

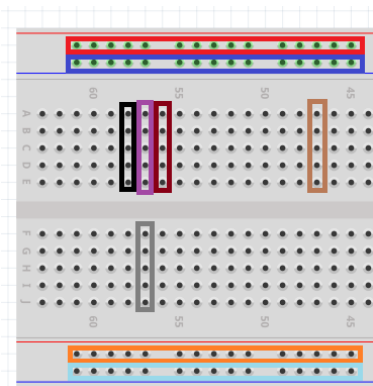
Igranje z NE555

December 2016

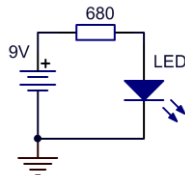
Dušan Ponikvar
Fakulteta za matematiko in fiziko
Jadranska 19, Ljubljana

V tokratni delavnici se bomo preskusili v testiranju elektronskih vezij na poskusnih ploščah. Pogosto pride do tega, da za izvedbo poskusa rabimo enostavno elektroniko, ki jo sestavlja nekaj komponent. Kako narediti, da bodo komponente stale skupaj po naših željah? Lotanje je gotovo najboljša rešitev, a zahteva podlago (tiskano vezje). Tega ne želimo delati takrat, ko gre samo za preskušanje majhnih skupkov elektronskih elementov. Kako potem?

Začasna rešitev, ki pa je dovolj dobra za igranje z elektroniko, je prototipna plošča (po internetu se je udomačilo ime »breadboard«). To je plošča z mnogo luknjami za nožice komponent, pod luknjami pa so skrite kovinske vzmeti, ki so med sabo električno povezane. Vezja gradimo tako, da nožice elementov vtikamo v luknje, ki so med sabo povezane. Na sliki 1 je fotografija take plošče, vanjo so označene nekatere skupine luknje, ki so med sabo v notranjosti plošče električno povezane. Če smo torej vtaknili komponente v ploščo tako, kot je videti na desni strani slike 2, smo sestavili vezje z leve strani iste slike.



Slika 1: »Breadboard«



Slika 2: Shema vezja in izvedba

Luknje in vzmeti v njih so prirejene za nožice integriranih vezij in normalno debele žice (te so premera od 0.5mm do 0.8mm). Tanjše žice ne stojijo dobro in rade zgubijo električni kontakt, debelejšje žice poškodujejo vzmeti tako, da potem ne moremo več uporabljati normalno debelih žic. Vezja torej gradimo z vtikanjem komponent, če se kaj ne izide pa lahko dodatne povezave naredimo z običajno izolirano žico, ki ji ogolimo konce v dolžini nekaj milimetrov. Da se kupiti že narejene žice, a je pogosto bolj praktično odščipniti od koluta žice takšen košček, kot ga takrat potrebujemo.

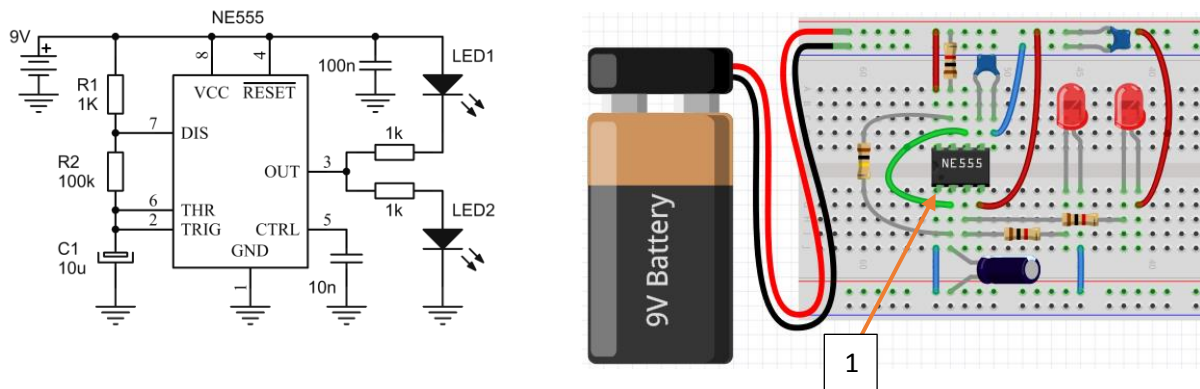
Luknje na zgornjem in spodnjem robu prototipne plošče, ki so med sabo povezane vodoravno, običajno rezerviramo za napajalne napetosti in ozemljitev; te bomo verjetno potrebovali na več mestih vezja, zato je lukenj več in so bliže potrebnemu mestu. Ostale luknje so namenjene sestavljanju vezja, te so po skupinah po 5 lukenj povezane vertikalno.

