

DIGITALNI FREKVENCMETAR

Šumiga I.¹, Behin G.¹

¹Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska

Sažetak: U članku su u uvodnom dijelu opisani osnovni principi rada digitalnih frekvencmetara i digitalnih mjerača periode, te su spomenute tehničke karakteristike komercijalnih digitalnih frekvencmetara. U drugom dijelu članka opisan je princip rada realiziranog digitalnog frekvencmetra, upute za njegovo sastavljanje i rezultati mjerenja.

Ključne riječi: mjerenje frekvencije, točnost, logički sklopovi, vremenska baza, brojenje impulsa, 7-segmentni pokazivač

Abstract: In the introductory part of this paper, the basic functioning principles of digital frequency meters and digital period meters are described, and technical characteristics of commercial digital frequency meters are mentioned. In the second part of the paper, the functioning principle of an implemented digital frequency meter is described, together with its assembly instructions and measuring results.

Key words: measuring the frequency, precision, logical sets, time base, impulse counting, seven-segment indicator

1. UVOD

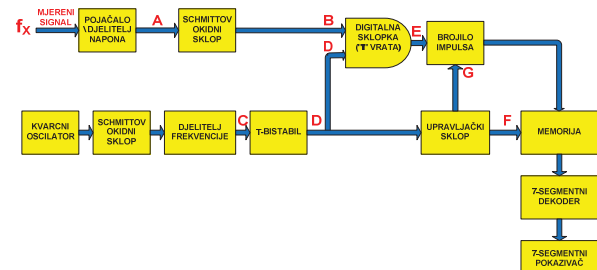
Digitalni frekvencmetri su se počeli koristiti nakon digitalnih integriranih sklopova. Zbog svoje visoke točnosti, do danas su gotovo iz upotrebe potisnuli analogne frekvencmetre i mjerne mostove za mjerenje frekvencije. Komercijalni digitalni frekvencmetri su prilično skupi, pa je zbog toga u ovom članku opisan princip njihovog rada i dane su upute za sastavljanje jeftinog digitalnog frekvencmetra, čije je mjerno područje od 1Hz do 10 MHz.

2. OSNOVNI PRINCIPI RADA DIGITALNIH FREKVENCMETARA

Digitalni frekvencmetar radi kao brojač impulsa dobivenih iz signala čiju frekvenciju mjeri, a broji ih u nekom zadanom vremenu (najčešće 1s ili 0,1s), pa mu i otuda engleski naziv frequency counter.

2.1. Princip rada digitalnih frekvencmetara

Na slici 1. prikazana je principijelna blok shema digitalnog frekvencmetra.



Slika 1. Principijelna blok shema digitalnog frekvencmetra

Pojačalo i djelitelj napona na ulazu digitalnog frekvencmetra služe za prilagođavanje veličine mjerenog signala u naponsko područje u kojem radi Shmittov okidni sklop. Prilagođeni mjereni signal bilo kojeg valnog oblika se Shmittovim okidnim sklopom pretvara u digitalni signal, tj. u slijed impulsa čija je frekvencija jednaka frekvenciji mjerenog signala. Ti impulsi se dovode na prvi ulaz digitalne sklopke. Na drugi ulaz digitalne sklopke se dovodi signal iz generatora vremenske baze. Generator vremenske baze se sastoji od kvarcnog oscilatora, Shmittovog okidnog sklopa, djelitelja frekvencije i T-bistabila. Kvarcni oscilator u generatoru vremenske baze služi kao izvor signala vrlo stabilne frekvencije. Taj njegov sinusni izlazni signal se ostalim sklopovima u generatoru vremenske baze oblikuje i dijeli mu se frekvencija tako da se dobije signal vremenske baze, čija širina impulsa traje 1s ili neki decimalni dio od 1s.

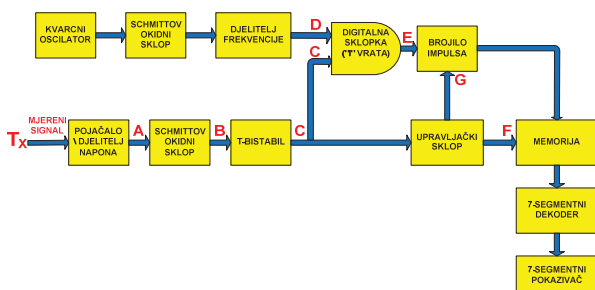
Signal vremenske baze upravlja otvaranjem i zatvaranjem digitalne sklopke. Dok se signal vremenske baze nalazi u logičkoj jedinici, digitalna sklopka propušta impulse dobivene iz mjerenog signala na ulaz brojila impulsa. Prema tome, vrijeme u kojem je digitalna sklopka otvorena i za vrijeme u kojem se broje impulsi je konstanta i predstavlja vremensku bazu digitalnog frekvencmetra. Ako vremenska baza traje 1s, onda je broj impulsa koje brojilo izbroji u tom vremenu vrijednost mjerene frekvencije izražena u Hz. Upravljački sklop služi za generiranje upravljačkih signala koji su potrebni za spremanje vrijednosti brojila u memoriju nakon prestanka brojenja, te za resetiranje brojila tako da ono u svakom mjernom ciklusu broji ispočetka. Vrijednost brojila koja je pohranjena u memoriju predstavlja vrijednost mjerene frekvencije i prosljeđuje se u 7-segmentni dekodera koji je prikazuje na 7-segmentnom pokazivaču.

