

Eksperiment 15

Emitovanje impulsa

Počecu sa najuspešnijim čipom ikada napravljenim: **555 tajmerom**. Možete pronaći brojne vodiče na mreži, ali postoje tri razloga zašto ga koristim ovde:

Fundamentalan je. Jednostavno morate da znate za ovaj čip. Do nedavno, neki izvori su procenjivali da se godišnje proizvodi više od milijardu. Koristiću ga na ovaj ili onaj način u većini preostalih kola u ovoj knjizi.

Koristan je. 555 je verovatno najsvestraniji čip koji postoji. Njegov relativno snažan izlaz (isporučuje do 200mA) može pokretati značajna opterećenja kao što su releji i mali motori, a sam čip se ne može lako oštetiti.

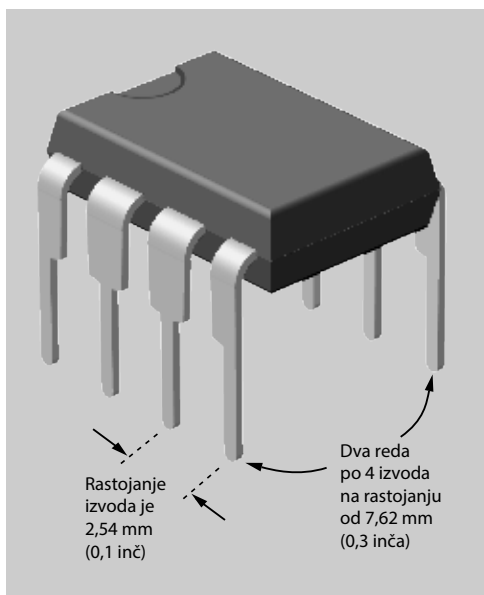
Pogrešno je shvaćen. Pročitao sam bukvalno desetine vodiča, počevši od prvih Signetics specifikacija i probijajući se kroz razne hobi tekstove, otkrio sam da se unutrašnji rad čipa retko objašnjen detaljno. Želim da imate jasnu sliku o tome šta se dešava unutar 555 tajmera, jer će vam to pomoći da kreativno koristite čip.

Trebaće vam:

- Razvojni ploča, žica za spajanje, sekači žice, klešta za skidanje izolacije, multimetar.
- 9VDC napajanje (baterija ili AC adapter).
- Otpornici: 470 oma (1), 10K (3).
- kondenzatori: 0,01 μ F (1), 10 μ F (1).
- Trimer: 500K (1).
- 555 tajmer čip (1).
- SPDT klizni prekidač (1).
- Taktilni prekidač (2).

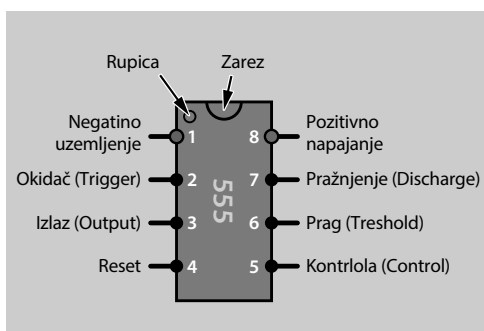
Prepoznajte svoj čip

Koristićete najčešće pakovanje za utačinjanje za tajmer 555: 8-pinsko DIP pakovanje, kao što je prikazano na slici 15-9.



Slika 15-9. 555 tajmer čipovi su dostupni u DIP pakovanju sa 8 izvoda.

Broj komponente je odštampan na vašem 555, kao što je NE555P ili KA555. Dvoslovni prefiks identifikuje proizvođača (Texas Instruments ili On Semiconductor, u ovim primerima), dok slovo na kraju govori više o ovoj konkretnoj verziji proizvoda, kao što je njegov temperaturni opseg.



Slika 15-10. Raspored izvoda 555 tajmera.

Slika 15-10 prikazuje informacije o name-nama izvoda 555 čipa, kada tajmer gledamo odozgo. Ovo se naziva *raspored izvoda* (eng. pinouts) čipa.