Trajnejša rešitev za sestavljanje vezij so univerzalne perforirane plošče tiskanega vezja (po internetu se je udomačilo ime »veroboard« ali »stripboard«), kamor komponente spajkamo, nepotrebne povezave pa prekinemo / odrežemo. Če je treba narediti eno samo enostavno vezje, ki bo dolgo zdržalo, je to prava pot, ki pa vzame precej časa za sestavljanje.

Najbolj trajna rešitev je izdelava pravega tiskanega vezja. Taka pot vzame največ časa, a sploh ni komplicirana. Na razpolago je precej kvalitetne programske opreme za načrtovanje

vezij (primer je »KiCad«), kjer na računalniku narišemo shemo vezja, simbolom elementov iz sheme priredimo tloris fizičnih elementov, nato pa na zaslonu računalnika te elemente razporedimo in povežemo. Sledi izdelava tiskanega vezja, pri kateri je sliko najprej treba prenesti na neobdelano ploščo z bakrom, nato s plošče izjedkati neželeni baker, zvrtni luknje in prispajkati elemente. Še najtežji korak je prenašanje slike povezav na neobdelano ploščo; za enostranska tiskana vezja gre najlažje tako, da sliko natiskamo z laserskim tiskalnikom na posebno folijo (kitajska pogruntacija, zelo poceni), potem pa z likalnikom prenesemo odtisnjeni toner tiskalnika na baker. Tako opremljena plošča gre potem v jedkanje.

Dovolj uvoda, sestavimo nekaj enostavnih vezij na prototipni plošči! Ker se bližajo prazniki, med katerimi bo na vsakem koraku videti utripajoče lučke, za začetek sestavimo vezje z utripajočimi lučkami. Lučke bodo v našem primeru sveteče diode (LED), utripanje pa bo povzročalo integrirano vezje po imenu NE555. To vezje ima doooooolgo zgodovino, prvi kosi so bili poslani na tržišče leta 1971. Shema vezja, v katerem utripa dioda LED, je na levi strani slike 3, na desni strani iste slike pa je predlog za sestavljanje na »breadboardu«.



Slika 3: Utripač za dve diodi LED

Vezje zahteva vir energije, uporabimo lahko baterijo za 9 Voltov. Njena priključka moramo povezati z nožicama 8 in 1 integriranega vezja z oznako NE555. Najbolje bo, da baterijo priključimo na zgornji dve vrsti lukenj in potem na primernem mestu z ravno prav dolgima žicama spojimo pola napajanja s priključkoma integriranega vezja. Praksa priporoča vstavljanje kondenzatorja z vrednostjo 100nF ali več čim bližje med nožici za napajalno napetost pri vsakem integriranem vezju; s tem zmanjšamo morebitne motnje med čipi takrat, ko jih je v istem vezju več. Pozitivni pol napajanja moramo priključiti še na nožico 1 čipa NE555 zato, da ta ni »resetiran«, da torej deluje. Zadnji kondenzator je povezan med nožico številka 5 in negativni pol napajanja in služi glajenju ene od notranjih napetosti v čipu. Te povezave je treba narediti za vsako vezje s čipom NE555, zato jih naredimo najprej in pristale bodo v najnižji plasti žic sestavljenega vezja.

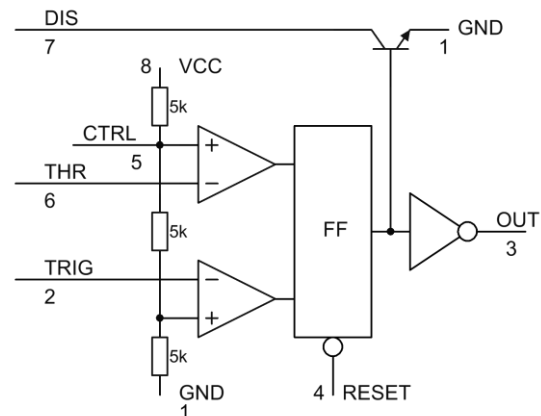
Nadaljujemo s tremi elementi, ki so na shemi narisani levo od čipa NE555, to sta upornika R1 in R2 ter kondenzator C1. Kondenzator C1 je elektrolitski, zato je pomembno, da njegov negativni priključek povežemo na negativni pol napajanja. Za konec priključimo še eno od diod LED in pripadajoči upornik. Ko priključimo baterijo, dioda LED utripa.

