



2023

16. Otpornici

R2: SCRAPY Vodič

Broj projekta: **2021-1-FR01-KA220-SCH-000031617**



 Co-funded by
the European Union

Podrška Europske komisije za izradu ove publikacije ne znači odobravanje sadržaja, koji odražava samo stavove autora, a Komisija se ne može smatrati odgovornom za bilo kakvu upotrebu informacija sadržanih u njoj.

ECAM EPMI
30/04/2023

Sadržaj

1 Uvod.....	2
2 Osnove otpornika	3
2.1 Otporničke jedinice	3
2.2 Shematski simbol.....	3
3 vrste otpornika.....	4
3.1 Završetak i montaža.....	4
4 Sastav otpornika	5
5 posebnih paketa otpornika	6
6 promjenjivih otpornika (tj. potencijometara)	6
7 Dekodiranje oznaka otpornika	7
8 Dekodiranje traka boja	7
8.1 Četveropojasni otpornici	7
8.2 Otpornici s pet i šest pojasa	7
8.3 Dekodiranje raspona boja otpornika.....	7
8.4 Tablica kodova boja otpornika	8
9 Dekodiranje oznaka za površinsku montažu.....	9
10 Snaga.....	10
10.1 Pronalaženje nazivne snage otpornika	10
10.2 Mjerenje snage preko otpornika	11
11 Paralelni otpornici.....	12
12 Otporničke mreže	13
13 Primjeri aplikacija	14
13.1 Ograničenje struje LED dioda	14
13.2 Razdjelnici napona	15
13.3 Pull-up otpornici	16
14 Zaključak	17

1 Uvod

Otpornici - najprisutnije elektroničke komponente. Oni su ključni dio u gotovo svakom strujnome krugu. I igraju važnu ulogu u našoj omiljenoj jednažbi, Ohmovom zakonu.



Otpornici

U ovoj lekciji ćemo proći:

- Što je otpornik?
- Otporničke jedinice
- Simbol(i) kruga otpornika
- Serijski i paralelno spojeni otpornici
- Različite varijante otpornika
- Kodiranje boja-dekodiranje
- Dekodiranje otpornika za površinsku montažu
- Primjeri primjene otpornika

Neki od koncepata u ovoj lekciji nadovezuju se na prethodno znanje o elektronici. Prije nego skočite na ovaj vodič, razmislite o tome da prvo pročitate (barem letimično) ovo:

- Što je električna energija?
- Napon, struja, otpor i Ohmov zakon
- Što je strujni krug?
- Serija naspram paralelnih krugova
- Kako koristiti multimetar - posebno pogledajte odjeljak o mjerenju otpora.
- Metrički prefiksi

2 Osnove otpornika

Otpornici su elektroničke komponente koje imaju specifičan, nepromjenjiv električni otpor. Otpor otpornika ograničava protok elektrona kroz krug.

Oni su pasivne komponente, što znači da samo troše energiju (i ne mogu je generirati). Otpornici se obično dodaju krugovima gdje nadopunjuju aktivne komponente kao što su operacijska pojačala, mikrokontroleri i drugi integrirani sklopovi. Obično se otpornici koriste za ograničavanje struje, dijeljenje napona i podizanje I/O vodova.

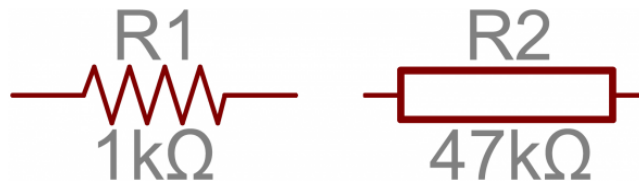
2.1 Otporničke jedinice

Električni otpor otpornika mjeri se u omima. Simbol za ohm je grčko veliko omega: Ω . (Okružna) definicija 1Ω je otpor između dvije točke gdje će 1 volt (1V) primijenjene potencijalne energije gurnuti 1 amper (1A) struje.

Što se tiče SI jedinica, veće ili manje vrijednosti ova mogu se povezati s prefiksom kao što je kilo-, mega- ili giga-, kako bi se velike vrijednosti lakše čitale. Vrlo je uobičajeno vidjeti otpornike u rasponu kilohma ($k\Omega$) i megaohma ($M\Omega$) (mnogo rjeđe otpornike od semiliohm ($m\Omega$)). Na primjer, otpornik od 4700Ω je ekvivalentan otporniku od $4,7k\Omega$, a otpornik od 5600000Ω može se napisati kao $5600k\Omega$ ili (češće kao) $5,6M\Omega$.