U svim čipovima koje ću koristiti, izvodi su numerisani počevši od 1 u gornjem levom uglu (kada se gleda odozgo), a numerisanje se nastavlja u smeru suprotnom od kazaljke na satu. Ali kako znate na koji način da držite čip? Zarez u plastici označava gornji kraj i morate ga usmeriti prema vrhu svoje razvojne ploče. Takođe možete pronaći kružno udubljenje pored izvoda 1, ali neki proizvođači ga izostavljaju.

- Udubljenje u pakovanju svakog čipa za utaćinjanje mora da bude usmeren ka vrhu vaše razvojne ploče.

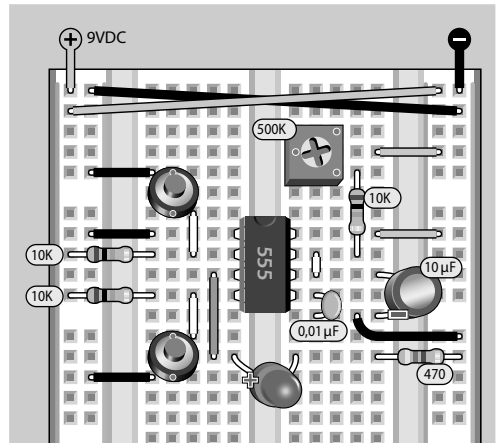
Obično (ali ne uvek) horizontalni razmak između dva vertikalna reda izvoda u DIP čipu je 0,3", što znači da se zarez uredno nalazi iznad kanala na sredini razvojne ploče, a provodnici unutar razvojne ploče omogućavaju pristup svakom izvodu čipa. Upravo **zato** su razvojne ploče tako dizajnirane.

Monostabilan test

Slika 15-11 prikazuje prvo kolo koje želim da napravite, da testirate kako čip radi u *monostabilnom* režimu. U tom režimu, kada se tajmer pokrene promenom napona na jednom od njegovih izvoda, čip stvara jedan impuls na drugom izvodu.

Tajmer se takođe može povezati da funkcioniše u *astabilnom* režimu, emitujući niz impulsa poput astabilnog multivibratora koji ste napravili u Eksperimentu 10, ali s tim ćemo se sresti u Eksperimentu 16.

- U ovom eksperimentu počinjem da koristim dvostruke magistrale vaše razvojne ploče, jer one čine ožičenje mnogo jednostavnijim. Imajući ovo na umu, slika 15-11 uključuje dva duga kratkospojnika na vrhu ploče za prenos pozitivnog i negativnog napajanja duž obe strane. Budite pažljivi kada napajate bilo koji čip koji



Slika 15-11. Testiranje tajmera 555 u monostabilnom režimu.

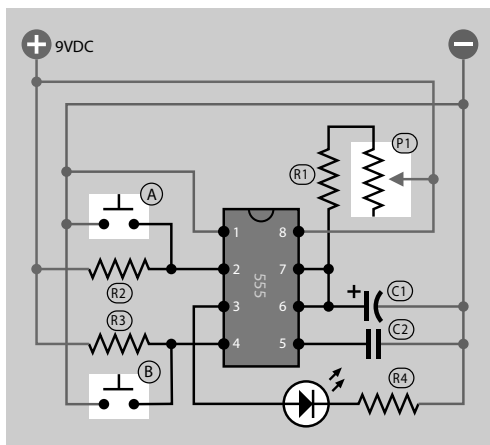
koristite, jer možete prouzrokovati trajno oštećenje ako pogrešite polaritet.

Kada povezujete ovo kolo, pazite da uključite mali kratkospojnik koji je dugačak samo 0,1 inča (između dva susedna priključka), sa desne strane čipa. Pažljivo prebrojite rupe prilikom umetanja komponenti. Priključite napajanje i ako se ništa ne dogodi, tajmer čeka da ga aktivirate.

Okrenite trimer od 500K na sredinu njegovog opsega. Sada pritisnite i otpustite gornji taster i LED bi trebalo da se upali. Ostaje uključen određeno vreme, nakon čega se sam isključuje.

