



**8. RAZRED**  
**ELEKTRONIKA – RJEŠAVANJE PRAKTIČNOG ZADATKA**  
**ŽUPANIJSKA RAZINA**  
**ŠKOLSKA GODINA 2024./2025.**  
**NAZIV TEME: METRONOM**

**OPIS:**

Na školskoj ste razini natjecanja upoznali oscilatorni sklop koji je palio i gasio svjetleću diodu. Ovdje ćete upoznati oscilatorni sklop koji proizvodi zvuk, a koristit ćete se njime kao metronomom.

**ZADATAK**

Na eksperimentalnoj pločici na ubadanje sastaviti sklop metronoma te ispitati njegove mogućnosti.

**Što je metronom?**

*Wikipedia* kaže: **Metronom** je sprava koja pokazuje brzinu izvođenja nekoga glazbenog djela. Metronom otkucava zvučnim signalom broj njihaja u minuti (40 do 200) i označava pravilan ritam protoka takozvanog objektivnoga vremena. Mehanički metronom prikazan je na slici 1.

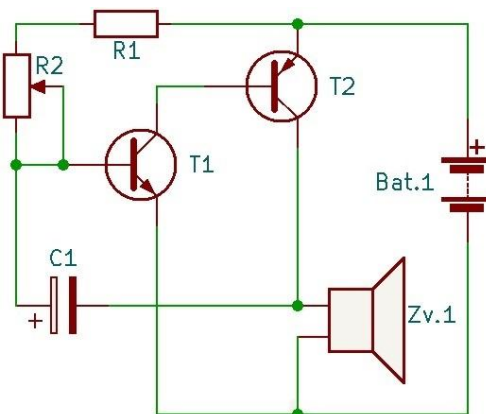


Slika 1. Mehanički metronom

([https://hr.wikipedia.org/wiki/Datoteka:Metronome\\_Nikko.jpg](https://hr.wikipedia.org/wiki/Datoteka:Metronome_Nikko.jpg))

**Elektronički metronom**

Na slici 2 prikazana je elektronička shema metronoma na kojoj je vidljivo kako se radi o vrlo jednostavnom sklopu.



Slika 2. Elektronička shema metronoma s tranzistorima

**Popis dijelova:**

R1 = 68 k $\Omega$ , otpornik

R2 = 250 k $\Omega$  polupromjenljivi potenciometar

C1 = 22  $\mu$ F / 35 V, elektrolitski kondenzator

T1 = BC548, NPN tranzistor

T2 = BC558, PNP tranzistor

Zv. 1 = 8  $\Omega$  / 0,2 W, zvučnik

Bat. 1 = 9 V, baterija

**Kako sklop radi?**

Spajanjem baterije zatvara se strujni krug preko otpornika R1, polupromjenljivog potencijometra R2, kondenzatora C1 i zvučnika Zv. 1. Kondenzator C1 postupno se nabija („puni“). Tranzistor T1 je zakočen, a time i tranzistor T2, pa se iz zvučnika ne čuje ton. U trenutku kad se kondenzator nabije, prestane teći struja kroz taj dio strujnog kruga, ali u tom je trenutku postignut prag tranzistora T1 koji se tako otkoči pa preko njegove baze krene naglo izbijanje („pražnjenje“) kondenzatora C1. Zbog toga se otkoči i T2 pa se iz zvučnika čuje karakterističan zvuk. Taj zvuk traje kratko, iz zvučnika se čuje samo jedan „TOK“, jer se nabijeni C1 vrlo brzo isprazni preko baze T1. Naime, vrlo se brzo dosegne najniži prag provodnosti tog tranzistora pa se on nanovo zakoči. Kad se T1 zakoči, zakoči se i T2 te sve započinje ispočetka.

Brzina nabijanja kondenzatora C1 ovisi o trenutno ugođenom otporu na polupromjenljivom potencijometru R2. Što je otpor veći, dulje će trajati nabijanje kondenzatora i obrnuto, što je otpor manji, kondenzator će se brže nabiti. Drugim riječima, ugađanjem potencijometra moguće je ugoditi broj otkucaja u minuti ovog elektroničkog metronoma.

### Proračun

Za određivanje vremena jednog otkucaja (jednog nabijanja i jednog brzog izbijanja kondenzatora) trebate ovu formulu:

$$t = 0,2 \times R \times C$$

Vrijeme  $t$  dobiva se u sekundama (s) ako je otpor  $R$  izražen u omima ( $\Omega$ ), a kapacitet  $C$  u faradima (F).

Kada izračunate vrijeme jednog otkucaja, lako ćete izračunati broj otkucaja u minuti.

Primjerice, koliki se broj otkucaja u minuti dobiva kad je potencijometar R2 ugođen na najniži otpor?