2.2 Shematski simbol

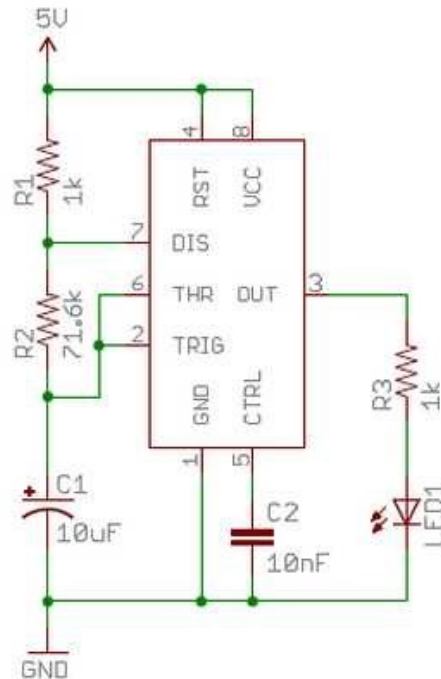
Svi otpornici imaju dva priključka, po jedan priključak na svakom kraju otpornika. Kada se modelira prema shemi, otpornik će se prikazati kao jedan od ova dva simbola:



Dva uobičajena shematska simbola otpornika. R1 je američki otpornik od $1k\Omega$, a R2 je međunarodni otpornik od $47k\Omega$.

Priključci otpornika su sve linije koje se protežu od vijuge (ili pravokutnika). To je ono što se povezuje s ostatkom kruga.

Simboli kruga otpornika obično su poboljšani i vrijednošću otpora i nazivom. Vrijednost, prikazana u ohmima, kritična je i za procjenu i za CNG krug. Ime otpornika obično je R ispred broja. Svaki otpornik u krugu treba imati jedinstveni naziv/broj. Na primjer, ovdje su otpornici u akciji na 555-timer krugu:



U ovom krugu otpornici igraju ključnu ulogu u postavljanju frekvencije izlaza mjerača vremena 555. Drugi otpornik (R3) ograničava struju kroz LED.

3 vrste otpornika

Otpornici dolaze u različitim oblicima i veličinama. Mogu biti s otvorom ili za površinsku montažu. Oni mogu biti standardni, statički otpornik, paket otpornika ili poseban promjenjivi otpornik.

3.1 Završetak i montaža

Otpornici se isporučuju u jednoj od dvije vrste završetka: kroz rupu ili za površinsku montažu. Ove vrste otpornika obično se skraćeno nazivaju PTH (plated through-hole) ili SMD/SMT (tehnologija ili uređaj za površinsku montažu).

Otpornici s otvorom dolaze s dugim, savitljivim vodovima koji se mogu zalijepiti u matičnu ploču ili ručno zalemiti u ploču za izradu prototipa ili tiskanu ploču (PCB). Ovi su otpornici obično korisniji u izradi matičnih ploča, izradi prototipa ili u bilo kojem slučaju gdje radije ne biste lemilimale malene SMD otpornike duljine 0,6 mm. Dugi vodovi obično zahtijevaju podrezivanje, a ovi otpornici zauzimaju mnogo više prostora od svojih parnjaka za površinsku montažu.

Najčešći otpornici s otvorom dolaze u aksijalnom pakiranju. Veličina aksijalnog otpornika je u odnosu na njegovu nazivnu snagu. Uobičajeni otpornik od ½ W ima promjer od oko 9,2 mm, dok je manji otpornik od ¼ W dugačak oko 6,3 mm.



Otpornik od pola vata ($\frac{1}{2}$ W) (gore) veličine do četvrt vata ($\frac{1}{4}$ W).

za površinsku montažu obično su sićušni crni pravokutnici, završeni s obje strane još manjim, sjajnim, srebrnim, vodljivim rubovima. Ovi su otpornici namijenjeni za postavljanje na vrh PCB-a, gdje su zalemljeni na pristajajuće podloge. Budući da su ti otpornici tako mali, obično ih na mjesto postavlja robot i šalju kroz pećnicu gdje se lem topi i drži ih na mjestu.

