



8. RAZRED
ELEKTRONIKA – RJEŠAVANJE PRAKTIČNOG ZADATKA
DRŽAVNA RAZINA
ŠKOLSKA GODINA 2025./2026.
NAZIV TEME: MJERAČ FREKVENCije

OPIS:

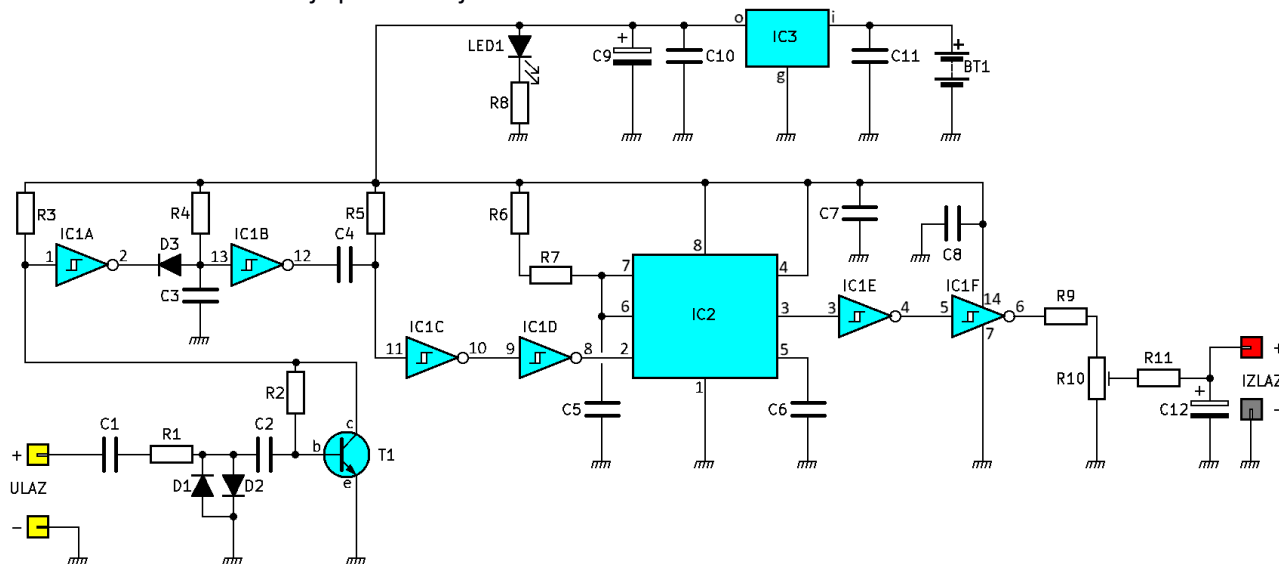
Prisjetite se, na školskoj ste razini natjecanja mjerili padove napona na silicijskim diodama, na županijskoj ste razini mjerili napone koje ste dobivali nakon umnožavanja napona. Na ovoj ćete razini natjecanja mjeriti frekvencije.

ZADATAK 1.

Prema elektroničkoj i montažnoj shemi sastavite uređaj lemljenjem elemenata na univerzalnoj tiskanoj pločici s bakrenim trakama, potom uređaju ispitajte funkcionalnost te ga ugodite za precizno mjerenje.

Opis uređaja

Izradit ćete uređaj koji frekvenciju pretvara u napon. Primjenom tog uređaja omogućuje se mjerenje frekvencije čije ćete vrijednosti moći čitati na vašem univerzalnom digitalnom instrumentu koji ste ponijeli. Elektronička shema uređaja prikazana je na Slici 1.1.



Slika 1.1. Elektronička shema pretvarača frekvencije u napon

Na ulaznom priključku nalazi se kondenzator C1 koji propušta bilo koju frekvenciju, a blokira istosmjerni napon. Zašto je bitan? Izvor signala ne smije poremetiti radnu točku tranzistora T1. C1 osigurava da na bazu tranzistora dolazi samo signal kojega treba mjeriti.

Slijedi otpornik R1 koji ograničava struju.

Diode D1 i D2 u takozvanom antiparalelnom spoju namjerno režu vrhove signala, odnosno ograničavaju amplitudu signala na $\pm 0,7$ V kako se ne bi oštetio tranzistor T1.