Brojilo impulsa može detektirati samo cijele impulse, a osim toga ulazni impulsi nisu sinkronizirani s početkom brojenja kojeg predstavlja rastući brid signala vremenske baze. Zbog ta dva razloga, brojilo impulsa može pogriješiti najviše za 1 impuls. Ta pogreška je pogreška kvantizacije. Pogreška kvantizacije raste smanjenjem mjerene frekvencije, jer kod nižih frekvencija unutar vremenske baze brojilo izbroji manje impulsa. Ta pogreška od jednog impulsa ima sve veći postotni udio u ukupnoj pogrešci digitalnog frekvencmetra.

Zbog toga je kod signala nižih frekvencija umjesto njihove frekvencije točnije mjeriti njihovu periodu.

2.2. Princip rada digitalnih mjerača periode

Na slici 2. prikazana je principijelna blok shema digitalnog mjerača periode.



Slika 2. Principijelna blok shema digitalnog mjerača periode

Iz slike 2. se vidi da digitalni mjerač frekvencije i digitalni mjerač periode imaju vrlo sličan princip rada. Glavna razlika je u tome što se kod digitalnog mjerača periode impulsi za brojenje dobivaju iz kvarcnog oscilatora. Zbog toga su ti impulsi za brojenje vrlo stabilne frekvencije i predstavljaju vremensku bazu digitalnog mjerača periode. Iz mjenog signala se dobiva signal koji upravlja otvaranjem i zatvaranjem digitalne sklopke. Kod digitalnog mjerača periode je vrijeme u kojem traje brojenje impulsa varijabilno i ono traje točno koliko i perioda mjenog signala.

Iz principa rada digitalnog mjerača periode se vidi da mu se točnost povećava smanjenjem frekvencije mjenog signala jer signali nižih frekvencija imaju duže periode, pa se za vrijeme dužih perioda izbroji više impulsa iz generatora vremenske baze. Zato pogreška kvantizacije ima sve manji udio u ukupnoj pogrešci digitalnog mjerača periode.

Digitalni mjerač periode u praksi obično nije izveden kao zasebni instrument. Komercijalni digitalni frekvencmetri najčešće uz mjerenje frekvencije imaju i funkciju mjerenja periode.

3. TEHNIČKE SPECIFIKACIJE DIGITALNIH FREKVENCMETARA

Tehničke specifikacije digitalnog frekvencmetra opisuju njegove zagarantirane tehničke karakteristike u nekom određenom temperaturnom rasponu radne okoline.

Tehničke specifikacije moraju biti tehnički precizne, primjenjive u praksi i provjerljive [3]. Tehničke specifikacije digitalnih frekvencmetara su obično podijeljene na ulazne karakteristike, karakteristike načina rada i opće karakteristike.

3.1. Ulazne karakteristike digitalnih frekvencmetara

Ulazne karakteristike digitalnih frekvencmetara su:

1. Mjerno područje (eng. Range)
2. Ulazna impedancija
3. Osjetljivost (eng. Sensitivity)
4. Radni raspon mjenog signala (eng. Signal Operating Range)
5. Dinamički raspon mjenog signala (eng. Dynamic Range)
6. Okidni nivo (eng. Trigger Level)
7. Nivo kvara (eng. Damage Level)

3.2. Karakteristike načina rada digitalnih frekvencmetara

Karakteristike načina rada digitalnih frekvencmetara:

1. Mjerni opseg (eng. Range)
2. Najmanje značajna znamenka prikaza (eng. LSD Displayed)
3. Rezolucija (eng. Resolution)
4. Točnost (eng. Accuracy)

3.3. Opće karakteristike

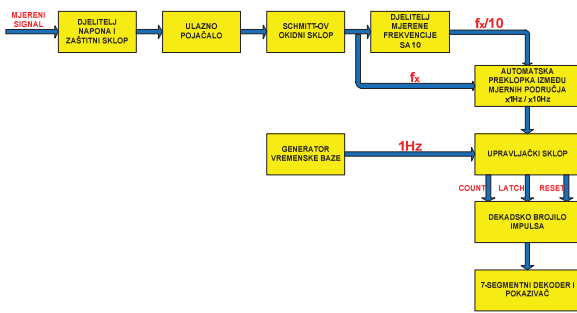
Opće karakteristike digitalnog frekvencmetra opisuju izvedbu vremenske baze i osobitosti instrumenta kao što su vanjski ulazi i izlazi (npr. oznake, signalizacija LED diodama, zaštita na mjernim ulazima, ulazi za vanjsku vremensku bazu i izlazi), ugrađen vlastiti kalibrator, brzina uzorkovanja i odabir vremenske baze.