Vratite se na sliku 15-10 i videćete da se izvod 2 tajmera zove Trigger Pin (okidački izvod). Na slici 15-11 možete videti da je povezan sa pozitivnom magistralom na levoj strani ploče, preko 10K otpornika. Možda se sećate, pomenuo sam koncept podizućeg (eng. pullup) otpornika u drugom delu. Pa, evo primera. Njegov zadatak je da održava okidački izvod tajmera na pozitivnom naponu – sve dok se ne pritisne gornji taster, što će izvod direktno povezati sa negativnim uzemljenjem, nadjačavajući otpornik od 10K. Pad napona pokreće tajmer, koji šalje pozitivan impuls na izvodu 3, kroz tamnosivi kratkospojnik, uključujući LED.

- Pozitivan napon na okidačkom izvodu sprečava da se tajmer aktivira.
- Uzemljenje pina okidačkog izvodu povećaje tajmer.
- LED će nastaviti da svetli određeno vreme nakon što pritisnete i otpustite taster.



Slika 15-12. Šematska verzija slike 15-11.

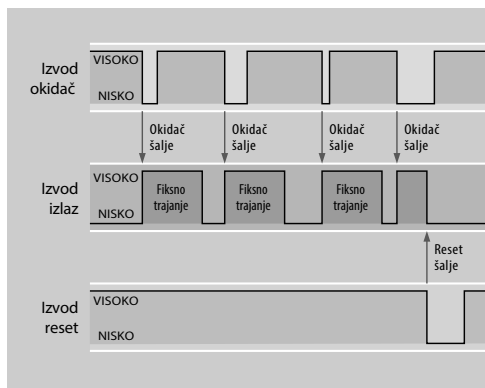
Na slici 15-12 naći ćete isto kolo prikazano kao šema, sa delovima označenim tako da mogu lako da se referišem na njih. Možete podesiti dužinu impulsa u ovom kolu podešavanjem trimera, P1. Takođe možete pokušati da zamenite kondenzator C1 kondenzatorom druge vrednosti, jer – kao što ste možda primetili – C1 akumulira punjenje preko P1 + R1, što možete prepoznati kao RC mrežu.

Evo još nešto da probate. Podesite P1 da daje dug impuls, kratko pritisnite taster A, a zatim držite pritisnut taster B. Ovo poništava izlaz. Ako nastavite da držite taster B i ponovo pritisnete taster A, ništa se neće desiti.

Izvod 4 je izvod za resetovanje. Sve dok se izvod 4 drži blisko naponu napajanja pomoću podižućeg otpornika od 10K, tajmer će reagovati na aktiviranje. Kada uzemljite izvod 4, prisiljavate tajmer da prekine sve što radi, i ništa se više neće dogoditi dok ne oslobodite izvod 4 od negativnog uzemljenja.

Izvod 4 treba držati na naponu da bi tajmer mogao da funkcioniše.

- Dok tajmer radi u monostabilnom režimu, izvod 4 uvek treba da se drži na **visokom** naponu (blizu napona napajanja). Ako nije povezan ni sa čim, on je **plutajući**, (eng. floating) a rezultati rada bi mogu biti nepredvidivi.



Slika 15-13. Uticaj okidačkog i reset izvoda na izlaz.

Slika 15-13 pokazuje kako se tajmer ponaša, u grafičkom obliku. 555 pretvara nesavršeni svet oko sebe u precizan i pouzdan izlaz, i pali se i gasi tako brzo, da je odgovor trenutan.

U svom rezimeu funkcionisanja, koristio sam izraze „blizu napona napajanja” i „blizu negativnog uzemljenja” – ali koliko je blizu „blizu”?

- Tajmer 555 smatra da je na okidačkom izvodu svaki napon iznad dve trećine napajanja „visok” ulaz, dok je svaki napon ispod jedne trećine napajanja nizak ulaz.
- Na izvodu za resetovanje, možda ćete morati da primenite napon ispod jedne trećine napajanja da biste ostvarili resetovanje. Tajmeri različitih proizvođača imaju određnu razliku.

Poslednji test. Otpustite taster B, držite taster A i nastavite da ga držite pritisnutim nakon završetka „uključeno” ciklusa tajmera.

Ovo produžava impuls sa tajmera. Ostaje na visokom naponu sve dok ne pustite taster A. Specifikacija ovo naziva da se tajmer *ponovo okida* (eng. retriggering).

- Održavanje niskog napona na izvodu okidača tajmera će produžiti izlazni impuls na neograničeno vreme.