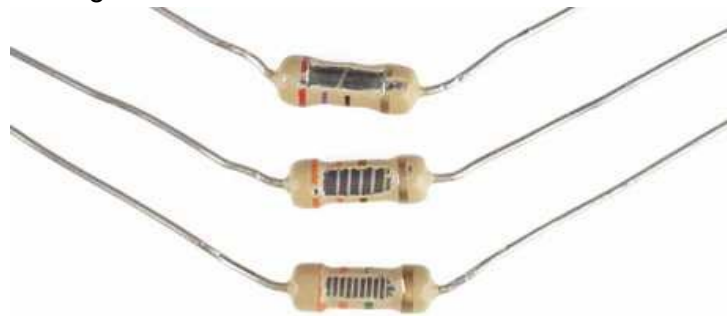


SMD otpornici

SMD otpornici dolaze u standardiziranim veličinama; obično ili 0805 (0,08" duljine i 0,05" širine), 0603 ili 0402. Izvrsni su za masovnu proizvodnju sklopni ploča ili u dizajnu gdje je prostor dragocjena roba. Ipak, za ručno lemljenje trebaju mirnu, preciznu ruku!

4 Sastav otpornika

Otpornici mogu biti izrađeni od raznih materijala. Najčešći moderni otpornici izrađeni su od ugljičnog, metalnog ili metal-oksidnog filma. U ovim otpornicima, tanki film vodljivog (iako još uvijek otpornog) materijala omotan je u spiralu oko i prekriven izolacijskim materijalom. Većina standardnih, jednostavnih otpornika s rupama dolazi u obliku karbonskog ili metalnog filma.



Zavirite u unutrašnjost nekoliko otpornika ugljičnog filma. Vrijednosti otpora od vrha do dna: 27Ω, 330Ω i 3.3MΩ. Unutar otpornika, karbonski film je omotan oko izolatora. Više omota znači veći otpor. Prilično uredno!

Drugi otpornici s otvorom mogu biti namotani žicom ili izrađeni od super-tanke metalne folije. Ovi su otpornici obično skuplji, naprednije komponente posebno odabrane zbog svojih jedinstvenih karakteristika poput veće snage ili maksimalnog raspona temperature.

Otpornici za površinsku montažu obično su debeli ili tankoslojni. Debeli film je obično jeftiniji, ali manje precizan od tankog. U oba tipa otpornika, mali film otporne metalne legure umetnut je između keramičke baze i staklenog/epoksidnog premaza i zatim spojen na krajnje vodljive rubove.

5 posebnih paketa otpornika

Postoje razni drugi otpornici posebne namjene. Otpornici se mogu isporučiti u već ožičenim paketima od pet ili tako nešto nizova otpornika. Otpornici u ovim nizovima mogu dijeliti zajednički pin ili biti postavljeni kao razdjelnici napona.



Niz od pet otpornika od 330Ω , svi zajedno povezani na jednom kraju.

6 promjenjivih otpornika (tj. potencijometara)

Otpornici također ne moraju biti statični. Promjenjivi otpornici, poznati kao reostati, su otpornici koji se mogu podešavati između određenog raspona vrijednosti. Potencijometar je sličan reostatu. Posude interno povezuju dva otpornika, u seriju, i podešavaju središnji protok između njih stvarajući podesivi razdjelnik napona. Ti se promjenjivi otpornici često koriste za ulaze, poput gumba za glasnoću, koji moraju biti podesivi.



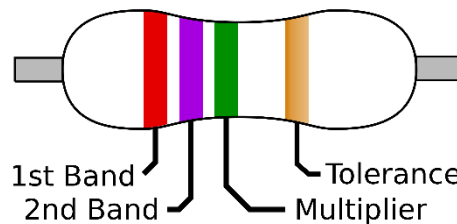
Mnoštvo potencijometara. Od gornjeg lijevog kuta, u smjeru kazaljke na satu: standardni trimpot od 10k, joystick s 2 osi, softpot, klizni pot, klasični desni kut i trimpot prilagođen matičnoj ploči od 10k.

7 Dekodiranje oznaka otpornika

Iako možda neće izravno prikazati svoju vrijednost, većina otpornika je označena da pokaže koliki je njihov otpor. PTH otpornici koriste sustav kodiranja bojama (koji dodaje nešto šarma u krugove), a SMD otpornici imaju svoj sustav označavanja vrijednosti.

8 Dekodiranje traka boja

Aksijalni otpornici s otvorom obično koriste sustav trake u boji za prikaz svoje vrijednosti. Većina ovih otpornika će imati četiri trake u boji koje kruže oko otpornika, iako ćete također pronaći petopojasne i šestopojasne otpornike.



Dekodiranje traka boja

8.1 Četveropojasni otpornici

U standardnim četveropojasnim otpornicima, prve dvije trake označavaju dvije najznačajnije znamenke vrijednosti otpornika. Treći pojas je vrijednost težine, koja množi dvije značajne znamenke s potencijom deset.