Ovdje valja skrenuti pozornost da treba uzeti u obzir i otpornik R1 koji je u serijskom spoju s R2.

$$R1 = 68 \text{ k}\Omega = 68\,000 \Omega$$

$$R2 = 0 \text{ k}\Omega - 250 \text{ k}\Omega = 0 \Omega - 250\,000 \Omega$$

$$C1 = 22 \mu\text{F}$$

$$t = ?$$

$$\text{otkucaja/minuti} = ?$$

$$R = R1 + R2$$

$$R = 68\,000 + 0 = 68\,000 \Omega \text{ (napomena, kad je R2 ugođen na najmanji otpor, onda je njegov otpor } 0 \Omega)$$

$$C = C1 = 22 \mu\text{F} = 0,000\,022 \text{ F}$$

$$t = 0,2 \times R \times C$$

$$t = 0,2 \times 68\,000 \times 0,000\,022$$

$$t = 0,299 \text{ s}$$

$$1 \text{ minuta} = 60 \text{ sekundi}$$

$$\text{otkucaja/minuti} = 60 / t$$

$$\text{otkucaja/minuti} = 60 / 0,299$$

$$\text{otkucaja/minuti} = 200,66$$

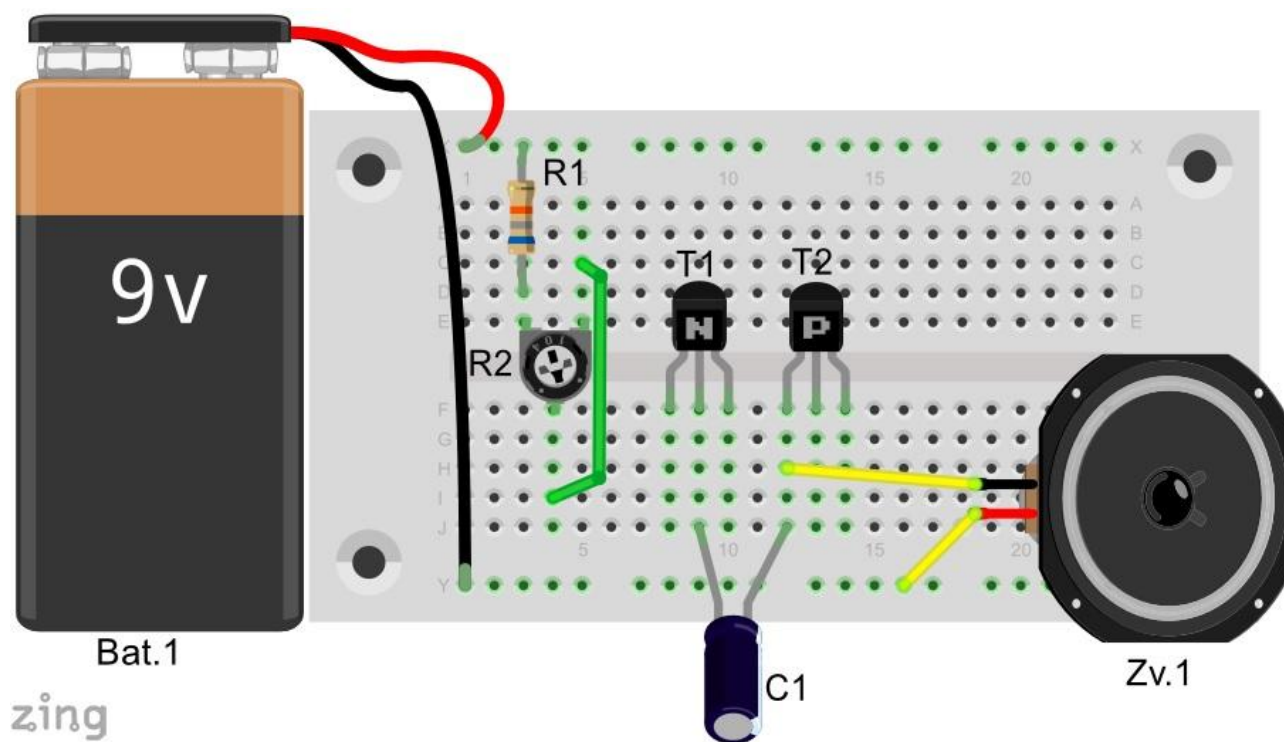
Zaključak: najveći broj otkucaja u minuti koji je moguće dobiti ovim metronomom nešto je malo veći od 200.

Vi ste na redu! U predviđenom prostoru tablice 1 na 4. stranici ovih uputa izračunajte koliki se broj otkucaja u minuti dobiva kad je potencijometar R2 ugođen na najviši otpor?

**Kad završite s proračunom, nastavite dalje od ovog mjesta!**

### Crtanje montažne sheme

Prema elektroničkoj shemi sa slike 2, drvenim bojicama koje ste ponijeli nadopunite montažnu shemu slike 3. Drugim riječima, nacrtajte prenosnice u raznim bojama kako bi sklop bio funkcionalan.