Poskusimo ugotoviti, kako je frekvenca utripanja povezana z vrednostmi elementov levo od čipa. Namig: potreben bo osciloskop in nekaj malega računanja. Neučakani lahko na internetu poiščejo stran »<http://www.555-timer-circuits.com/calculator.html>«...

Poskusimo ugotoviti velikost toka, ki teče skozi diodo LED. Namig: spet bo potreben osciloskop in malo računanja. Kako izberemo elemente takrat, ko želimo tok skozi diodo 5mA?

Z enim čipom NE555 lahko poganjamo dve diodi LED tako, da svetita izmenoma. V vezje vstavi še drugo diodo LED in pojasni, zakaj sveti enkrat zgornja in enkrat spodnja. Zakaj sta potrebna dva upornika?

V notranjosti čipa NE555 je nekaj malega elektronike, ki jo najlaže razumemo takrat, ko je narisana v obliki bločnega diagrama, slika 4. Dva komparatorja primerjata napetosti na pinih THR in TRIG z referenčnima vrednostnima, ki znašata $1/3$ oziroma $2/3$ napajalne napetosti VCC. Ko napetost zaide ven iz območja med $1/3$ in $2/3$ napajalne napetosti, ustrezeni komparator prekucne bistabilno vezje FF v nasprotno stanje.

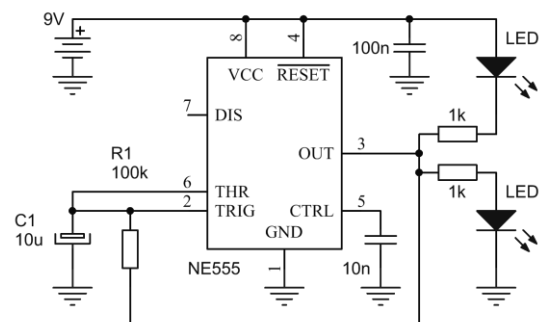


Slika 4: Bločni diagram vezja NE555

V našem vezju sta pina THR in TRIG vezana skupaj na kondenzator. Kondenzator C_1 se polni preko upornikov R_1 in R_2 dokler napetost na njem ne zraste na $2/3$ napajalne napetosti. Takrat zgornji komparator prekucne bistabilno vezje, ki sklene stikalo DIS in kondenzator C_1 se začne prazniti skozi upornik R_2 , napetost na njem pa pada. Ko napetost pade na $1/3$ napajalne napetosti, spodnji komparator ponovno prekucne bistabilno vezje FF v prvotno stanje in tako prekine praznenje kondenzatorja C_1 . Ta se zdaj spet polni, dokler napetost na njem ne doseže ... Iz tega se da izračunati frekvenco nihanja f kot:

$$f = \frac{1}{\ln(2) \cdot C_1 \cdot (R_1 + 2 \cdot R_2)}$$

Enak efekt lahko dosežemo tudi tako, da kondenzatorja ne praznimo skozi stikalo DIS, ampak tako za polnenje kot praznenje uporabimo kar upornik od izhodnega priključka OUT čipa NE555 proti kondenzatorju. Shema vezja je na sliki 6. Frekvenca je malo drugačna in je deloma odvisna od bremena, ki ga priključimo na izhod vezja; z osciloskopom se lahko prepričaš o odvisnosti.