Konačna traka označava toleranciju otpornika. Tolerancija objašnjava koliko se više ili manje stvarni otpor otpornika može usporediti s njegovom nominalnom vrijednošću. Nijedan otpornik nije izrađen do savršenstva, a različiti proizvodni procesi rezultirat će boljim ili lošijim tolerancijama. Na primjer, otpornik od 1 k Ω s tolerancijom od 5% može biti bilo gdje između 0,95 k Ω i 1,05 k Ω .

Kako prepoznati koji je "bend" prvi, a koji posljednji? Posljednji, raspon tolerancije često je jasno odvojen od raspona vrijednosti, i obično će biti ili srebrni ili zlatni.

8.2 Otpornici s pet i šest pojava

Petopojasni otpornici imaju pojas treće značajne znamenke između prva dva pojasa i pojasa množitelja. Petopojasni otpornici također imaju širi raspon dostupnih tolerancija.

Šesteropojasni otpornici su petopojasni otpornici s dodatnim pojasom na kraju koji označava temperaturni koeficijent. Ovo označava očekivanu promjenu vrijednosti otpornika kako se temperatura mijenja u stupnjevima Celzijusa. Ove vrijednosti temperaturnog koeficijenta su izuzetno male, u rasponu ppm.

8.3 Dekodiranje raspona boja otpornika

Prilikom dekodiranja traka boja otpornika, pogledajte tablicu kodova boja otpornika poput ove u nastavku. Za prva dva pojasa pronađite odgovarajuću znamenku te boje. Otpornik od 4,7 k Ω prikazan ovdje ima trake u boji žute i ljubičaste na početku - koje imaju

znamenkaste vrijednosti 4 i 7 (47). Treća traka od 4,7 kΩ je crvena, što znači da se 47 treba pomnožiti sa 102 (ili 100). 47 puta 100 je 4700!



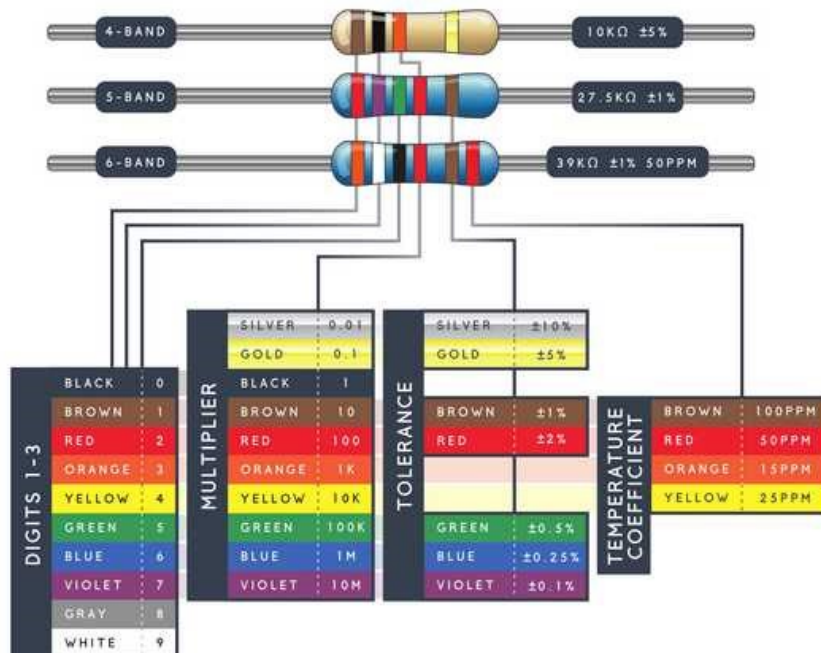
Otpornik od 4,7 kΩ s četiri trake u boji

Ako pokušavate spremati kod trake u boji u memoriju, mnemotehnika bi mogla pomoći. Postoji pregršt (ponekad neugodnih) mnemotehnika koje pomažu zapamtiti kod boje otpornika. Dobar, koji objašnjava razliku između crne i smeđe je:

"Veliki smeđi zečevi često ispuštaju snažan glas kada ih oprezno pucnu."

Ili, ako se sjećate "ROY G. BIV", oduzmite indigo (jadni indigo, nitko se ne sjeća indiga), i dodajte crnu i smeđu na prednju i sivu i bijelu na stražnju stranu klasičnog poretka duginih boja.

8.4 Tablica kodova boja otpornika



Imate problema s vidom? Kliknite na sliku za bolji pregled!

Kalkulator kodova boja otpornika

Ako biste radije preskočili matematiku (nećemo osuđivati!) i samo upotrijebili praktični kalkulator, isprobajte jedan od ovih!