4. PRINCIP RADA REALIZIRANOG DIGITALNOG FREKVENCMETRA

Realizirani digitalni frekvencmetar ima sljedeće karakteristike:

- mjerenje frekvencije signala u rasponu od 1Hz do 10MHz
- dva mjerna područja: mjerenje frekvencije od 1Hz do 1MHz s rezolucijom od 1Hz i mjerenje frekvencije od 1MHz do 10MHz s rezolucijom od 10Hz
- prikaz rezultata sa 6 znamenki
- automatska elektronička preklopka za odabir mjernog područja
- mjerenje frekvencije signala najmanjom amplitudom oko 0,2V
- zaštita od prevelikog napona mjenog signala
- napon napajanja 230V / 50Hz

Na temelju tih zadanih karakteristika, napravljena je blok shema digitalnog frekvencmetra prikazana na slici 3.



Slika 3. Blok shema izrađenog digitalnog frekvencmetra

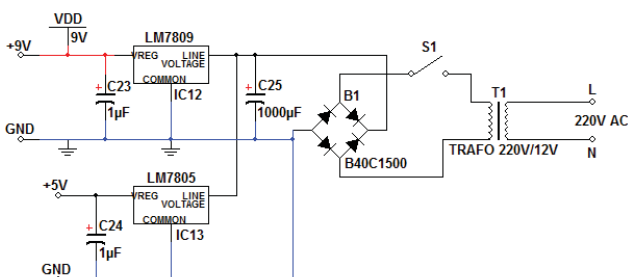
Na blok shemi izrađenog digitalnog frekvencmetra prikazano je od kojih se osnovnih elektroničkih sklopova (logičkih cjelina) on sastoji, kakva je njihova funkcija u radu instrumenta, tok signala kroz sklopove instrumenta i označeni su signali koji međusobno povezuju te sklopove u funkcionalnu cjelinu.

Na temelju blok sheme realiziranog frekvencmetra izrađena je njegova električna shema.

Način rada realiziranog digitalnog frekvencmetra će biti objašnjen zasebnim opisivanjem načina rada svakog sastavnog elektroničkog sklopa realiziranog digitalnog frekvencmetra.

4.1. Napajanje

Električna shema napajanja izrađenog digitalnog frekvencmetra prikazana je na slici 4.

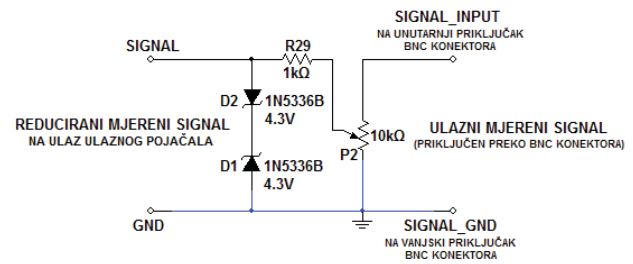


Slika 4. Napajanje

Digitalni frekvencmetar se napaja stabiliziranim istosmjernim naponom +9V. Za dobivanje stabiliziranog napona +9V služi integrirani regulator napona LM7809. Osim napona +9V, napajanje na svom izlazu daje i stabilizirani napon +5V. Naponom od +5V se ne napaja ni jedan sklop digitalnog frekvencmetra. On je predviđen za napajanje preskalera koji bi mogao biti ugrađen u kućište digitalnog frekvencmetra. Za dobivanje stabiliziranog napona +5V služi integrirani regulator napona LM7805.

4.2. Djelitelj napona i zaštitni sklop

Na slici 5. prikazana je električna shema djelitelja napona i zaštitnog sklopa.



Slika 5. Djelitelj napona i zaštitni sklop

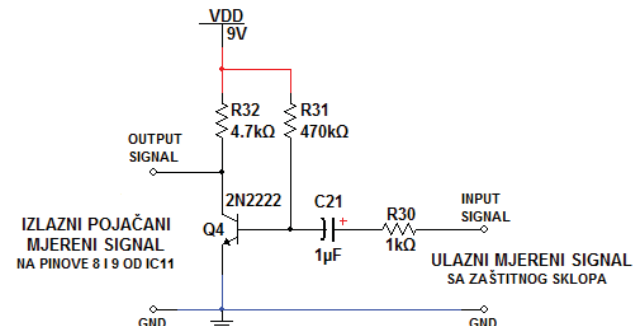
Ulazni mjereni signal dovodi se preko BNC konektora na fiksne izvode potencijometra P2. Potencijometar P2 služi kao djelitelj napona i njime se po potrebi može smanjiti preveliki ulazni signal.

Sa klizača potencijometra P2 mjereni signal se dovodi na zaštitni sklop, kojeg čine otpornik R29 i zener diode D1 i D2. Zaštitni sklop ima ulogu da ograniči amplitude mjenog signala jer bi u protivnom preveliki ulazni signal mogao oštetiti digitalni frekvencmetar. Zaštitni sklop pomoću zener dioda ograničava amplitude mjenog signala na +5V i -5V.

S izlaza zaštitnog sklopa, reducirani mjereni signal se dovodi na ulaz ulaznog pojačala.

