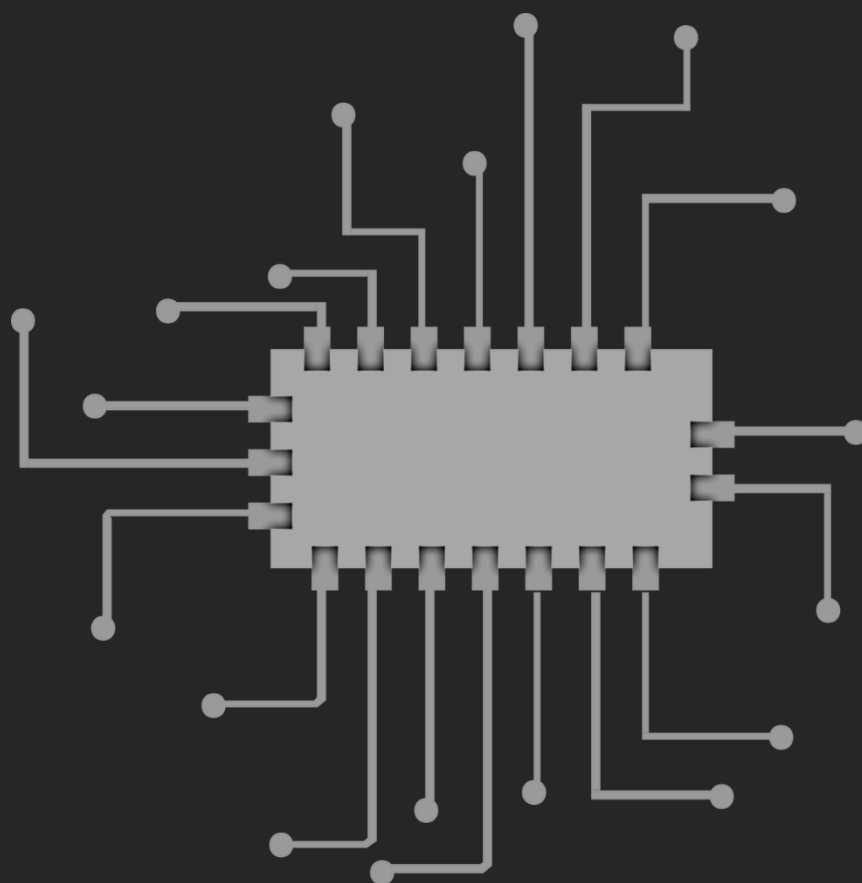


Mateusz Wiliński

ELEKTRONIKA

OD PODSTAW



--2025.11



WYDAWNICTWO PIKADEMIA

Mateusz Wiliński

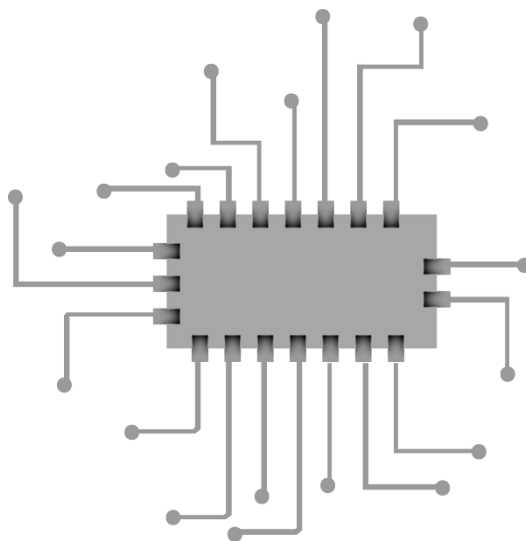
ELEKTRONIKA

OD PODSTAW

Autor: Mateusz Wiliński

Email: pikademia@gmail.com

<https://www.pikademia.pl/>



Copyright © by Mateusz Wiliński

Wprowadzenie

Ebook tworzony jest na podstawie kursu Elektronika od podstaw.

Ebook jest dodatkiem do Kursu i zawiera skrócone, najważniejsze informacje przedstawiane w kursie wideo.

