi aega hiilata ning siis anname segmentide siinile numbri null koodi ning lülitame sisse indikaatori number 2. Talitame niiviisi seni, kuni kõik neli indikaatorit on «omad» numbrid ära näidanud ja... hakkame otsast pihta. Kui selline klõpsutamine toimub piisavalt kiiresti, ei pane inimese silm peattust tähele ja numbrid ekraanil paistavad stabiilsetena.

Looduse krooni petetakse üldse igal sammul: telekates ja arvutikuvarites on samuti kogu pildist korraga ekraanil vaid üks rida. Kuid hookest-pookus käib ruttu ja nii saamegi naudida lõunamaade seebiseriaale igavesest armastusest jms.

Kuid tagasi skeemi juurde. Leidsime lahenduse probleemile, kuidas vähese viikude arvuga ikkagi juhtida piisavalt indikaatoreid ja ootamatult saime kaasavaraks ka stabiilse ajaintervallide allika. Näidiku

skannimine toimub nimelt pidevalt ja võtab alati ühepalju aega. Kuna protsessor saab oma taksageduse kvartsilt, on skannimise aeg «naelaga» paigas. Mõne kvartsi sagedus pole täpselt see, mis korpusele trükitud. Sagedus sõltub veidi ka montaažist jms. Õnneks saab sagedust vajadusel veidi timmida, võttes selle ühelt otsalt maha muudetava mahtuvusega kondensaatori (pole skeemil kujutatud). Kõik muu on juba tarkvara küsimus.

## Automaatne piirkonnaalik

Generaatoris oli tööpiirkondade lüliti vajalik, kuid siin saab ilma hakkama. Mida vähem lüliteid, seda töökindlam seade!

Kuidas esitada laias diapasoonis sagedusi vaid neljakohalisel indikaatoril? Esitame nii, et näit on kogu aeg kilohertsides. Vajadusel kasutame koma. Sagedused alla 1 Hz või signaali puudumine tähistatakse ekraanil nulliga ja sagedused üle tööpiirkonna (8 MHz) asendatakse tähedega E (*error*, mitte Euroopa).

Loomulikult oleks võinud LED-indikaatorid asendada LCD-ga, kuhu saaks kirjutada sagedusühiku ja ehk ka rohkem järke. Paraku on LCD tunduvalt kallim komponent ja ehk siinkohal mitte eriti vajalik.

Signaali sageduse näidud mõõdiku ekraanil.

Sagedus	Näit
< 1 Hz	0
1 Hz	0.001
10 Hz	0.010
100 Hz	0.100
1000 kHz	1.000
10.00 kHz	10.00
100.0 kHz	100.0
1.000 MHz	1000.
> 8 MHz	E

Välise signaali sageduse mõõtmiseks on olemas eraldi sisend CN5. Lülitiga SW4 saame valida, kas mõõdame generaatori signaali sagedust või välist signaali.



Segmentide traditsiooniline tähistus

### Skeemist ja konstruktsioonist

Et mitte häirida uuritavat skeemi ja võimendada kõik vähemalt 50 mV amplituudiga signaalid pingeni 5 V, annab signaalivõimendi seadmele suure sisendtakistuse. Selleks on võimendi esimeses astmes kasutatud väljatransistori VT1 (BF244). Transistor VT2 on konstantse voolu generaator. Astme väljundtakistus on umbes 1 kΩ.

Edasi võimendatakse signaali umbes 40 korda ja siis suunatakse impulsside formeerijasse. Siin tehakse siinusest (kolmnurksignaalist vms) järsu tõusu ja langusega (frondiga) nelinurksignaali, mida on hea protsessoriga mõõta.

Eelvõimendi võimendus on konstantne sagedusalas 100 Hz..10 MHz, kuid sisendtakistus hakkab kõrgematel sagedustel langema. 3 MHz juures on see juba ainult 10 kΩ!

Dioodid D4 ja D5 ning takisti R11 kaitsevad võimendi sisendit ülepingete eest, piirates sisendsignaali umbes 0,6 voldini. Diiodi D4 võib ka skeemist välja jätta – siis kasvab seadme sisendtakistus aga... kaitse ülepingete vastu on viletsam. Takistiga R20 võib ühendada paralleelselt keraamilise kondensaatori mahtuvusega 100 pF. See parandab transistori VT5 tööd kõrgematel sagedustel (lülitub kiiremini).

Skeemi digitaalosa kohta pole just palju öelda. Takisti (R13) ja kondensaator (C15) protsessori MCLR otsal (4) hoiavad PIC-i pärast sisselülitamist mõnda aega nullituna, et taktigeneraator saaks korralikult tööle hakata. Diiod (D7) laeb kondensaatori pärast väljalülitamist ruttu tühjaks.