4.3. Ulazno pojačalo

Električna shema ulaznog pojačala prikazana je na slici 6.



Slika 6. Ulazno pojačalo

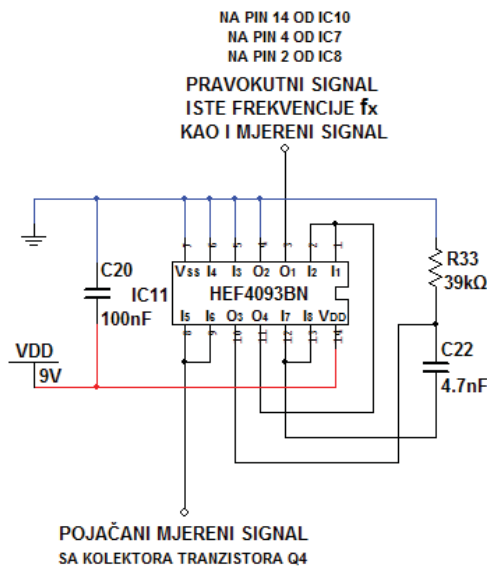
Ulazno pojačalo ima ulogu da pojača mjereni signal dovoljno da on prelazi obje okidne razine Shmittovog okidnog sklopa, odnosno da Shmittov okidni sklop takav pojačani signal može pretvoriti u pravokutne impulse (digitalni oblik).

Ulazno pojačalo je izvedeno kao pojačalo u spoju zajedničkog emitera.

S izlaza ulaznog pojačala, pojačani mjereni signal dolazi na ulaz Shmittovog okidnog sklopa.

4.4. Schmittov okidni sklop

Električna shema Schmittovog okidnog sklopa prikazana je na slici 7.

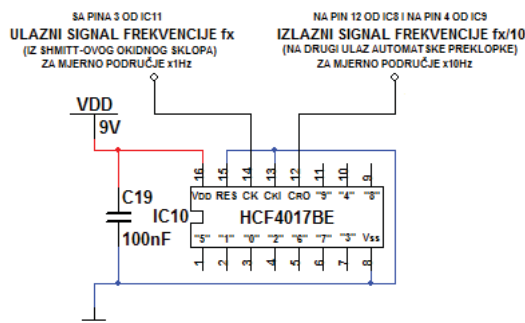


Slika 7. Schmittov okidni sklop

Schmittov okidni sklop pretvara ulazni mjereni signal bilo kojeg valnog oblika u pravokutne impulse, čija je frekvencija jednaka frekvenciji mjenog signala. Glavni dio Schmittovog okidnog sklopa je integrirani krug HEF4093BN. On u sebi sadrži četiri "NI" logička vrata s dva ulaza, koja na svakom ulazu imaju Schmittov okidni sklop. U spoju na slici 7. koriste se njegova 3 "NI" vrata u kombinaciji s otpornikom R33 i C22. Razlog takvom spoju je da se neovisno o valnom obliku mjenog signala uvijek dobiva dovoljno velika širina impulsa koja je potrebna da bi ih brojilo moglo brojiti. S izlaza Schmittovog okidnog sklopa pravokutni impulsi, čija je frekvencija jednaka frekvenciji mjenog signala f_x , dovode se na ulaz djelitelja mjerene frekvencije s 10 i na prvi ulaz automatske preklopke mjernog područja.

4.5. Djelitelj mjerene frekvencije s 10

Za dobivanje impulsa frekvencije $f_x/10$, koji su potrebni za mjerno područje x10Hz, koristi se djelitelj mjerene frekvencije s 10, čija je električna shema prikazana na slici 8. Kao djelitelj mjerene frekvencije s 10 koristi se integrirani krug HCF4017BE. On je zapravo Johnsonovo brojilo s 5 stupnjeva (sadrži 5 bistabila) koje ima 10 dekodiranih izlaza. Signal frekvencije $f_x/10$ dobiva se na CARRY OUTPUT izlazu (izlaz preljeva) integriranog kruga HCF4017BE. Perioda tog signala traje točno koliko 10 perioda ulaznog signala.

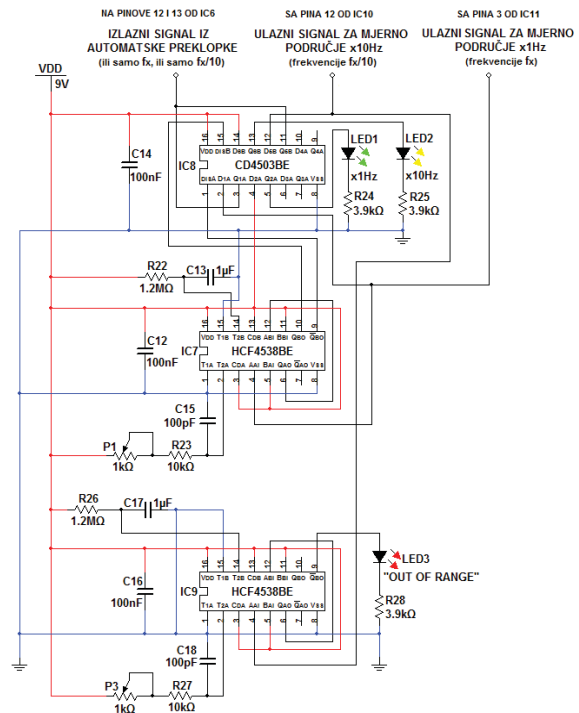


Slika 8. Djelitelj mjerene frekvencije s 10

S izlaza djelitelja mjerene frekvencije s 10, pravokutni impulsi frekvencije $f_x/10$ dovode se na drugi ulaz automatske preklopke mjernog područja.