<https://www.digikey.com/en/resources/conversion-calculators/conversion-calculator-resistor-colour-code>

<https://www.allaboutcircuits.com/tools/resistor-colour-code-calculator/>

9 Dekodiranje oznaka za površinsku montažu

SMD otpornici, poput onih u 0603 ili 0805 paketima, imaju svoj način prikazivanja svoje vrijednosti. Postoji nekoliko uobičajenih metoda označavanja koje ćete vidjeti na ovim otpornicima. Obično će imati tri do četiri znaka -- brojeve ili slova -- otisnuta na vrhu kućišta.

Ako su sva tri znaka koja vidite *brojevi*, gledate u otpornik s oznakom **E24**. Ove oznake dijele neke sličnosti sa sustavom trake boja koji se koristi na PTH otpornicima. Prva dva broja predstavljaju prve dvije najznačajnije znamenke vrijednosti, a posljednji broj predstavlja veličinu.



SMD otpornici

Na gornjoj slici primjera, otpornici su označeni s *104*, *105*, *205*, *751* i *754*. Otpornik označen sa *104* trebao bi biti 100kΩ (10x104), *105* bi bio 1MΩ (10x105), a *205* je 2MΩ (20x105). *751* je 750Ω (75x101), a *754* je 750kΩ (75x104).

Još jedan uobičajeni sustav kodiranja je **E96**, i on je najzagonetniji od svih. Otpornici E96 bit će označeni s tri znaka -- dva broja na početku i slovo na kraju. Dva broja vam govore prve *tri* znamenke vrijednosti tako što odgovaraju jednoj od ne tako očitih vrijednosti u ovoj tablici pretraživanja.

Kod	Vrijednost	Kod	Vrijednost	Kod	Vrijednost	Kod	Vrijednost	Kod	Vrijednost	Kod	Vrijednost
01	100	17	147	33	215	49	316	65	464	81	681
02	102	18	150	34	221	50	324	66	475	82	698
03	105	19	154	35	226	51	332	67	487	83	715
04	107	20	158	36	232	52	340	68	499	84	732
05	110	21	162	37	237	53	348	69	511	85	750
06	113	22	165	38	243	54	357	70	523	86	768
07	115	23	169	39	249	55	365	71	536	87	787
08	118	24	174	40	255	56	374	72	549	88	806
09	121	25	178	41	261	57	383	73	562	89	825
10	124	26	182	42	267	58	392	74	576	90	845
11	127	27	187	43	274	59	402	75	590	91	866

12	130	28	191	44	280	60	412	76	604	92	887
13	133	29	196	45	287	61	422	77	619	93	909
14	137	30	200	46	294	62	432	78	634	94	931
15	140	31	205	47	301	63	442	79	649	95	953
16	143	32	210	48	309	64	453	80	665	96	976

Slovo na kraju predstavlja množitelj koji odgovara nečemu u ovoj tablici:

Slovo	Multiplikator	Slovo	Multiplikator	Slovo	Multiplikator
Z	0,001	A	1	D	1000
Y ili R	0,01	B ili H	10	E	10000
X ili S	0,1	C	100	F	100 000



SMD otpornici

Dakle, otpornik 01C je naš dobar prijatelj, 10kΩ (100x100), 01B je 1kΩ (100x10), a 01D je 100kΩ. Oni su jednostavni, drugi kodovi možda neće biti. 85A sa gornje slike je 750Ω (750x1), a 30C je zapravo 20kΩ.

10 Snaga

Nazivna snaga otpornika jedna je od skrivenih vrijednosti. Ipak, može biti važno i to je tema koja će se pojaviti pri odabiru vrste otpornika.

Snaga je brzina kojom se energija pretvara u nešto drugo. Izračunava se množenjem razlike napona na dvije točke sa strujom koja teče između njih i mjeri se u jedinicama vat (W). Žarulje, na primjer, pretvaraju struju u svjetlost. Ali otpornik samo može pretvoriti električnu energiju koja prolazi kroz njega u **toplinu**. Toplina obično nije dobar drug s elektronikom; previše topline dovodi do dima, iskrenja i vatre! Svaki otpornik ima određenu maksimalnu snagu. Kako se otpornik ne bi previše zagrijao, važno je pobrinuti se da snaga preko otpornika bude ispod njegove maksimalne vrijednosti. Nazivna snaga otpornika mjeri se u vatima i obično je negdje između ¼W (0,125 W) i 1 W. Otpornici s nazivnom snagom većom od 1 W obično se nazivaju otpornicima snage i koriste se posebno zbog svojih sposobnosti rasipanja snage.