Näidikus saab kasutada ka teisi LED-indikaatoreid. Sobivad kandidaadid on ühise katoodiga seadmed, kasvõi N. Liidu aegadest sahtli põhja jäänud ALS-seeria klotsid. LED-indikaatorite segmente tähistatakse traditsiooniliselt, alustades tähest A. Lugemine toimub päripäeva ja koma ei arvestata (vt tabelit). Vene näidikute puhul tuleb vanades käsiraamatutes tuhnida, sest ka siis olid standardid, kuid neid oli rohkem ja segadus oli suur. Kõige kindlama tulemuse annab katse!

Kui seade saab toidet patareidelt, tasub muuta indikaatorite segmentide voolu määravaid takisteid R25..R32 natuke suuremaks, näiteks 330 Ω. Indikaator on siis küll veidi tuhmim, kuid patarei peab kauem vastu. Sagedusmõõtu voolutarve on 50 mA.

Eraldi indikaatoritel tuleb samanimelised segmentid kindlasti ühendada. Kuid segmente võib vajadusel protsessori külge ka teisiti sättida. Siis tuleb muuta programmis olevat nn *look-up* tabelit.

Toite skeem on samuti standardlahendus. Kuna tarbitav vool on väike, kasutame vähemvõimsat pisikest 78L05 stabilisaatorit (U2).

Digiskeemides üldse ja eriti sellistes, kus lülitatakse suhteliselt suuri voolusid nagu näidikutes, on toiteahelas palju impulssmüra. Et see ei segaks eelvõimendi tööd, tuleb toide üle filtri (R22, C15).

Egas midagi, plaat on koos, hakkame sagedusmõõtuuri testima.

### Testimine

Esimese katse ajaks võtame PIC-protsessori pesast välja ja kontrollime skeemi niisama. Mõõdame üle toitepinged ja kontrollime montaaži.

Pinged normaalselt töötavas skeemis on järgnevad (maajuhtme suhtes, mõistagi):

- +5 V kondensaatori C10 + viigul või protsessori (U3) viigul 14;
- ~ 3,8 V VT3 baasil;
- ~ 3,1 V VT4 baasil;
- ~ 3,9 V VT4 kollektoril ja ~ 2,45 V tema emitteril;
- ~ 0,9 V R12 ja R13 ühenduspunktis.

Skeemi detailide positsiooninumbriid ei alga nullist, vaid sealt, kus generaatori skeemis lõpetasime.

Kui meil on kasutada ostsiloskoop, anname võimendi sisendisse signaali 1 kHz amplituudiga 100 mV (näiteks samast generaatorist, mida ehitame) ja veendume, et VT5 kollektoril on puhas nelinurksignaali.

Lülitame toite välja ja paneme eelnevalt programmeeritud protsessori oma pesa. Pärast sisselülitamist tekivad ekraanile neli numbrit "8". See on testrežiim. Järgnevalt näidik kustub ja kui sisendis signaali pole, tekib 1 sekundi möödumisel ekraanile number 0. Skeem on töökorras: protsessor töötab ja ekraani skannimine käib. Oleme jälle ühe seadme edukalt valmis ehitanud!

Teeme viimase katse: lülitame nüüd sisendisse sama testsignaali (1kHz/100mV). Ekraanile ilmub arv 1,000.

Korras! Võime hakata klaverihäälestajatele konkurentsi pakkuma.

felc@edu.ttu.ee

### Sagedusmõõtuuri komponendid

Komponent	Pos.nr. skeemil	Nominaal	ELFA kood	Kogus	Märkus
Kondensaator	C3,C15	100 nF		2	C3-poliüester isol.
	C14	100uF/16V		1	
	C12,C13,C15	220uF/16V		3	
<b>TAKISTID</b>					
Takisti ¼ W	R22	10 W		1	Täpsus10%
	R23	100 W		1	
	R16,R17,R25..R32	220 W		10	
	R11,R20,R21	470 W		3	
	R19	560 W		1	
	R14,R18	1 kW		2	
	R13	2,2 kW		1	
	R12,R22	10 kW		2	
	R15	1 MW		1	
<b>LÜLITID</b>					
	SW4	Ümberlülit		1	PCB-le
<b>POOLJUHD</b>					
Mikroskeem	U3	PIC16C54 HS/P	73-169-61	1	pesaga
Transistorid	VT1	BF244A		1	või BC547B
	VT3,VT2,VT4	BC549B		3	
	VT5	ZTX313		1	
Dioodid, indikaatorid	D4,D5,D7	1N4148		3	
	D6	BAT41	310-287	1	
	HL1	ELF511EWA	75-068-27	1	
<b>MUUD DETAILID</b>					
Kvarts	X1	20 MHz		1	HC-49/U
Pesa	CN5	BNC-tüüpi	220-208	1	