Pri takvoj izvedbi ulaznog sklopa dobiva se osjetljivost od oko 25 mV, a to znači da ovaj mjerni uređaj ima odličnu osjetljivost. S druge strane, maksimalan ulazni napon, koji se iz sigurnosnih razloga preporučuje, jest 55 V – 60 V.

Signal s kolektora tranzistora služi za upravljanje invertirajućeg sklopa IC1A. Taj sklop u kombinaciji s diodom D3, kondenzatorom C3 i drugim invertirajućim sklopom IC1B pretvara signal u kvadratni istosmjerni impulsivni napon. Invertirajući sklopovi IC1C i IC1D dodatno ga filtriraju.

Tako dobiveni kvadratni impulsivni signal vodi se do ulazne nožice 2 integriranog sklopa IC2. Taj je sklop ugođen da radi kao monostabilni multivibrator.

Monostabilni multivibrator na svojoj će izlaznoj nožici 3 dati signal kvadratnog oblika napona s promjenljivim učinkom ciklusa vala (*DUTY CYCLE*), a taj će učinak ciklusa biti razmjern ulaznoj frekvenciji koju mjeri. Za visoku preciznost spomenutog razmjera vrlo je važan otpor koji s plusa napajanja ide na šestu i sedmu nožicu IC2. Zato su izabrana dva otpornika u serijskom spoju (R6 i R7) s tolerancijom 1 %.

Signal se s nožice 3 integriranog sklopa IC2 vodi dalje na dodatno filtriranje preko invertirajućih sklopova IC1E i IC1F.

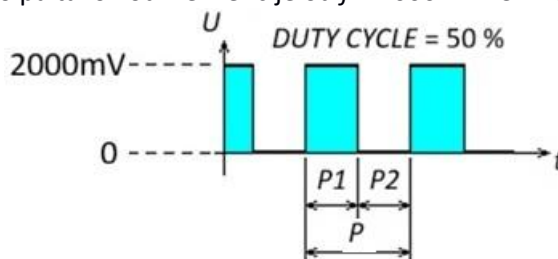
Na kraju, taj se signal vodi do polupromjenljivog potencijometra R10 da bi se s njegovog klizača dobio napon koji će nabiti elektrolitski kondenzator C12.

Napon na elektrolitskom kondenzatoru valja mjeriti univerzalnim mjernim instrumentom kojega treba ugoditi za mjerenje istosmjernog napona do 2000 mV.

Mnogi se sad pitaju, kako je moguće dobiti istosmjerni napon za nabijanje elektrolitskog kondenzatora iz signala impulzivnog kvadratnog oblika napona.

Kako bi se navedena pretvorba razumljela, treba poznavati napon vršne vrijednosti vala u mV na nožici 6 (IC1F) i učinak ciklusa tog vala (*DUTY CYCLE*) u %.

Te su veličine poznate, naime vršna vrijednost napona uvijek je $U = 2000 \text{ mV}$, a *DUTY CYCLE* mijenja se jer ovisi o frekvenciji koju mjerimo pa tako kod frekvencije od $f = 1000 \text{ Hz}$ *DUTY CYCLE* = 50 %, Slika 1.2.



Slika 1.2. Jedan cijeli impulzivni val kvadratnog oblika označen je slovom P (period).

Kad je *DUTY CYCLE* = 50 % (kao u ovom slučaju) znači da je napon kod poluperioda $P1 = 2000 \text{ mV}$, a kod poluperioda $P2 = 0 \text{ mV}$

Želite li doznati koliki je napon koji će nabiti elektrolitski kondenzator C12, trebate se koristiti formulom:

$$U_{C12} = U \cdot \text{DUTY CYCLE}$$

Primjer 1.