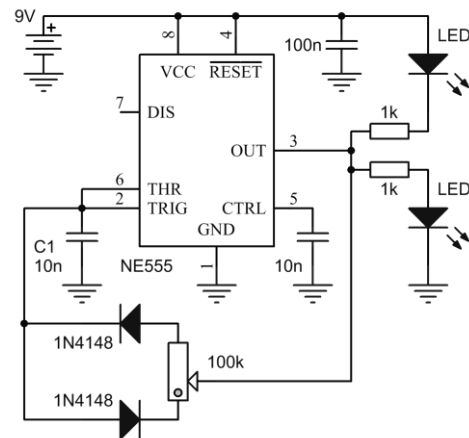
Slika 5: Tudi tako se da priti do utripanja

Opisani vezji zmoreta krmiliti diodi LED le na polno: sveti / ne sveti. Včasih želimo kaj več; Svetlobo, ki prihaja z diode LED bi radi zvezno nastavljali. To lahko naredimo z vezjem s slike 6. Potrebujemo še nastavni potenciometer (v žargonu: trimer) z upornostjo 100k in dve diodi,

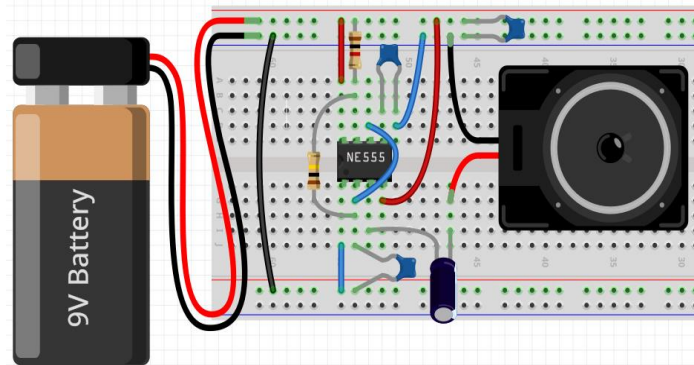
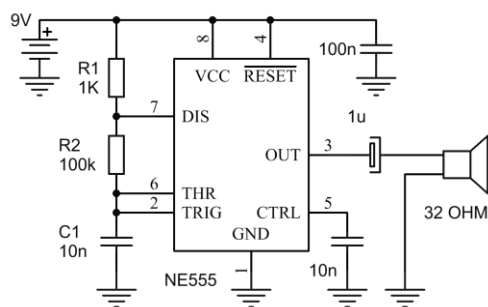
vse skupaj uporabimo namesto prejšnjega upornika R_1 . Spremeniti je treba še kapacitivnost kondenzatorja C_1 , ta zdaj znaša 10 nF.

Pojasni delovanje vezja! Ali bi se dalo na tak način spreminjati število obratov enosmernega motorja? Kaj še potrebujemo?

K novoletnim izkušnjam spada tudi piskanje vseh vrst, ki se redno oglašajo s smrekic. S čipom NE555 lahko naredimo tudi piskač, le primerne vrednosti elementov potrebujemo in pa seveda zvočnik. Vzemimo zvočnik z upornostjo 32 ohmov (če tega ni, poskusimo z 8 ohmi; manj glasno bo) in premera nekaj centimetrov. Večjih / močnejših zvočnikov čip NE555 ne zmore poganjati. Shema vezja je na sliki 7. Frekvenco oglašanja spet določajo elementi na levi strani čipa NE555 po isti formuli, kot je bila navedena prej. Zdi se smiselno, da obdržimo vrednosti upornikov



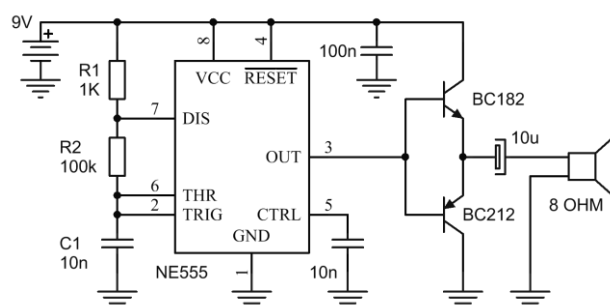
Slika 6: Zvezno nastavljanje svetlosti



Slika 7: Shema piskača in predloga za sestavljanje

nad 1k, sicer so tokovi v vezju potratno veliki, zato tokrat uporabimo manjši kondenzator. Ker izhodna napetost čipa NE555 skače med približno nič in devet volti, moramo zvočnik priključiti preko kondenzatorja, ki prepreči pregrevanje in/ali uničenje čipa. Primerna vrednost je tega kondenzatorja je 1 μF do 10 μF . Ker bomo uporabili elektrolitski kondenzator, je treba paziti na polariteto; pozitivni priključek kondenzatorja je na bolj pozitivnem potencialu vezja, to je na izhodu čipa NE555. Ker frekvenco med drugim uravnava vrednost upornika $R=100\text{k}$, lahko v vezje vstavimo na mesto tega upornika več različnih upornikov, ki jih izberemo tako, da posamezni povezani upornik povzroči enega od tonov lestvice. Potem potrebujemo le nekaj tipk in pred sabo imamo »klaviaturo«...