10.1 Pronalaženje nazivne snage otpornika

Nazivna snaga otpornika obično se može zaključiti promatranjem veličine njegovog kućišta. Standardni otpornici s otvorom obično dolaze s ¼W ili ½W vrijednosti. Za posebne namjene, otpornici snage mogu navesti svoju snagu na otporniku.



Ovi otpornici snage mogu podnijeti puno više snage prije nego što eksplodiraju. Od gornjeg desnog do donjeg lijevog kuta nalaze se primjeri otpornika od 25W, 5W i 3W, s vrijednostima od 2Ω, 3Ω 0,1Ω i 22kΩ. Otpornici manje snage često se koriste za očitavanje struje.

Oznake snage otpornika za površinsku montažu obično se mogu procijeniti i prema njihovoj veličini. Otpornici veličine 0402 i 0603 obično su ocijenjeni za 1/16 W, a 0805 mogu primiti 1/10 W.

10.2 Mjerenje snage preko otpornika

Snaga se obično izračunava množenjem napona i struje ($P = IV$). Ali, primjenom Ohmovog zakona, također možemo koristiti vrijednost otpora u izračunavanju snage. Ako znamo struju koja prolazi kroz otpornik, možemo izračunati snagu kao:

$$P = I^2 \cdot R$$

Ili, ako znamo napon na otporniku, snaga se može izračunati kao:

$$P = \frac{V^2}{R}$$

Serijski i paralelni otpornici

Otpornici su u elektronici cijelo vrijeme upareni, obično u serijskom ili paralelnom krugu. Kada su otpornici spojeni u seriju ili paralelno, oni stvaraju ukupni otpor, koji se može izračunati pomoću jedne od dvije jednačbe. Poznavanje načina na koji se vrijednosti otpornika kombiniraju dobro je ako trebate stvoriti određenu vrijednost otpornika.

Serijski otpornici

Kod serijskog spajanja vrijednosti otpornika jednostavno se zbrajaju.

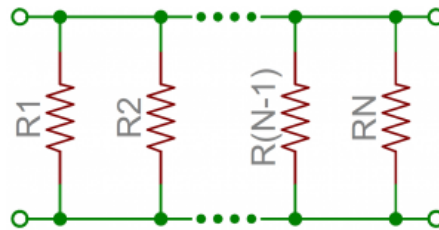


N otpornika u nizu. Ukupni otpor je zbroj svih serijskih otpornika.

Tako, na primjer, ako samo trebate imati otpornik od 12,33 kΩ, potražite neke od uobičajenih vrijednosti otpornika od 12 kΩ i 330 Ω i spojite ih zajedno u nizu.

11 Paralelni otpornici

Pronalaženje otpora paralelnih otpornika nije tako jednostavno. Ukupni otpor N paralelno spojenih otpornika inverzan je zbroju svih inverznih otpora. Ova jednadžba bi mogla imati više smisla od zadnje rečenice:



$$\frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_{N-1}} + \frac{1}{R_N}$$

N otpornika paralelno. Da biste pronašli ukupni otpor, obrnite svaku vrijednost otpora, zbrojite ih, a zatim to obrnite.

(Inverzna vrijednost otpora zapravo se naziva vodljivost, tako da jezgrovitije rečeno: vodljivost paralelnih otpornika zbroj je vodljivosti svakog od njih).

Kao poseban slučaj ove jednadžbe: ako imate samo dva paralelna otpornika, njihov ukupni otpor može se izračunati ovom malo manje invertiranom jednadžbom:

$$R_{tot} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

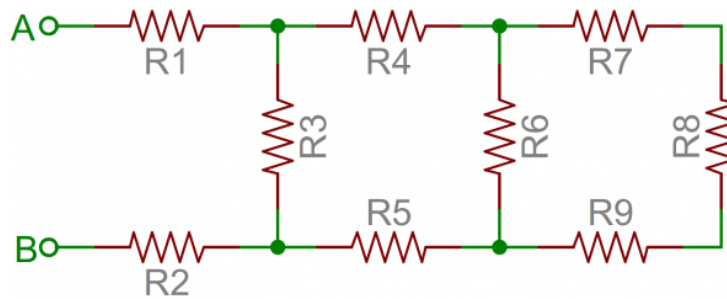
Kao još posebni slučaj te jednadžbe, ako imate dva paralelna otpornika jednake vrijednosti, ukupni otpor je pola njihove vrijednosti. Na primjer, ako su dva otpornika od 10 kΩ paralelna, njihov ukupni otpor je 5 kΩ.