4.6. Automatska preklopka između mjernih područja x1Hz i x10Hz

Električna shema automatske preklopke između mjernih područja x1Hz i x10Hz prikazana je na slici 9.



Slika 9. Automatska preklopka između mjernih područja x1Hz i x10Hz

U automatskoj preklopki mjernog područja su korištena dva integrirana kruga HCF4538BE i jedan integrirani krug CD4503BE. Preklapanje iz jednog mjernog područja u drugo je izvedeno s IC7 i IC8, te njihovim vanjskim elementima. LED1 služi za indikaciju mjernog područja x1Hz, a LED2 služi za indikaciju mjernog područja x10Hz. Integrirani krug CD4503BE sadrži "buffere" s 3 stanja, pa je pomoću njih izvedena elektronička preklopka kojom upravlja integrirani krug IC7 HCF4538BE. On u sebi ima dva monostabila koji su u ovom spoju upotrijebljeni kao monostabili sa svojstvom ponovnog okidanja. Preklopna frekvencija automatske preklopke mjernog područja je namještena pomoću C15, R23 i P1, koje su vanjske komponente prvog monostabila od IC7.

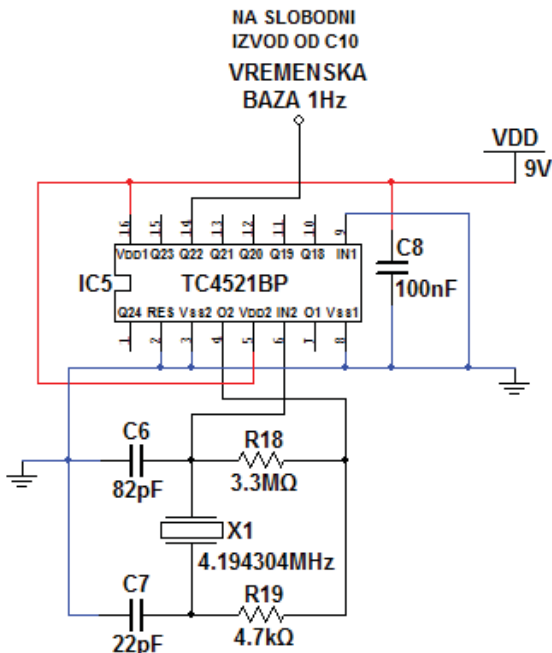
Za sklop indikatora previsoke mjerene frekvencije (iznad 10MHz) služi IC9 s pripadajućim vanjskim komponentama. LED3 služi za indikaciju previsoke mjerene frekvencije. IC9 je spojen na isti način kao i IC7. Frekvencija od 10MHz, čijim se prelaskom aktivira LED3, namještena je pomoću C18, R27 i P3 koje su vanjske komponente prvog monostabila od IC9.

S izlaza automatske preklopke mjernog područja između x1Hz i x10Hz, samo jedan od njena dva ulazna signala (signal frekvencije f_x za mjerno područje x1Hz ili signal

frekvencije $f_x/10$ za mjerno područje $\times 10\text{Hz}$) dovodi se na jedan od ulaza upravljačkog sklopa. Na drugi ulaz upravljačkog sklopa dovodi se signal iz generatora vremenske baze.

4.7. Generator vremenske baze

Električna shema generatora vremenske baze prikazana je na slici 10.