Kako to funkcioniše? Možete koristiti svoj instrument da istražite ponašanje tajmera. Na slici 15-12, podesite P1 da stvori dug impuls i izmerite napon na pozitivnoj strani C1, kondenzatora $10\mu\text{F}$, u odnosu na negativno uzemljenje. Trebalo bi da vidite kako napon raste – dok ne dostigne oko šest volti, dok naglo ne padne. Gde je nestao napon? Pa, izvod 7 na 555 se zove Discharge Pin (izvod za pražnjenje), koji prazni kondenzator u čip. Uskoro ću objasniti više o unutrašnjem radu čipa.

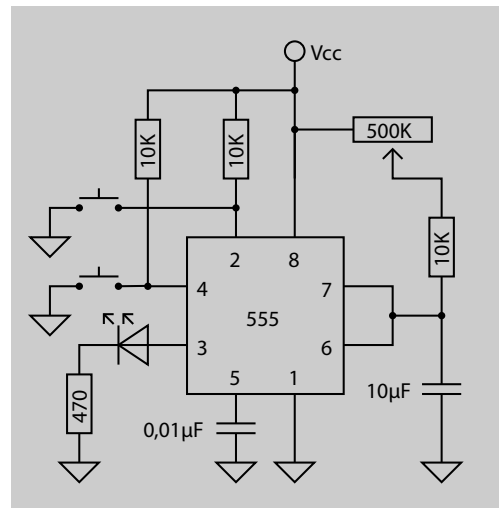
Takođe možete da koristite instrument da izmerite izlaz tajmera na izvodu 3, kada se čip aktivira. Napon raste skoro do 8 volti – ali ne više. Tajmer je pun tranzistora, i oni krađu procenat napona na isti način kao i NPN tranzistori sa kojima ste se ranije bavili.

Konačno, možda se pitate koja je svrha C2, kondenzatora od $0,01\mu\text{F}$ priključenog na izvod 5. Ovo je kontrolni izvod, što znači da ako na njega primenite srednji napon, možete podesiti dužinu izlaznog impulsa iz tajmera. Pošto još ne koristimo ovu funkciju, dobra je praksa da stavite kondenzator od $0,01\mu\text{F}$ na izvod 5 da biste ga zaštilili od fluktuacija napona koje bi mogle da ometaju normalno funkcionisanje. Često ćete videti elektronska kola u kojima nedostaje C2, ali ja ga uvek dodam, za svaki slučaj.

Čuvajte se mešanja izvoda!

U svim šemama u ovoj knjizi, čipovi su prikazani onako kako biste ih videli na razvojnoj ploči, sa njihovim zarezima okrenutim nagore i njihovim izvodima u numeričkom nizu.

Šeme na veb sajtovima ili u knjigama rade stvari drugačije. Izvodi mogu biti izmešani i poredani u drugom rasporedu da bi se izvor napajanja postavio na vrh kola, sa konvencijom da strujom teče uglavnom naniže. Da vam dam primer, kolo na slici 15-14 je po funkciji identično onom na slici 15-12. Na neki način vam može dati brže razumevanje o čemu se radi na šemi, ali ako ste naišli na ovu šemu i želite da napravite kolo na razvojnoj ploči, možda ćete morati da napravite međuskicu da biste shvatili kako da organizujete komponente. Pošto je **Make: Elektronika** praktična knjiga, moje šeme su orijentisane za razvojnu ploču.



Slika 15-14. Ovo kolo je po funkciji identično kolu prikazanom na slici 15-12. Imajte na umu da Vcc označava napon napajanja, a trouglovi okrenuti nadole označavaju negativnu masu.

Trajanje impulsa

Kada ste napravili sopstvenu RC mrežu u Eksperimentu 9, morali ste da uradite neka dosadna izračunavanja da biste utvrdili koliko dugo kondenzatoru treba da dostigne bilo koji određeni napon. Sa tajmerom 555, sve je mnogo lakše: možete potražiti trajanje njegovog izlaznog impulsa u tabeli kao što je ona na slici 15-15.