Skraćeni način da se kaže da su dva otpornika paralelna je korištenjem paralelnog operatora: ||. Na primjer, ako je R1 paralelan s R2, konceptualna jednadžba bi se mogla napisati kao R1||R2. Mnogo čišći i skriva sve one gadne frakcije!

12 Otporničke mreže

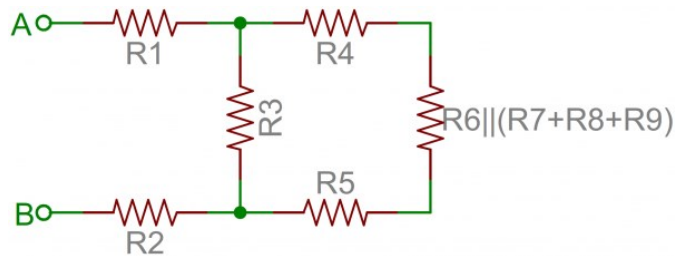
Kao poseban uvod u izračunavanje ukupnih otpora, nastavnici elektronike jednostavno vole podvrgnuti svoje učenike pronalaženju te lude, zamršene mreže otpornika.

Uobičajeno pitanje o mreži otpornika moglo bi biti nešto poput: "Koliki je otpor između terminala A i B u ovom krugu?"



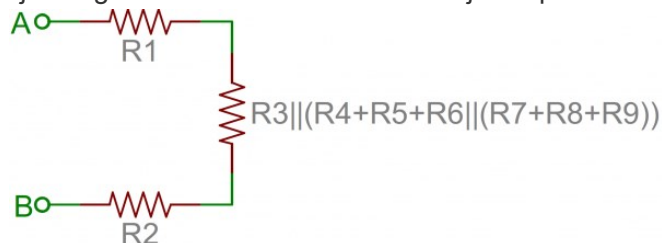
Mreže otpornika p1

Da biste riješili takav problem, počnite od stražnjeg kraja kruga i pojednostavite prema dva terminala. U ovom slučaju, R7, R8 i R9 su svi u seriji i mogu se zbrajati. Ta tri otpornika su paralelna s R6, tako da se ta četiri otpornika mogu pretvoriti u jedan s otporom $R6 \parallel (R7 + R8 + R9)$. Izrada našeg kruga:



Mreže otpornika p2

Sada se četiri krajnja desna otpornika mogu još više pojednostaviti. R4, R5 i naš konglomerat $R6 \parallel (R7 + R8 + R9)$ svi su u seriji i mogu se dodavati. Tada su ti serijski otpornici svi paralelni s R3.



Mreže otpornika p3

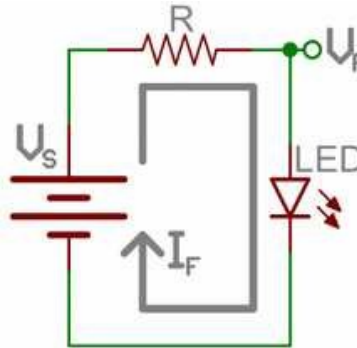
A to su samo tri serijska otpornika između A i B terminala. Dodajte ih! Dakle, ukupni otpor tog kruga je $R_1 + R_2 + R_3 || (R_4 + R_5 + R_6 || (R_7 + R_8 + R_9))$.

13 Primjeri aplikacija

Otpornici postoje u gotovo svim elektroničkim krugovima ikada. Evo nekoliko primjera sklopova koji uvelike ovise o našim prijateljima otpornicima.

13.1 Ograničenje struje LED dioda

Otpornici su ključni u osiguravanju da LED diode ne eksplodiraju kada se priključi napajanje. Spajanjem otpornika u seriju s LED diodom, struja koja teče kroz dvije komponente može se ograničiti na sigurnu vrijednost.



LED ograničenje struje

Prilikom dimenzioniranja otpornika koji ograničava struju, potražite dvije karakteristične vrijednosti LED-a: tipični prednji napon i maksimalnu prednju struju. Tipični prednji napon je napon koji je potreban da bi LED zasvijetlio, a varira (obično negdje između 1,7 V i 3,4 V) ovisno o boji LED-a. Maksimalna prednja struja obično je oko 20 mA za osnovne LED diode; trajna struja kroz LED treba uvijek biti jednaka ili manja od te nazivne struje.

Nakon što ste uhvatili te dvije vrijednosti, možete dimenzionirati otpornik koji ograničava struju pomoću ove jednadžbe:

$$R = \frac{V_S - V_F}{I_F}$$

V_S je napon izvora -- obično napon baterije ili napajanja. V_F i I_F su prednji napon LED diode i željena struja koja teče kroz nju.