Wszelkie uwagi, chęć pomocy, informacje o błędach prosimy kierować na adres:

info@astraja.com

Wiele zagadnień i projektów tworzonych jest na podstawie aplikacji webowych, np. tinkercad.



Link do materiałów na dysku google:

Spis treści

Wprowadzenie	3
Spis treści.....	4
Ładunki elektryczne	6
Komponenty THT i SMD.....	8
Schemat elektryczny.....	13
Prawo Ohma.....	17
Prąd stały i zmienny.....	21
Połączenia szeregowo i równoległe.....	24
Pomiary	25
Jednostki układu SI.....	26
Moc.....	28
Baterie	30
Rezystor	33
Rozmiar i rezystancja przewodów	44
Węzły, gałęzie i oczka obwodów elektrycznych	45
Prawo Kirchhoffa	46
Twierdzenie Thevenina	47
Dioda	49
Dioda LED	49
Dzielnik napięcia.....	52
Komparator	53
Kondensator	54
Filtr pasywny RC.....	60
Cewka	62
Transformator	64
Stabilizator napięcia	66
Filtr pasywny LC	67
Łączniki / przyciski.....	69
Tranzystor bipolarny	71
Różnica w połączeniu NPN i PNP jako switch.....	74

Oscylator Esaki	75
Timer 555.....	79
Przełącznik bistabilny z użyciem dwóch przycisków chwilowych.....	81
Przełącznik bistabilny z pinem Reset	82
Generator monostabilny (uniwibrator).....	83
Generator astabilny (multiwibrator)	85
Silnik DC	88
Zasilacz.....	93
Złodziej Dżuli YX8018.....	94
Odbiornik podczerwieni.....	95
Czujnik PIR.....	96
Czujnik przepływu powietrza.....	97
Wzmacniacz operacyjny (op-amp)	98
Metoda oczkowa	100
Metoda węzłowa	101

Ładunki elektryczne

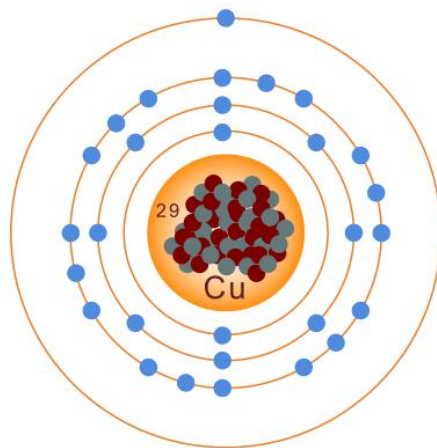
Budowa materii

Każde ciało zbudowane jest z atomów.

Atom składa się z jądra i elektronów.

W jądrze znajdują się obojętne neutrony i dodatnio naładowane protony. Elektrony otaczające jądro atomowe są naładowane ujemnie. Atom jest elektrycznie obojętny, gdy ilość protonów i elektronów jest taka sama.

Dysproporcja elektronów i protonów, powoduje zaburzenie równowagi elektrycznej, dzięki czemu tworzą się ładunki elektryczne.



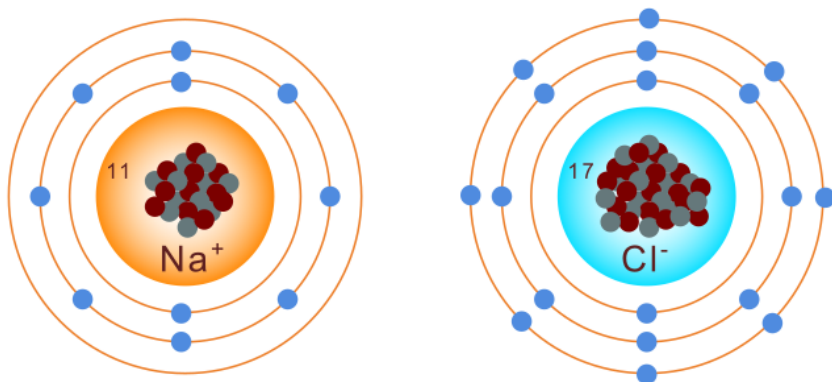
Rys. 1 Atom miedzi

Ładunki elektryczne

- wolne **elektrony** znajdujące się w metalach (ładunki ujemne)
- jony, czyli atomy w których została zachwiana równowaga elektryczna w roztworach (elektrolitach) lub gazach.