	10K	22K	47K	100K	220K	470K	1M
1000µF	11	24	52	110	240	520	1100
470µF	5,2	11	24	52	110	240	520
220µF	2,4	5,2	11	24	52	110	240
100µF	1,1	2,4	5,2	11	24	52	110
47µF	0,52	1,1	2,4	5,2	11	24	52
22µF	0,24	0,52	1,1	2,4	5,2	11	24
10µF	0,11	0,24	0,52	1,1	2,4	5,2	11
4,7µF	0,052	0,11	0,24	0,52	1,1	2,4	5,2
2,2µF	0,024	0,052	0,11	0,24	0,52	1,1	2,4
1,0µF	0,011	0,024	0,052	0,11	0,24	0,52	1,1
0,47µF		0,011	0,024	0,052	0,11	0,24	0,52
0,22µF			0,011	0,024	0,052	0,11	0,24
0,1µF				0,011	0,024	0,052	0,11
47nF					0,011	0,024	0,052
22nF						0,011	0,024
10nF							0,011

Slika 15-15. Trajanje impulsa, u sekundama, 555 tajmera u monostabilnom režimu, za vrednosti otpornika i kondenzatora za vreme. Vremena su zaokružena na dve cifre.

U kolu koje ste napravili, ukupna vrednost trimera i otpornika u seriji sa njim određuje vreme punjenja kondenzatora, tako da je ovaj ukupni otpor prikazan na vrhu tabele. Vrednost C1 je prikazana dole sa leve strane, a brojevi u tabeli vam govore približnu dužinu impulsa u sekundama.

Tajmer 555 je neverovatan dizajn čipa. Možete da varirate vremenski otpornik, vremenski kondenzator i napajanje u izuzetno širokom opsegu, a čip i dalje daje tačne, konzistentne rezultate. Samo sledite nekoliko smernica:

- Nemojte koristiti male vrednost otpornika između pozitivnog napajanja i izvoda za pražnjenje. Te vrednosti će izazvati prekomernu potrošnju energije. Apsolutni minimum je 1K, ali predlažem 10K.
- Ako koristite vremenski kondenzator veći od 1000µF, njegovo unutrašnje curenje postaje uporedivo sa brzinom punjenja, što dovodi do netačnih rezultata.

- Tajmer 555 zahteva napajanje između 5VDC i 16VDC. Van ovih granica je nepouzdan.

Šta ako želite trajanje koje nije navedeno u tabeli? Postoji jednostavna formula, u kojoj je T vreme impulsa u *sekundama*, R je vremenski otpor u *kiloomima* i C je vremenski kondenzator u *mikrofaradima*.

$$T = R * C * 0,0011$$

Pretpostavimo da znate vreme koje želite. Imate kondenzator i želite da znate koliki otpornik treba da koristite. Preuredite formulu ovako:

$$R = T / (C * 0,0011)$$

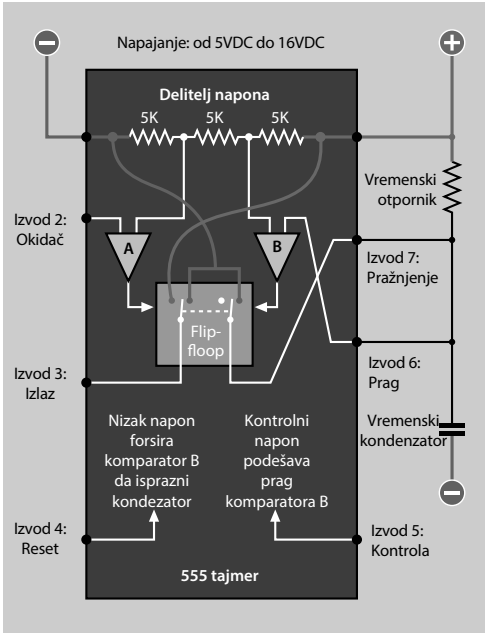
Ako imate kondenzator od 47µF, C = 47. Ako želite impuls od 3 sekunde, T = 3. Dakle, stavite te brojeve u formulu:

$$R = 3 / (47 * 0,0011)$$

Prvo pomnožite 47 * 0,0011 i dobićete 0,0517. Podelite to sa 3 i dobićete otprilike 58 – tako da vam je potreban otpornik od 58K. To nije standardna vrednost, ali otpornici od 56K su uobičajeni. Ili, možete to da uradite na jednostavan način: koristite trimmer od 100K, postavite ga na oko pola puta i podesite ga dok ne dobijete puls od tačno 3 sekunde kroz nekoliko pokušaja.