Pri mjerenju frekvencije $f = 1000 \text{ Hz}$ dobiva se *DUTY CYCLE* = 50 %

$U = 2000 \text{ mV}$

DUTY CYCLE = 50 %

$U_{C12} = ?$

$U_{C12} = U \cdot \text{DUTY CYCLE}$

$U_{C12} = 2000 \cdot 50 \%$

$U_{C12} = 1000 \text{ mV}$

Sada je razlog zbog kojega dolazi do pretvorbe impulzivnog napona u istosmjerni napon prilično razumljiv. Naime, elektrolitski kondenzator C12 prima pozitivan napon od 2000 mV za vrijeme poluperioda $P1$, a ne prima napon za vrijeme poluperioda $P2$, pa se zbog toga uspije nabiti do pola, odnosno do 1000 mV.

Primjer 2.:

Pri mjerenju frekvencije $f = 100 \text{ Hz}$ dobiva se *DUTY CYCLE* = 5 %

$U = 2000 \text{ mV}$

DUTY CYCLE = 5 %

$U_{C12} = ?$

$U_{C12} = U \cdot \text{DUTY CYCLE}$

$U_{C12} = 2000 \cdot 5 \%$

$U_{C12} = 100 \text{ mV}$

Poluperiod $P1$ traje znatno kraće nego u primjeru 1., tek 5 % ukupnog perioda P . Radi toga se elektrolitski kondenzator nabije samo do 5 % vršne vrijednosti napona.

Primjer 3.

Pri mjerenju frekvencije $f = 500 \text{ Hz}$ dobiva se $DUTY \text{ CYCLE} = 25 \%$

$$U = 2000 \text{ mV}$$

$$DUTY \text{ CYCLE} = 25 \%$$

$$U_{C12} = ?$$

$$U_{C12} = U \cdot DUTY \text{ CYCLE}$$

$$U_{C12} = 2000 \cdot 25 \%$$

$$U_{C12} = 500 \text{ mV}$$

I ovdje važi objašnjenje kao u prethodna dva primjera.

Jedna neobvezujuća zanimljivost

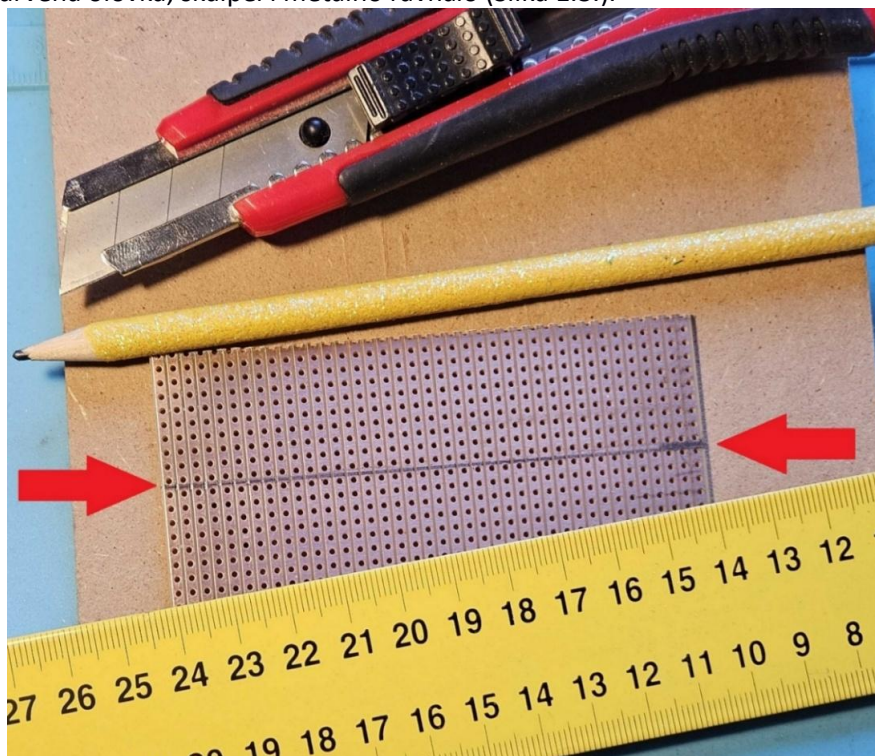
Iz ekonomskih razloga u ovom je uređaju izabran samo jedan mjerni opseg, od 0 do 2000 Hz. Poželite li ikada dodati još dva mjerna opsega, trebat ćete ugraditi dvostruku okretnu sklopku s kojom će se mijenjati vrijednosti otpornika R6 i R7 te vrijednost kondenzatora C3. Koji će vam elementi zatrebati? Za trenutno ugođeni mjerni opseg do 2000 Hz upotrebljavaju se $R6 = 100 \text{ k}\Omega$ i $R7 = 1 \text{ k}\Omega$, a $C3 = 22 \text{ nF}$. Za drugi dodatni mjerni opseg od 0 do 20 000 Hz trebat ćete otpornike $R6 = 10 \text{ k}\Omega$ i $R7 = 100 \Omega$, a kondenzator $C3 = 2,2 \text{ nF}$. Za treći dodatni mjerni opseg od 0 do 200 000 Hz trebat ćete otpornike $R6 = 1 \text{ k}\Omega$ i $R7 = 10 \Omega$, a kondenzator $C3 = 330 \text{ pF}$. Sve drugo ostaje isto.