Kationy to ładunki dodatnie (te, które oddały elektrony, np. Na^+)

Aniony to ładunki ujemne (zazw. niemetale z nadwyżką elektronów, np. Cl^-)



Rys. 2 Kation sodu i anion chloru

Ładunki jednoimienne odpychają się, a różnoimienne przyciągają się.



Elektrostatyka

Pocieranie dwóch różnych materiałów, może prowadzić do odrywania elektronów i przenoszenia ich pomiędzy ciałami. W ten sposób każde z nich elektryzuje się dodatnio i ujemnie.



Rys. 3 Opaska elektrostatyczna

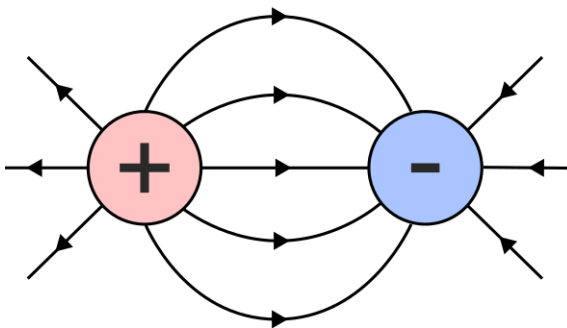
Niepożądane elektryzowanie ciał może być niebezpieczne. Osoby pracujące z elektroniką noszą ubrania i opaski antystatyczne oraz używają specjalnie przystosowane stanowiska.

Pracując z elektroniką należy stosować odzież i narzędzia antystatyczne, chroniące elektronikę przed ładunkami elektrycznymi, które mogą uszkodzić wrażliwe podzespoły.

W łatwy sposób można naelektryzować balon pocierając go o włosy. Zgodnie z szeregiem tryboelektrycznym, można wywnioskować, że włosy naładują się dodatnio, a balon ujemnie.

Pole elektryczne / elektrostatyczne

Ładunki elektryczne wytwarzają pole elektryczne, które rozchodzi się z prędkością zbliżoną do prędkości światła.



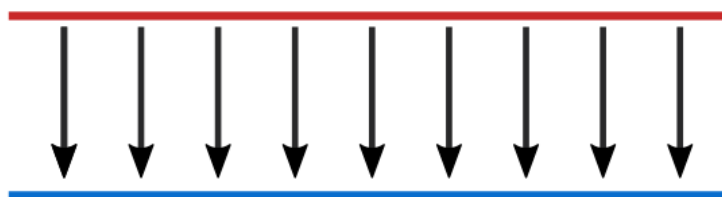


- powietrze
- ludzka skóra
- azbest
- szkło
- ludzkie włosy
- nylon
- wełna
- futro
- ołów
- jedwab
- aluminium
- papier
- drewno
- stal
- twarda guma
- szkło epoksydowe
- nikiel, miedź
- mosiądz, srebro
- złoto
- pianka polistyrenowa
- akryl
- poliester
- pianka poliuretanowa
- polietylen
- polipropylen
- polichlorek winylu PVC
- krzem
- teflon PTFE

Rys. 4 Pole elektryczne pomiędzy dwoma ładunkami różnoimiennymi

Linie pola elektrycznego biegną od ładunku dodatniego do ujemnego.

W przypadku dwóch przeciwnie naładowanych metalowych płytek tworzy się jednorodne pole elektrostatyczne, które ma taką samą siłę w każdym punkcie.

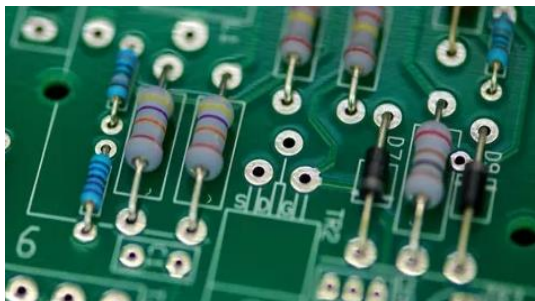


Rys. 5 Jednorodne pole elektrostatyczne

Rys. Szereg tryboelektryczny pokazuje jakim ładunkiem elektryzują się ciała

Komponenty THT i SMD

THT (Through-hole technology) to elementy, które łączy się za pomocą pinów poprowadzonych przez otwory w płytce. Otwory otoczone są warstwą metalu, co pozwala je przylutować na stałe.