Samo pazite da nikada ne smanjite ukupni vremenski otpor na nulu. Zato sam stavio otpornik od 10K u seriju sa trimmerom P1 na slikama 15-11 i 15-12. Čak i kada je trimmer okrenut na kraj svog opsega, otpornik od 10K je i dalje tu. Da nije, kondenzator bi bio povezan direktno na pozitivnu stranu napajanja, tako da bi se odmah punio i onda se nikada ne bi ispraznio. Što je još gore, izvod za pražnjenje bi bio povezan direktno na napajanje, što bi oštetilo čip.

- U kolo tajmera 555 uvek dodajte neki otpor između izvoda 7 i pozitivnog napajanja. Predlažem najmanje 10K.



Slika 15-16. Unutrašnjost tajmera 555.

Unutar 555 u monostabilnom režimu

Smatram da ako možete da razumete unutrašnje funkcionisanje tajmera 555, njegovo korišćenje može postati lakše. Plastično telo čipa sadrži previše tranzistora da bih ih sve pokazao, ali mogu da sumiram način na koji rade, kao što je prikazano na slici 15-16.

U srcu tajmera je *flip-flop*, koji je tranzistorско kolo koje funkcioniše kao dvopolni prekidač. U stvari, tako sam to ilustrovao na dijagramu, da bi se lakše razumelo. Flip-flop je kontrolisan od dva *komparatora*, prikazana kao A i B. Svaki komparator poredi dva napona, i menja svoj izlaz u zavisnosti od toga koji je napon veći.

Komparator A upoređuje napon na izvodu 2 (izvod okidač) sa fiksnim naponom od jedne trećine napajanja. Kada izvod 2 ode *ispod* tog nivoa da bi aktivirao čip, komparator A povlači flip-flop u svom pravcu, što prebacuje pozitivan napon na izvod 3 (izlazni pin).

Komparator B upoređuje napon na izvodu 6, izvodu praga (Threshold Pin) sa fiksnim naponom od dve trećine napajanja. Kada napon na izvodu 6 poraste *iznad* tog nivoa, komparator B povlači flip-flop na svoju stranu, što uzemljuje izvod 3 i takođe uzemljuje izvod 7, izvod za pražnjenje (Discharge Pin). Pošto je izvod 7 povezan sa vremenskim kondenzatorom, kondenzator se sam prazni u čip. Ovo se dešava na kraju impulsa iz tajmera.

U početku, pretpostavimo da je tajmer upravo pokrenut niskim naponom na izvodu 2. Komparator A to oseća i povlači flip-flop ulevo, što pokreće pozitivan impuls i isključuje spoljni vremenski kondenzator. Kondenzator počinje da se puni, sve dok ne pređe dve trećine napona napajanja. Komparator B to oseti i povuče flip-flop udesno. Time se završava impuls i uzemljuje kondenzator.

Međutim, u bilo kom trenutku tokom impulsa, nizak napon na izvodu 4 može nadjačati status tajmera i primorati komparator B da povuče prekidač udesno i isprazni kondenzator, isključujući izlaz iz čipa.

I, promenljivi napon na izvodu 5 menja referentni napon za komparator B, da bi povećao ili smanjio granični napon za kondenzator. Ovo je od malog interesa dok je tajmer u monostabilnom režimu, ali će dati mnogo mogućnosti kada povežete tajmer da radi u astabilnom režimu.

Suzbijanje impulsa pri pokretanju

Kada je tajmer konfigurisan u monostabilnom režimu, njegovo napajanje može prouzrokovati da emituje jedan spontani impuls, iako još nije okinut. Ponekad ovo može biti neprijatno, ali postoji jednostavno rešenje: Dodajte 1 μ F kondenzator između izvoda za resetovanje i negativne mase. Kondenzator upija struju sa izvoda kada se napajanje prvi put uključi, i drži izvod na niskom nivou delić sekunde – taman dovoljno dugo da zaustavi tajmer da emituje svoj impuls buđenja. Na-