Slika 10. Generator vremenske baze

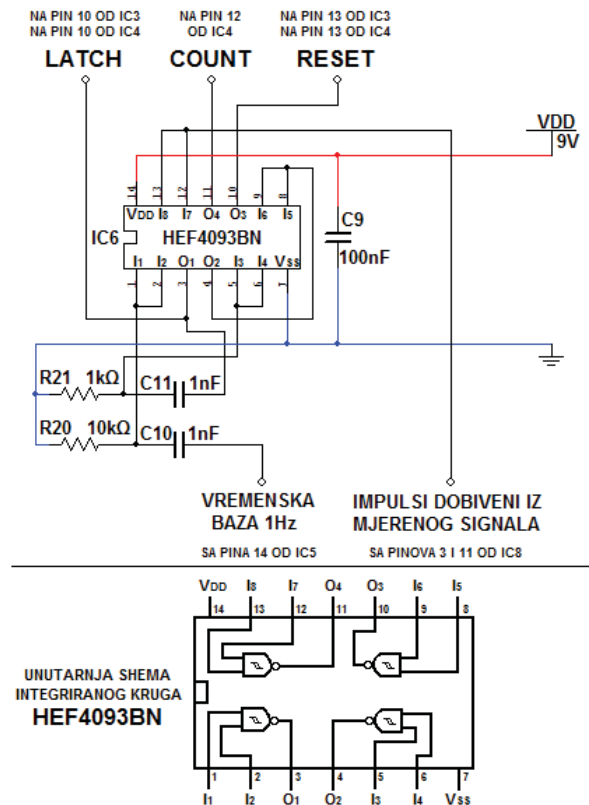
Glavni dio generatora vremenske baze je integrirani krug TC4521BP, a kondenzatori C6 i C7, otpornici R18 i R19 i kvarcni kristal X1 su vanjski elementi koji su potrebni za rad unutarnjeg oscilatora u integriranom krugu TC4521BP. Integrirani krug TC4521BP je djelitelj frekvencije s 24 stupnja dijeljenja, koji se dobivaju kaskadnim spojem od 24 bistabila koji se u njemu nalaze. Frekvencija oscilatora integriranog kruga TC4521BP jednaka je nazivnoj frekvenciji kristala kvarca X1 i ona iznosi 4,194304MHz.

Generator vremenske baze na svom izlazu mora davati pravokutni signal frekvencije točno 1Hz, odnosno periode točno 1s. Upravo zbog toga se koristi kvarcni kristal nazivne frekvencije 4,194304MHz (4194304Hz), jer jedan od stupnjeva dijeljenja frekvencije integriranog kruga TC4521BP iznosi 4194304, odnosno 2^{22} , i on se dobiva na njegovom izlazu Q22. Tako se dijeljenjem brojem 4194304 iz frekvencije kvarcnog oscilatora od 4194304Hz na izlazu generatora vremenske baze (izlazu Q22 integriranog kruga TC4521BP) dobiju impulsi čija je frekvencija točno 1Hz (perioda 1s).

S izlaza generatora vremenske baze signal se dovodi na drugi ulaz upravljačkog sklopa.

4.8. Upravljački sklop

Električna shema upravljačkog sklopa prikazana je na slici 11.



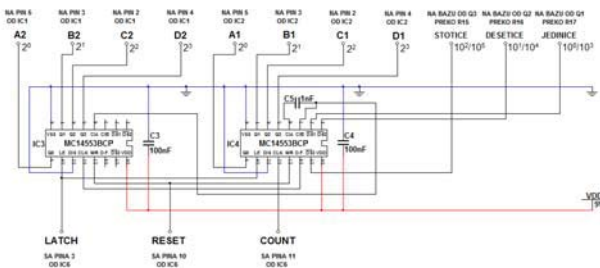
Slika 11. Upravljački sklop

Da bi brojilo impulsa brojilo impulse u vremenu od 1s (tolika je perioda signala iz generatora vremenske baze), i to brojenje ispočetka ponavljalo u sljedećoj periodi signala vremenske baze (jedna perioda signala vremenske baze ujedno čini jedan mjerni ciklus), potrebno je signal iz generatora vremenske baze i impulse za brojenje dobivene iz mjenog signala na brojilo impulsa dovesti preko upravljačkog sklopa. Na temelju signala vremenske baze i impulsa za brojenje dobivenih iz mjenog signala, upravljački sklop generira tri signala koja su potrebna za rad dekadskog brojila impulsa. To su signali: COUNT, LATCH i RESET. Signal COUNT se iz upravljačkog sklopa dovodi na ulaz za brojenje impulsa dekadskog brojila impulsa. Taj signal su zapravo impulsi dobiveni iz mjenog signala koji su prilagođeni brojilu impulsa. Signal LATCH služi za spremanje izbrojene vrijednosti u namijenjene registre brojila impulsa. Signal RESET služi za resetiranje dekadskog brojila impulsa, odnosno za postavljanje njegove vrijednosti na nulu, tako da u sljedećoj periodi signala vremenske baze dekadsko brojilo impulsa počinje ispočetka brojiti impulse.

Signali COUNT, LATCH i RESET koje daje upravljački sklop dovode se na odgovarajuće ulaze dekadskog brojila impulsa.

4.9. Dekadsko brojilo impulsa

Električna shema dekadskog brojila impulsa prikazana je na slici 12.