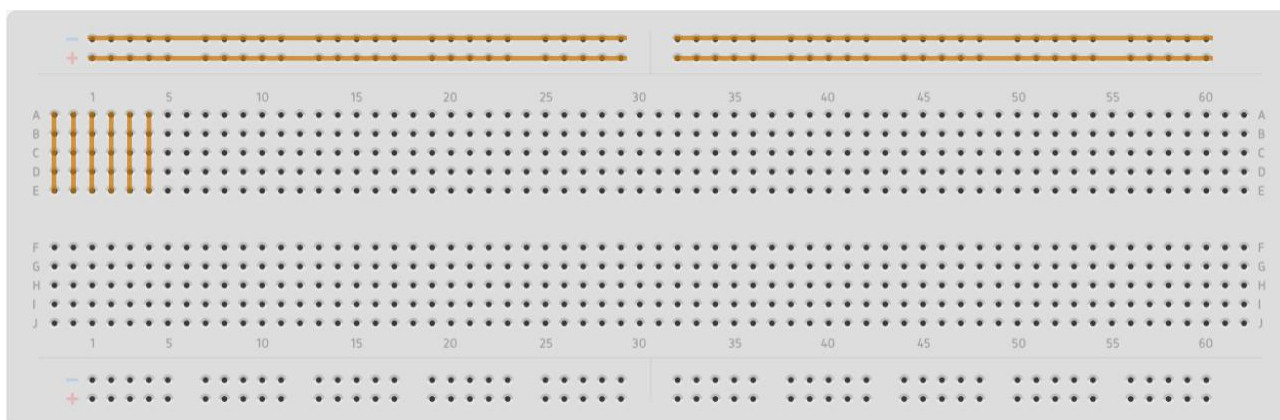


Rys. 6 Przykłady elementów THT

Płytki prototypowa

Podczas nauki elektroniki często korzysta się z elementów THT i płytki prototypowej (breadboard), dzięki czemu tworzenie układów jest szybkie i bezproblemowe. Otwory pinów w płytce prototypowej mają rozstaw 2.54mm i większość komponentów elektronicznych jest z nią kompatybilna.

Piny komponentów wpinanych w płytkę mają średnicę ok. 0.5 – 0.7mm (22-24 AWG). Rzędy zasilania i kolumny oznaczone liczbami są ze sobą połączone w sposób pokazany poniżej, ale w innych typach płytek, sposób połączenia może się różnić.

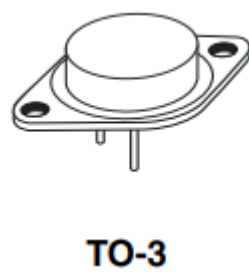
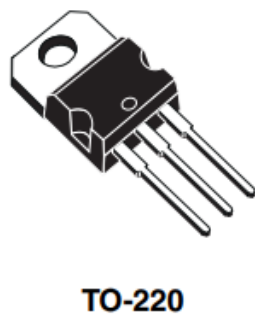
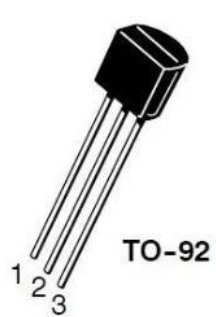


Rys. 7 Połączenie pinów na płytce prototypowej

Typy opakowania THT

Komponenty THT produkowane są w wielu różnych opakowaniach co wpływa na ich wygląd, wymiary, moc i inne parametry. Niektóre obudowy mają specjalną blaszkę do której mocuje się radiator (heat sink), pozwalający odprowadzać ciepło.