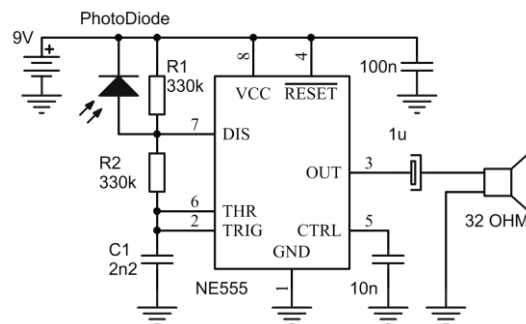
Za večjo glasnost potrebujemo večji zvočnik in več toka skozenj. Čip NE555 daje največ nekaj mA toka, za več pa moramo dodati ojačevalnik. Na sliki 8 je shema dovolj dobrega vezja. Dva



Slika 8: Bolj glasno...

tranzistorja pojačata tok na 100x vrednost, kondenzator pa je še vedno potreben zato, da skozi zvočnik ne teče stalen tok; njegova kapaciteta bi bila lahko tudi večja.

Veže s slike 7 lahko modificiramo tako, da je frekvenca zvoka odvisna od fizikalne veličine. Vse, kar moramo narediti je to, da enega od elementov, ki definirajo frekvenco, zamenjamo s sensorjem za željeno fizikalno veličino. Na sliki 9 je zgled za detekcijo svetlobe. Kondenzator C_1 se polni skozi upornik med nožico DIS in pozitivnim polom napajalne napetosti. Če vzporedno k temu uporniku priključimo fotodiodo, bo tok deloma tekkel skozi upornik, deloma pa skozi fotodiodo. Tok skozi fotodiodo bo večji, če nanjo svetimo, to pa poveča frekvenco generiranega zvoka. Imamo torej piskač, katerega višina piskanja je odvisna od svetlobe. Ker je človekovo uho zelo občutljivo za višino zvoka, je mogoče zaznati že majhne spremembe jakosti svetlobe. O absolutnih vrednostih meritve pa naša ušesa ne vedo veliko; za kvantitativno meritev bo treba uporabiti merilnik frekvence in ga priključiti na nožico 3 čipa NE555, na zvočnik pa lahko takrat pozabimo.



Slika 9: Ton je zdaj odvisen od jakosti svetlobe...

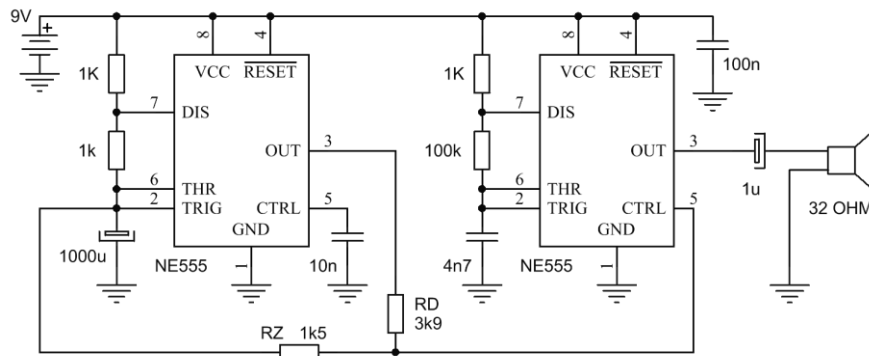
Na enak način bi lahko zaznavali:

- Temperaturo: preko upornika R_1 ali upornika R_2 vežemo NTC upornik (njegova upornost se s temperaturo manjša),
- Premik: namesto kondenzatorja vežemo dve kovinski plošči katerih razdalja nas zanima ali pa med dve prosto stoječi kovinski plošči porivamo material z veliko relativno dielektričnostjo,
- Zasuk: namesto upornika R_1 ali R_2 vežemo potenciometer ali pa namesto kondenzatorja C_1 vežemo dve polkrožni plošči, ena od njiju je vrtljiva tako, da je delež prekrivanja plošč sorazmeren zasuku,
- Vlažnost: preko upornika R_1 ali R_2 vežemo na vlago občutljiv upornik, ki ga naredimo tako, da na pivnik z mehkim svinčnikom pobarvamo večji površini na nasprotnih straneh pivnika in ju uporabimo za priključka,
- ...