Osim toga, ako poželite mjeriti frekvenciju kod viših ulaznih napona, na primjer frekvenciju gradske mreže, najsigurnije i najjednostavnije rješenje jest da taj visoki napon snizite preko nekog mrežnog transformatora koji će 230 V sniziti na prihvatljivih 6 V – 12 V. Time ćete imati i dodatnu sigurnost i zaštitu od strujnih udara jer će transformator galvanski odvojiti vaš mjerač frekvencije od gradske mreže.

Praktični rad 1.

Pripremite tiskanu pločicu

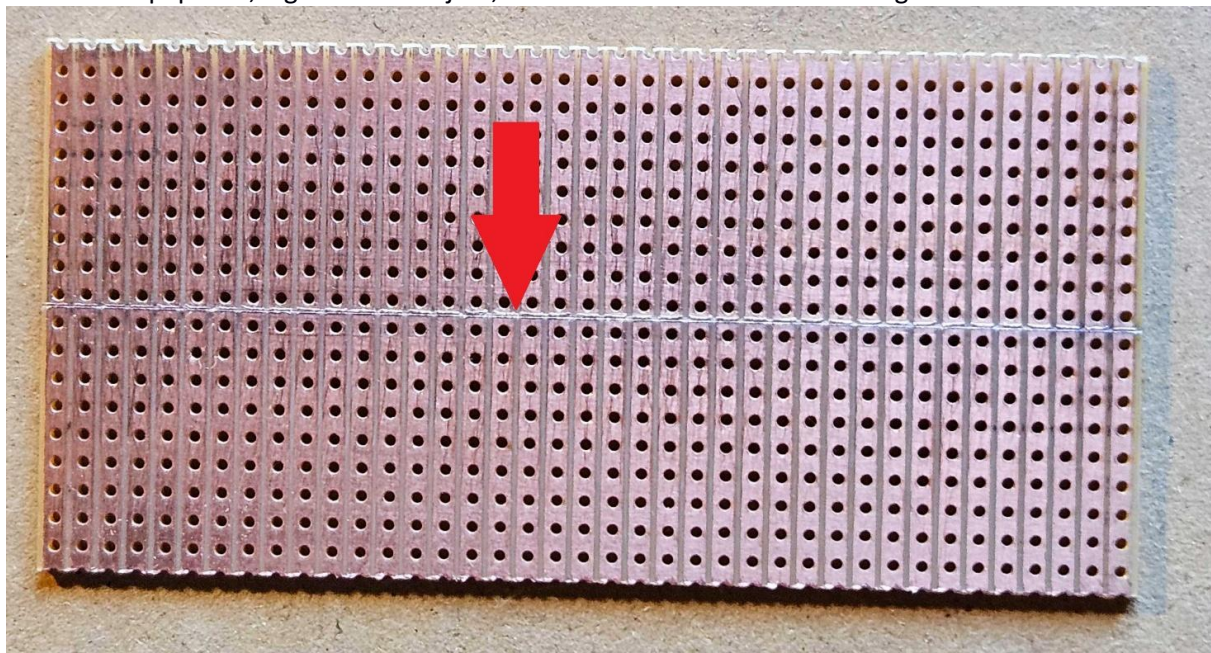
Na univerzalnoj tiskanoj pločici koju ste dobili trebate podvojiti bakrene trake u dvije grupe jednake dužine. Za to vam treba drvena olovka, skalpel i metalno ravnalo (Slika 1.3.).