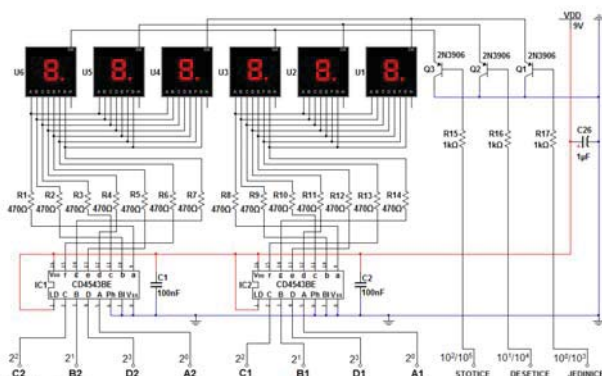
Slika 12. Dekadsko brojilo impulsa

Dekadsko brojilo impulsa sastoji se od dva kaskadno spojena integrirana kruga MC14553BCP. Integrirani krug MC14553BCP je dekadsko brojilo impulsa koji na svojim izlazima izbrojenu vrijednost prikazuje pomoću BCD koda i može maksimalno brojiti do 999. S obzirom na to da pokazivač izrađenog digitalnog frekvencmetra ima 6 znamenki i maksimalna vrijednost koja na njemu može biti prikazana iznosi 999999, za sklop dekadskog brojila impulsa koriste se dva kaskadno spojena integrirana kruga MC14553BCP. Pri tome IC3 broji svaki tisućiti ulazni impuls, pa je on zadužen za prikaz prve tri znamenke na pokazivaču, dok IC4 broji svaki impuls i zadužen je za prikaz druge tri znamenke na pokazivaču. Integrirani krug MC14553BCP ne može na svojem izlazu BCD kodom prikazati sve tri znamenke izmjerene vrijednosti odjednom, već samo jednu znamenku istodobno. Zbog toga integrirani krug MC14553BCP koristi multipleksiranje izlaza, pa redom i ciklički na svom izlazu prikazuje svoje "jedinice", "desetice" i "stotice". Oba integrirana kruga MC14553BCP su međusobno sinkronizirana tako da istodobno prikazuju odgovarajuće znamenke.

BCD izlazi dekadskog brojila impulsa od IC3 i IC4 dovode se na odgovarajuće ulaze 7-segmentnog dekodera. Izlazi za multiplexiranje znamenki pokazivača dovode se preko odgovarajućih otpornika na baze tranzistora Q1, Q2 i Q3.

4.10. 7-segmentni dekodер и pokazivač

Na slici 13. prikazana je električna shema 7-segmentnog dekodera i pokazivača.



Slika 13. 7-segmentni dekodер и pokazivač

Za dekodiranje BCD vrijednosti koje su s izlaza dekadskog brojila impulsa dovedene na ulaz dekodera,

koriste se dva integrirana kruga CD4543BE. Integrirani krug CD4543BE je 7-segmentni dekodер koji pretvara BCD kod u 7-segmentni kod pomoću kojeg prikazuje znamenke na 7-segmentnom pokazivaču.

Svakim od ta dva dekodera upravlja odgovarajući integrirani krug dekadskog brojila impulsa (IC3 i IC4). Dekodер IC1 zadužen je za prikaz prve tri znamenke pokazivača (U6, U5 i U4), dok je dekodер IC2 zadužen za prikaz druge tri znamenke pokazivača (U3, U2 i U1). Za pokazivač instrumenta koriste se 7-segmentni pokazivači sa zajedničkom katodom.

Dekadsko brojilo impulsa preko tranzistora Q1, Q2 i Q3 upravlja multiplexiranjem pokazivača instrumenta. Prema tome se istodobno obavlja prikaz na samo dva 7-segmentna pokazivača od kojih se sastoji pokazivač instrumenta. Budući da se ta promjena aktivnih 7-segmentnih pokazivača odvija vrlo brzo, ljudsko oko zbog svoje tromosti vidi kao da su sve znamenke mjerene vrijednosti na pokazivaču instrumenta prikazane istovremeno.

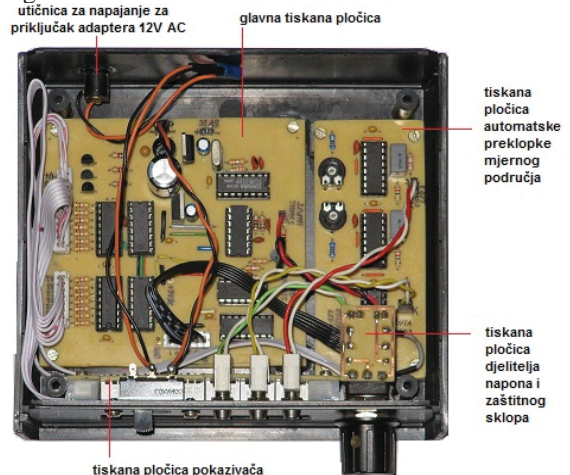
5. POSTUPAK IZRADE DIGITALNOG FREKVENCMETRA

Izrađeni digitalni frekvencmetar izveden je na 4 tiskane pločice, koje su međusobno povezane žicama preko odgovarajućih konektora. Digitalni frekvencmetar sastoji se od sljedećih tiskanih pločica:

- glavne tiskane pločice
- tiskane pločice pokazivača
- tiskane pločice automatske preklapke mjernog područja
- tiskane pločice djelitelja napona i zaštitnog sklopa

Tiskane pločice digitalnog frekvencmetra su jednostrane i izrađene su fotopostupkom. Između pojedinih točaka na tiskanim pločicama potrebno je zalemiti žičane prenosnice na mjestima gdje bi vodovi trebali prelaziti jedni iznad drugih. Nakon lemljenja prenosnica, na tiskane pločice digitalnog frekvencmetra leme se elektronički elementi.