Frekvenco signala lahko spreminjamo z napetostjo na nožici CTRL čipa NE555. Takrat spreminjamo referenčni vrednosti THR in TRIG, shema takega vezja pa je na sliki 10. Ker v čipu NE555 referenčni vrednosti določa delilnik napetosti, v katerem so uporabljeni trije uporniki po 5 k Ω , moramo na nožico CTRL priključiti napetost z manjšo notranjo upornostjo, to dobimo iz potenciometra R_p z upornostjo 1k Ω .

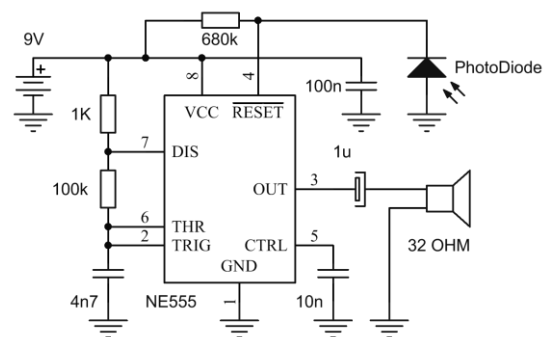
Če se vrnemo k generiranju zvoka, je novoletno-vabljava možnost, ki jo ponuja opisani način spreminjanja frekvence. Na sliki 11 sta dve verziji vezja, ki se oglašata podobno policijski sireni. Način spreminjanja frekvence se da izbirati: če v vezje vstavimo upornik R_D frekvenca skače med dvema diskretnima vrednostima, če vstavimo upornik R_Z pa se frekvenca zvezno

spreminja od najnižje do najvišje in nazaj. Malo igranja z vrednostmi elementov bo dalo efekt, ki je najbolj podoben pravi sireni.



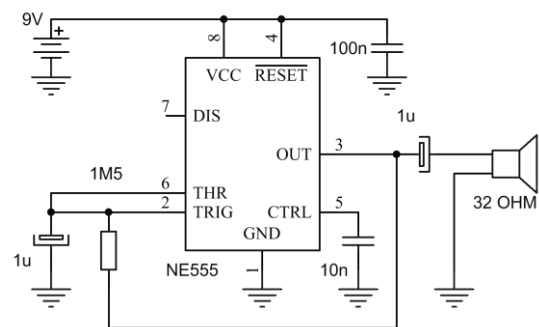
Slika 11: Sirena na dva načina

Še ene nožice čipa NE555 nismo uporabili: RESET. Če na to nožico priključimo napetost pod 1V, se nihanje ustavi. To lahko izkoristimo na primer za izdelavo vezja za alarm, shema vezja je na sliki 12. Če na fotodiodo svetimo, ta prevaja električni tok. Zato napetost na nožici 4 pade pod 1V in vezje ne niha. Ko svetlobni curek na fotodiodo prekinemo (na primer z roko med virom svetlobe in fotodiodo), se napetost na nožici RESET dvigne nad 1V in vezje začne piskati.



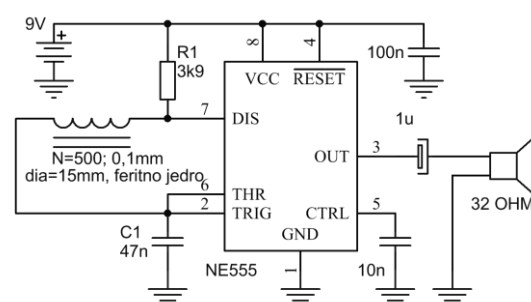
Slika 12: Tole vezje nas bo zbudilo takrat, ko postane temno

Obratno funkcijo dosežemo, če zamenjamo mesti fotodiode in pripadajočega upornika (ter prilagodimo njegovo vrednost, ki definira občutljivost); tokrat vezje piska takrat, ko na fotodiodo svetimo. Tako vezje nas lahko, za primer, zbudi ob zori.