Slika 1.3. Olovkom obilježite sredinu tiskane pločice (crvene strelice). Sredina je točno između devete i desete rupice svih bakrenih traka

Po toj sredini, vrhom skalpela lagano zarežite preko cijele dužine pločice. To ponavljajte desetak puta, dok se bakrene trake ne prerežu u potpunosti (Slika 1.4.).

Finim brusnim papirom, laganim brušenjem, uklonite možebitne bakrene strugotine.



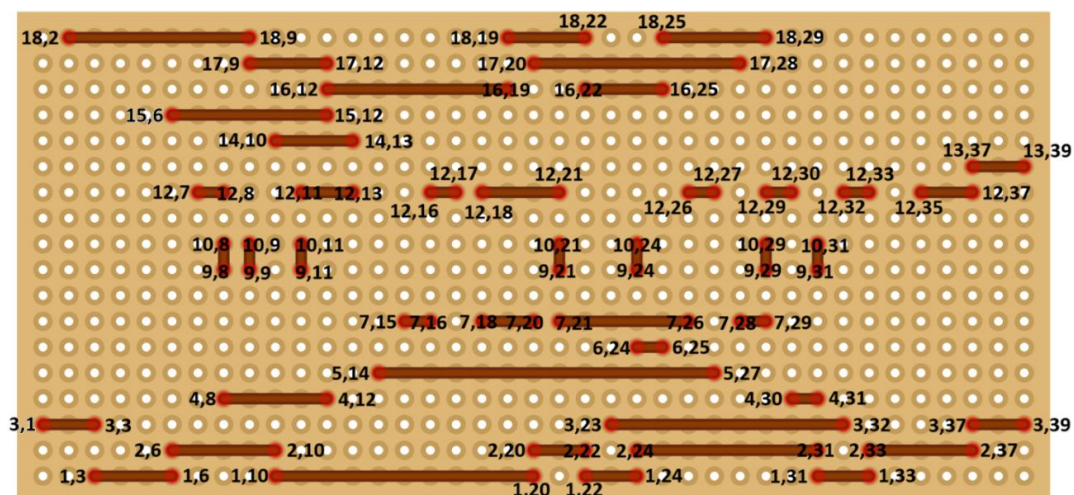
Slika 1.4. Budite precizni, a ne siloviti! Jer, o ovom rezu ovisi uspjeh cijelog praktičnog rada.

NAPOMENA! Prilikom rada sa skalpelom obavezno se koristite zaštitnim rukavicama i zaštitnim naočalama!

Slijedeći je korak provjera tiskane pločice. Za to se koristite univerzalnim mjernim instrumentom. Ugodite ga za mjerenje otpora. Jednim ticalom dodirujte gornju, a drugim ticalom donju polovicu upravo prerezane bakrene trake. Na instrumentu trebate čitati beskonačnu vrijednost otpora. Radnju ponovite za sve bakrene trake (ima ih 39×2). Ako neki par bakrenih traka pokaže minimalan otpor (od 0Ω do nekoliko tisuća Ω), tada morate ponoviti zarezivanje skalpelom i, naravno, ponoviti mjerenje.

Lemljenje prenosnica

Sad kad ste sigurni da je univerzalna pločica ispravno pripremljena, krenite s lemljenjem prenosnica (Slika 1.5.).