Na slici 14. prikazano je kako su tiskane pločice izrađenog digitalnog frekvencmetra razmještene unutar njegovog kućišta.



Slika 14. Raspored tiskanih pločica u kućištu digitalnog frekvencmetra



Slika 15. Izgled prednje ploče izrađenog digitalnog frekvencometra

6. REZULTATI MJERENJA DIGITALNIM FREKVENCOMETROM

Izrađenim digitalnim frekvencometrom izmjerene su frekvencije u rasponu od 1Hz do 2MHz. Za uspoređivanje točnosti izrađenog digitalnog frekvencometra korišten je digitalni osciloskop **TEKTRONIX TDS2014B**. Točnost mjerenja frekvencije digitalnog osciloskopa **TEKTRONIX TDS2014B** iznosi $\pm 0,01\%$, a mjerenu frekvenciju prikazuje sa 6 znamenki.

U tablici 7.1. prikazana su maksimalna odstupanja vrijednosti frekvencije izmjerene digitalnim frekvencometrom od onih izmjerenih digitalnim osciloskopom **TEKTRONIX TDS2014B**. Svako odstupanje odnosi se na pripadajuće frekvencijsko područje.

FREKVENCIJSKO PODRUČJE	MAKSIMALNO ODSUPANJE [%]
1Hz – 10Hz	31,796
10Hz – 100Hz	6,553
100Hz – 1kHz	0,251
1kHz – 10kHz	0,066
10kHz – 100kHz	0,017
100kHz – 1MHz	0,019
1MHz – 10MHz	0,022

Tabela 1. Maksimalna odstupanja vrijednosti izmjerenih digitalnim frekvencometrom

Iz rezultata mjerenja proizlazi da je izrađeni digitalni frekvencometar precizniji kod mjerenja viših frekvencija, a točnost mu kao i svim digitalnim frekvencometrima opada sa smanjivanjem mjerene frekvencije.

Zbog njegove rezolucije koja iznosi ± 1 Hz, nije ga poželjno koristiti za mjerenje vrlo niskih frekvencija.

Izrađeni digitalni frekvencometar je jako točan kod mjerenja frekvencije iznad 1kHz, pa sve do 10MHz. Iako mu kod mjerenja nižih frekvencija točnost opada zbog rezolucije, digitalni frekvencometar postiže i zadovoljavajuću točnost pri mjerenju frekvencijama od 100Hz do 1kHz. U tom frekvencijskom području maksimalno odstupanje iznosi 0,25%.

Opisani frekvencometar može koristiti za mjerenje frekvencija većih od 100Hz.

7. ZAKLJUČAK

Za razliku od komercijalnih digitalnih frekvencometara čija je cijena najmanje 2000 kn, dijelovi potrebni za izradu ovakvog digitalnog frekvencometra stoje oko 300 kn. Digitalni frekvencometar pokriva relativno usko frekvencijsko područje u odnosu na puno skuplje komercijalne izvedbe.

Maksimalna frekvencija od 10MHz koju digitalni frekvencometar mjeri nije njegov nedostatak. Za njega se može izraditi odgovarajući preskaler i time mu se proširi mjerno područje na ono koje odgovara komercijalnim digitalnim frekvencometrima. Cijena dijelova za preskaler frekvencije je manja od cijene dijelova izrađenog digitalnog frekvencometra, pa je tako izrada ovog digitalnog frekvencometra i dalje isplativija nego kupnja nekog jeftinijeg komercijalnog digitalnog frekvencometra.

Zbog niske cijene i dobre točnosti, spomenuti digitalni frekvencometar može koristiti za mjerenje audio-frekvencija (20Hz-20kHz) i za mjerenje mrežne frekvencije. Također može poslužiti kao dodatak za mjerenje frekvencije izlaznog signala starijim generatorima funkcija koji nemaju pokazivač za prikaz namještene frekvencije.

8. LITERATURA

- [1] Šulje, N. Elektrotehnička mjerenja i instrumentacija. Zagreb, 2004.
- [2] Šantić, A.. Elektronička instrumentacija. Zagreb, 1982.
- [3] <http://www.leapsecond.com/pdf/an200-4.pdf> , ožujak 2010.
- [4] <http://members.shaw.ca/roma2/6-digit.pdf> , ožujak 2010.
- [5] <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/philips/HEF4093BN.pdf> , ožujak 2010.
- [6] http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/320/85431_DS.pdf , ožujak 2010.
- [7] http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/185/109493_DS.pdf , ožujak 2010.
- [8] http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/320/85187_DS.pdf , ožujak 2010.
- [9] http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/270/109616_DS.pdf , ožujak 2010.
- [10] <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/toshiba/119.pdf> , ožujak 2010.
- [11] <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet2/b/Oftoyzy3dkr5wciu1p1g7i6lzfzfy.pdf> , ožujak 2010.
- [12] http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/270/109638_DS.pdf , ožujak 2010.

Kontakt:

Mr. sc. Ivan Šumiga, dipl. ing.
Križanićeva 33, 42000 Varaždin
Tel: 098/467 761

e-mail: ivan.sumiga@velv.hr
goran.behin@optinet.hr