Slika 13: Metronom

Na frekvenco nihanja oscilatorja NE555 se da vplivati tudi s spreminjanjem induktivnosti. Tuljavo vstavimo zaporedno z upornikom R_2 (v zgledu na desni je vrednost upornika $R_2 = 0$) v vezju. Na sliki 14 je shema oscilatorja, ki oddaja zvok pri nekaj kHz; ton se spremeni, če v bližino tuljave postavimo ploščo prevodnega materiala (aluminija) ali kos feromagnetnega materiala (železo). Treba je le izbrati primerne vrednosti



Slika 14: Detektor kovine

upornikov in kondenzatorja tako, je da frekvenca nihanja slišna. Tuljava je navita na plastičnem jedru s premerom 15mm, ima 500 ovojev žice premera 0,1mm in je vtaknjena v feritni lonček primernih dimenzij.

Možnosti za igranje s čipom NE555 smo komaj načeli, Za vse, ki želijo nadaljevati in se pri tem tudi kaj naučiti in animirati učence ali dijake za elektroniko priporočam:

- https://en.wikipedia.org/wiki/555_timer_IC
- <http://www.555-timer-circuits.com/>
- <http://www.talkingelectronics.com/projects/50%20-%20555%20Circuits/50%20-%20555%20Circuits.html>
- <http://www.electroschematics.com/555-circuits/>

Pa kaj bom govoril: poskusite »Google« in »555« in se bodo strani vsule.

Lista porabnega materiala:

NE555 v DIP8 ohišju: 0,45€ na kos, kupljeno pri IC

Breadboard:

- na primer: <http://si.farnell.com/twin-industries/tw-e40-1020/breadboard-solderless-830-tie/dp/2213346> 8,75€ + DDV ;
- kitajski so bistveno cenejši, a se ni kam pritožiti če zadeva ni kvalitetna: <http://www.ebay.de/itm/MB102-830-Steckbrett-Breadboard-65-Drahtbrucken-3-3V-5V-Netzteil-Adapter-New-/272452763095?hash=item3f6f733dd7:g:Bz8AAOSwA3dYLWCj> , cena 3€

Set upornikov:

- na primer: <http://www.ebay.de/itm/600Pcs-30-Values-1-4W-Metal-Film-Resistors-Resistance-Assortment-Kit-Set-1-/172349711392?hash=item2820d7e420:g:xwoAAOSwFdtX15~3> , 30 vrednosti, po 20 kosov vsake, cena < 3€
- na splošno: Ebay.de, išči »resistor set«

Set kondenzatorjev:

- keramični, na primer: <http://www.ebay.de/itm/2pf-0-1UF-300-Stk-Assorted-Through-Hole-Ceramic-Capacitor-Kit-set-30-Values-/161833162728?hash=item25ae0217e8:g:yNIAAOSwsB9V~8Ru> , cena < 2€
- elektrolitski, na primer: <http://www.ebay.de/itm/120Stk-12-Value-Each-10-1UF-470UF-Electrolytic-Capacitor-Assortment-Kit-Set-ER-/112049067512?hash=item1a16a515f8:g:QCwAAOSwOVpXfNFH> , cena < 3€
- na splošno: Ebay.de, išči »capacitor set«

set diod LED:

- mešano, na primer: <http://www.ebay.de/itm/200stk-Set-3mm-5mm-LED-Sortiment-rot-grun-gelb-blau-weis-Leuchtdioden-Superhell->

[/291957260269?hash=item43fa023fed:g:muQAAOSwj85YMwdQ](#) , 200 kosov,
mešano, cena < 3€

zvočniki:

- na primer: <http://www.ebay.de/itm/2-Neu-Lautsprecher-8-0-5W-Kleinlautsprecher-Trompete-40mm-mini-Loudspeaker-/251704401686?hash=item3a9ac05f16:g:v14AAOxyXp5SQILL>, cena < 1€
- mi smo uporabljali tiste, ki so bili kupljeni pri HTE za približno 2,5€