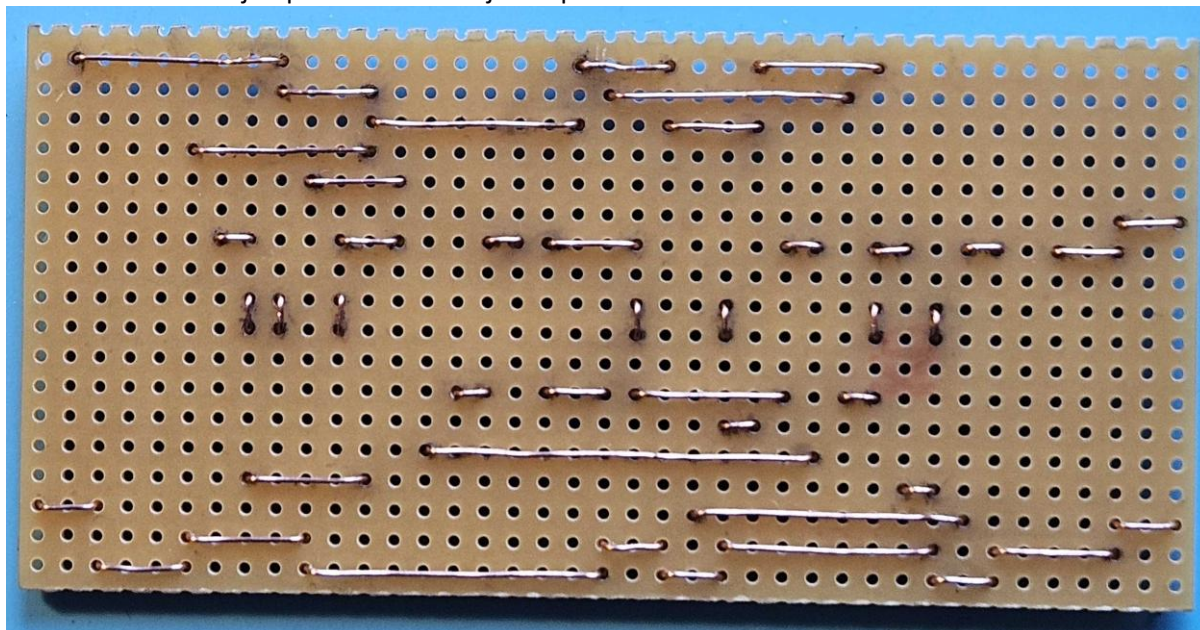
Slika 1.5. Premosnice moraju biti od gole bakrene žice koju ste dobili. Na pločici ih potežete sa strane gdje nema bakrenih traka. Lemite ih sa suprotne strane pločice, na bakrene trake.

Sveukupno ima 44 prenosnice.

Radi lakšeg i bržeg snalaženja brojevima su označene koordinate rupica (RED, STUPAC).

Budite precizni! Triput provjeravajte gdje valja položiti prenosnicu! Suvislo je istaknuti da će bilo koja prenosnica zalemljena u pogrešnoj rupi dati katastrofalan završni rezultat praktičnog rada. **Budite brižljivi i precizni!**