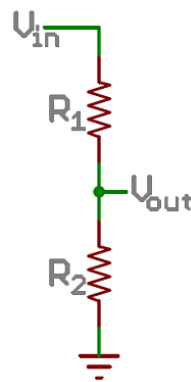
Na primjer, pretpostavimo da imate bateriju od 9 V za napajanje LED diode. Ako vaša LED dioda svijetli crveno, možda ima prednji napon od oko 1,8 V. Ako želite ograničiti struju na 10 mA, koristite serijski otpornik od oko 720 Ω .

$$R = \frac{V_S - V_F}{I_F} = \frac{9 - 1.8}{0.010} = 720\Omega$$

13.2 Razdjelnici napona

Razdjelnik napona je otpornički krug koji pretvara veliki napon u manji. Koristeći samo dva otpornika u nizu, može se stvoriti izlazni napon koji je djelić ulaznog napona.

Evo kruga razdjelnika napona:



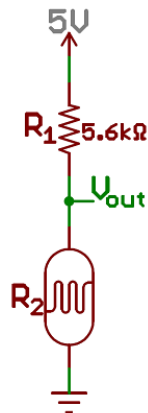
Krug razdjelnika napona

Dva otpornika, R1 i R2, spojeni su u seriju i preko njih je spojen izvor napona (V_{in}). Napon od V_{out} do GND može se izračunati kao:

$$V_{out} = V_{in} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Na primjer, ako je R1 bio 1,7 kΩ, a R2 3,3 kΩ, ulazni napon od 5 V mogao bi se pretvoriti u 3,3 V na terminalu V_{out} .

Razdjelnici napona vrlo su zgodni za očitavanje otporničkih senzora, poput fotočelija, savitljivih senzora i otpornika osjetljivih na silu. Jedna polovica razdjelnika napona je senzor, a dio je statički otpornik. Izlazni napon između dvije komponente povezan je s analogno-digitalnim pretvaračem na mikrokontroleru (MCU) za očitavanje vrijednosti senzora.



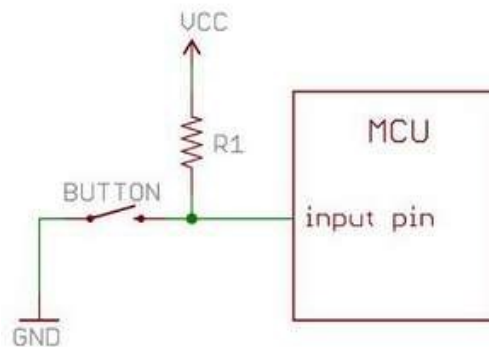
Ovdje otpornik R_1 i fotočelija stvaraju razdjelnik napona za stvaranje varijabilnog izlaznog napona.

13.3 Pull-up otpornici

Pull-up otpornik se koristi kada trebate dovesti ulazni pin mikrokontrolera u poznato stanje. Jedan kraj otpornika spojen je na pin MCU-a, a drugi kraj je spojen na visoki napon (obično 5V ili 3,3V).

Bez pull-up otpornika, ulazi na MCU mogli bi ostati neaktivni. Ne postoji jamstvo da je plutajući pin visok (5 V) ili nizak (0 V).

Pull-up otpornici se često koriste kada se povezuju s ulazom gumba ili prekidača. Pull-up otpornik može dovesti do prednaprezanja ulazne igle kada je sklopka otvorena. I zaštititi će krug od kratkog spoja kada je prekidač zatvoren.



Pull-up otpornik

U gornjem krugu, kada je sklopka otvorena, ulazni pin MCU-a spojen je preko otpornika na 5V. Kada se sklopka zatvori, ulazni pin je spojen izravno na GND.

Vrijednost pull-up otpornika obično ne mora biti ništa specifično. Ali trebao bi biti dovoljno visok da se ne izgubi previše energije ako se preko njega primijeni napon od 5 V. Obično vrijednosti oko 10 k Ω rade dobro.

14 Zaključak

Sada kada ste početnik stručnjak za otpornike, kako bi bilo da istražite neke temeljnije koncepte elektronike! Otpornici zasigurno nisu jedina osnovna komponenta koju koristimo u elektronici, tu su i:

- Kondenzatori
- Diode
- Tranzistori
- Integrirani krugovi (IC)

Ili želite dalje istražiti primjene otpornika?

- Razdjelnici napona
- Pull-up otpornici