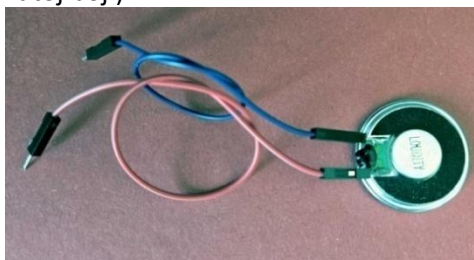
Slika 3. Montažnu shemu valja nadopuniti s četiri prenosnice koje nedostaju.

Pri odabiru boja prenosnica držite se sljedećih uputa:

- crvene prenosnice idu s plusa napajanja
- crne ili plave prenosnice idu s minusa napajanja
- bilo koje druge boje prenosnica (osim crvene, crne i plave) služe za međusobno povezivanje raznih elemenata.

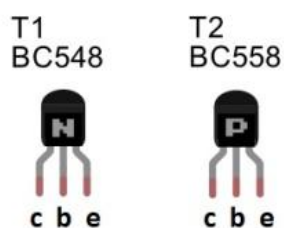
### Praktični rad

Najprije na izvode zvučnika zalemite dvije izolirane krute bakrene žice, svaka duljine minimum 50 mm (slika 4) (na slici 3. te su žice nacrtane u žutoj boji).



Slika 4. Umjesto krutih žica, na izvode zvučnika možete zalemiti dvije prenosnice bilo koje boje tipa Arduino.

Prema montažnoj shemi sastavite sklop metronoma. Pripazite kako spajate tranzistore jer ti su elementi polarizirani (slika 4).



Slika 4. Raspored izvoda korištenih tranzistora

Kad završite, spojite bateriju. Ako je sve kako valja, iz zvučnika se neprekidno čuje „TOK, TOK, TOK,...“.

Uzmite odvijač koji ste ponijeli te ugodite polupromjenljivi potencijometar R2 tako da se dobije najveći broj otkucaja u minuti. Sada lagano vrtite odvijač tako da se brzina otkucaja u minuti smanjuje.

Ako je sve kako valja, nastavite sa zadatkom, odnosno počnite s mjerenjem.

### Prostor za računanje

**Zadatak:** izračunajte koliki se broj otkucaja u minuti dobiva kad je polupromjenljivi potencijometar R2 ugođen na najviši otpor?

Prostor za računanje

Tablica 1. Napišite zadane vrijednosti, napišite formule, uvrstite vrijednosti i izračunajte vrijeme, a potom izračunajte otkucaje u minuti.

Nakon završetka proračuna vratite se do 2. stranice te od tog mjesta nastavite s radom!

### Mjerenje

R2 ugodite na najmanji broj otkucaja u minuti i tu ga pustite. Pokrenite zapornu uru koju ste ponijeli te počnite brojiti otkucaje dok ne prođe točno jedna minuta. Koliko ste otkucaja izbrojili? Rezultat upišite u tablicu 2.

otkucaja/minuti

Tablica 2. Upišite vrijednost dobivenu brojenjem.

Napomena! Zbog tolerancije korištenih elemenata i zbog ručnog načina mjerenja dobiveni broj neće biti precizan. Radi toga priznaje se tolerancija od -10 % do +10 %.

### Eksperiment

Umjesto elektrolitskog kondenzatora C1 = 22  $\mu$ F spojite elektrolitski kondenzator C1 = 100  $\mu$ F.

Spojite bateriju i provjerite što se događa. Uspijevate li sada dobiti 200 otkucaja u minuti?

Odgovor upišite u tablicu 3.

DA	NE

Tablica 3. Zaokružite odgovor koji smatrate točnim.

Vratite elektrolitski kondenzator C1 = 22  $\mu$ F. Odvojite bateriju! Zadatak je gotov.

Ako imate bilo kakvu zamisao za poboljšanje ovog sklopa, upišite je ovdje dolje.

Opis možebitnog poboljšanja:

Kad završite, pozovite ocjenjivačko povjerenstvo koje će vrednovati vaš rad!

**NAPOMENA!** Povjerenstvo će uzeti ovu zadnju stranicu kako bi kasnije provjerilo što ste zapisali kao možebitno poboljšanje i jeste li ispravno popunili prostor za računanje.

Na posebnom papiru napišite natuknice o onom što smatrate važnim za prezentiranje. Prezentaciju možete izvesti usmeno ili uz pomoć računala (računalo nije uvjet i ne boduje se posebno). SRETNO!

### Nekoliko savjeta

Nemojte bržati, imate dovoljno vremena. Pazite kako okrećete tranzistore i elektrolitski kondenzator jer ti su elementi polarizirani. Kad sve završite, isključite bateriju. Elementima nemojte kratiti nožice. Sitničavost i točnost spajanja pridonijeti će izgledu i funkcionalnosti sklopa. Pazite na redoslijed radnih operacija. Vodite

brigu o urednom rasporedu pribora, alata, materijala i uputa na radnom mjestu. Primijenite mjere zaštite pri radu. Pripazite kad radite s vrućim lemilom! Također, vrlo je važno da ne činite spojeve ukratko.

<b>Zaporka:</b>	<b>Datum:</b>	<b>Maksimalan broj bodova:</b>
		<b>50</b>