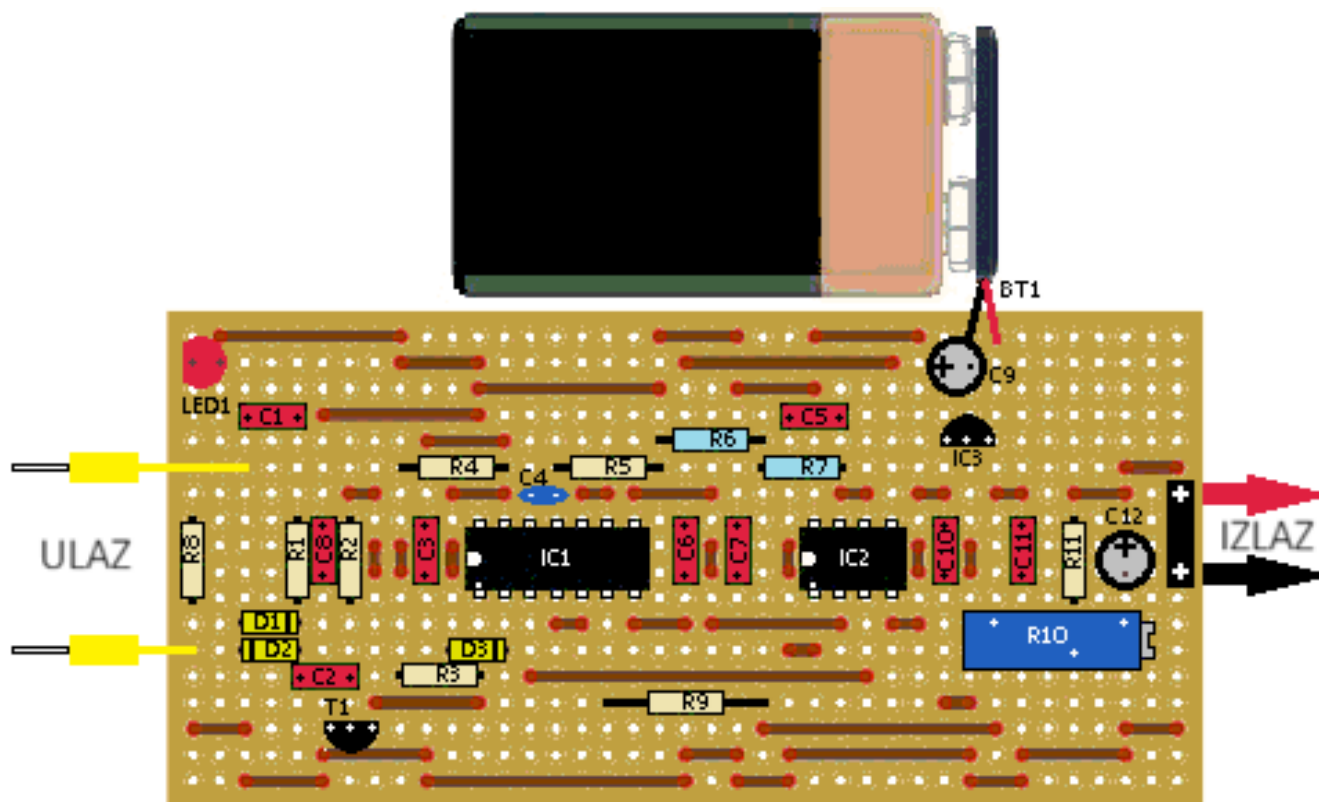
Na Slici 1.6. možete vidjeti pločicu sa zalemljenim prenosnicima.



Slika 1.6. Neka i vaša pločica izgleda ovako!

Lemljenje elektroničkih elemenata

Prema montažnoj shemi zalemite sve elektroničke elemente. Savjet! Lemljenje započnite od najnižih prema najvišim elementima (redom su to otpornici, diode, podnožja za IC, poliesterski kondenzatori, keramički kondenzator, tranzistor, IC3, polupromjenljivi potencijometar, LED-ica, STRIP-konektor i elektrolitski kondenzatori). Potom zalemite priključak za bateriju i ulazna ticala. Kad završite, u podnožja utaknite IC1 i IC2 (Slika 1.7.).



Slika 1.7. Montažna shema cijelog uređaja.

Popis elemenata

Otpornici:

R1 = 10 000 Ω

R2 = 820 000 Ω

R3 = 10 000 Ω

R4 = 10 000 Ω

R5 = 1000 Ω

R6 = 100 000 Ω , 1 %

R7 = 1000 Ω , 1 %

R8 = 1000 Ω

R9 = 1000 Ω

R10 = 1000 Ω , polupromjenljivi potencijometar, 10 okretaja

R11 = 1000 Ω

Kondenzatori:

C1 = 470 nF

C2 = 470 nF

C3 = 22 nF

C4 = 4,7 nF, keramički

C5 = 4,7 nF

C6 = 10 nF

C7 = 100 nF

C8 = 100 nF

C9 = 10 μ F / 35 V, elektrolitski

C10 = 100 nF

C11 = 100 nF

C12 = 10 μ F / 35 V, elektrolitski

Diode:

D1 = 1N4148

D2 = 1N4148

D3 = 1N4148

LED1 = crvena, $\varnothing$ 5 mm

Tranzistor:

T1 = BC337

Integrirani sklopovi:

IC1 = CD74HC14 + podnožje DIL 14

IC2 = NE555 + podnožje DIL 8

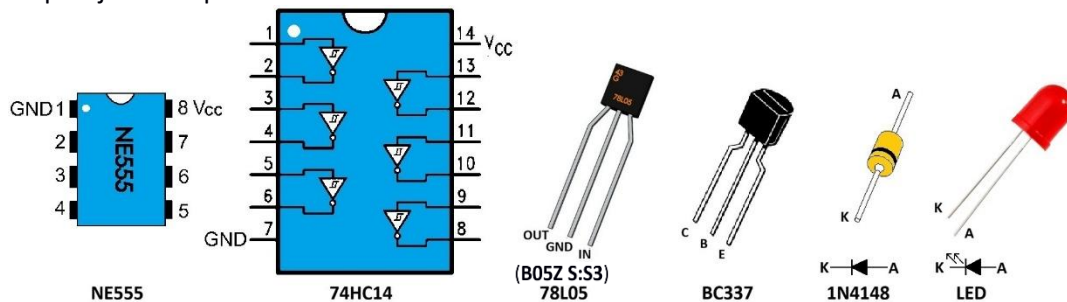
IC3 = 78L05 (B05Z S:S3)

STRIP-konektor

Priključak za bateriju 9 V

Ticala = 2 komada iste boje (pritom, boja nije bitna).

Na Slici 1.8. provjerite raspored nožica nekih elemenata.



Slika 1.8. Raspored nožica poluvodičkih elemenata.

Kad završite s lemljenjem, sve točke lemljenja provjerite lupom u potrazi za možebitnim spojevima ukratko. Ako takva mjesta pronađete, onda ih odlemite uz primjenu vakuumske pumpe te ponovno zalemite.

Provjera funkcionalnosti

Na "IZLAZ" (STRIP-konektor), krokodil-štikaljkama spojite ticala univerzalnog mjernog instrumenta koji ste prethodno ugodili za mjerenje napona do 2000 mV.

Priključite bateriju 9 V.

Ako je sve kako valja, LED1 zasvijetli, a na mjernom instrumentu čitate "000" mV.

Odvojite bateriju.

Baždarenje

Pozovite povjerenstvo da vam omogući baždarenje.

Pristupit ćete preciznom instrumentu koji na svom izlazu daje točno 100 Hz kod napona 6 V.

Ulazna ticala vašeg uređaja spojite na izlazna ticala preciznog instrumenta.

Priključite bateriju.

Precizni instrument priključite na gradsku mrežu 230 V. Na displeju mjernog instrumenta pojavit će se neki slučajni brojevi.

Malim plosnatim odvijačem ugađajte klizač polupromjenljivog potencijometra R10 (ulijevo/udesno) sve dok na vašem mjernom instrumentu ne čitate 101 mV. Klizač lagano zakrenite u suprotnom smjeru. Čim se pojavi 100 mV, ostavite u tom položaju. Vaš je uređaj baždaren!

Opis možebitnih poboljšanja

Ako imate bilo kakve zamisli u vezi s poboljšanjem ili nadogradnjom izrađenog uređaja iz ovog zadatka 1., opišite ih u prostoru ovdje dolje.

Opis možebitnih poboljšanja. Što ih je više, to je bolje.

Ovime je zadatak 1. završen. Pozovite povjerenstvo da vam uručiti zadatak 2.

Nekoliko savjeta:

- Nemojte brzati, imate dovoljno vremena.
- Sitničavost i točnost pridonijet će izgledu i funkcionalnosti uređaja.
- Pazite na redoslijed radnih operacija.
- Vodite brigu o rasporedu pribora, alata, materijala i uputa na radnom mjestu.
- Primijenite mjere zaštite na radu, pogotovo kad radite skalpelom i vrućim lemilom. Također, vrlo je važno da ne činite spojeve ukratko.
- Pripazite kako okrećete elemente koji su polarizirani, elektrolitske kondenzatore, tranzistor, diode, LED-icu i integrirane sklopove.
- **Ako neki element izgubite, pozovite ocjenjivačko povjerenstvo da vam uruči novi, no imajte na umu da se u konačnici za svaki dodatni element daje jedan negativni bod.**
- Tijekom rada napravite i pokoju fotografiju (ili video) kako biste kasnije imali dovoljno materijala za izradu prezentacije.

Zaporka:	Datum:	Ostvareno bodova:
		/20

Napomena! Državno će povjerenstvo uzeti ovu stranicu 7. kako bi detaljno proučilo što ste napisali kod opisa možebitnih poboljšanja!