Przykłady opakowań komponentów THT



SMD (Surface-mounted device) to elementy lutowane do wypustów umieszczonych na powierzchni płytki. Elementy SMD są mniejsze i znacznie trudniejsze do samodzielnego lutowania. Nowoczesne urządzenia jak: telefony czy komputery zbudowane są w większości z komponentów SMD.



Opakowania komponentów SMD

Komponenty SMD występują w różnych opakowaniach (packages), które określają ich wielkość, a także często moc znamionową. Jest to istotne podczas projektowania układów, a później projektowania płytki PCB. Kod opakowania zawiera długość i szerokość komponentu.

Istnieją 2 standardy opakowań:

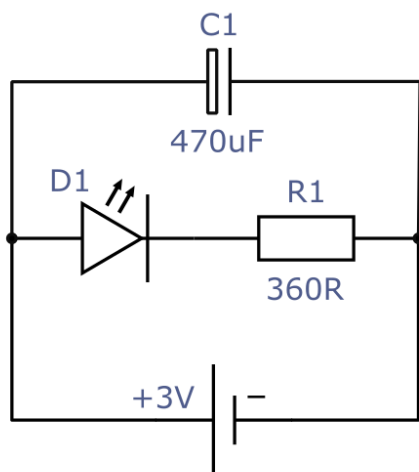
1. amerykański podawany w calach
2. metryczny określony w mm.



Kod opakowania Imperial	Rozmiar (l x w) [inch]	Kod opakowania Metric	Rozmiar (l x w) [mm]	Moc znamionowa
0201	0,024 x 0,012	0603	0,6 x 0,3	1/20W
0402	0,04 x 0,02	1005	1,0 x 0,5	1/16W
0603	0,063 x 0,031	1608	1,6 x 0,8	1/10W
0805	0,08 x 0,05	2012	2,0 x 1,25	1/8W
1206	0,126 x 0,063	3216	3,2 x 1,6	1/4W
1210	0,126 x 0,10	3225	3,2 x 2,5	1/2W
1812	0,18 x 0,12	3246	3,2 x 4,6	1W
2010	0,20 x 0,10	5025	5,0 x 2,5	3/4W
2512	0,25 x 0,12	6332	6,35 x 3,2	1W

Schemat elektryczny

Schemat elektryczny (ideowy) to graficzna interpretacja układu elektrycznego, który

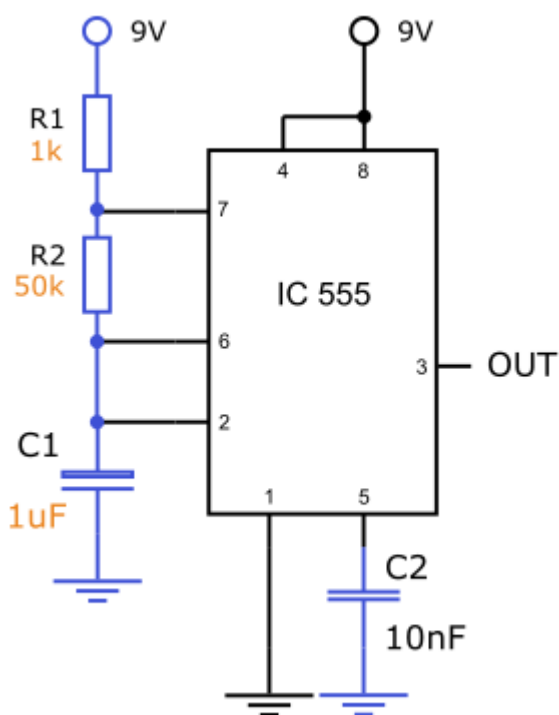


pokazuje połączenie elementów za pomocą ustalonych znaków graficznych. Występują 2 standardy, które warto znać: amerykański i międzynarodowy.

Na schematach ideowych często znajdują się też nazwy komponentów oraz ich wartości.

Węzły, miejsca połączeń, oznacza się za pomocą kropki.

Schematy elektryczne zazwyczaj przedstawiane są w najprostszej postaci, tak aby były łatwe do odczytania i wizualizacji. Np. piny układu scalonego na schemacie mogą być przedstawione w zupełnie innym miejscu choć w rzeczywistości wygląda to zupełnie inaczej.

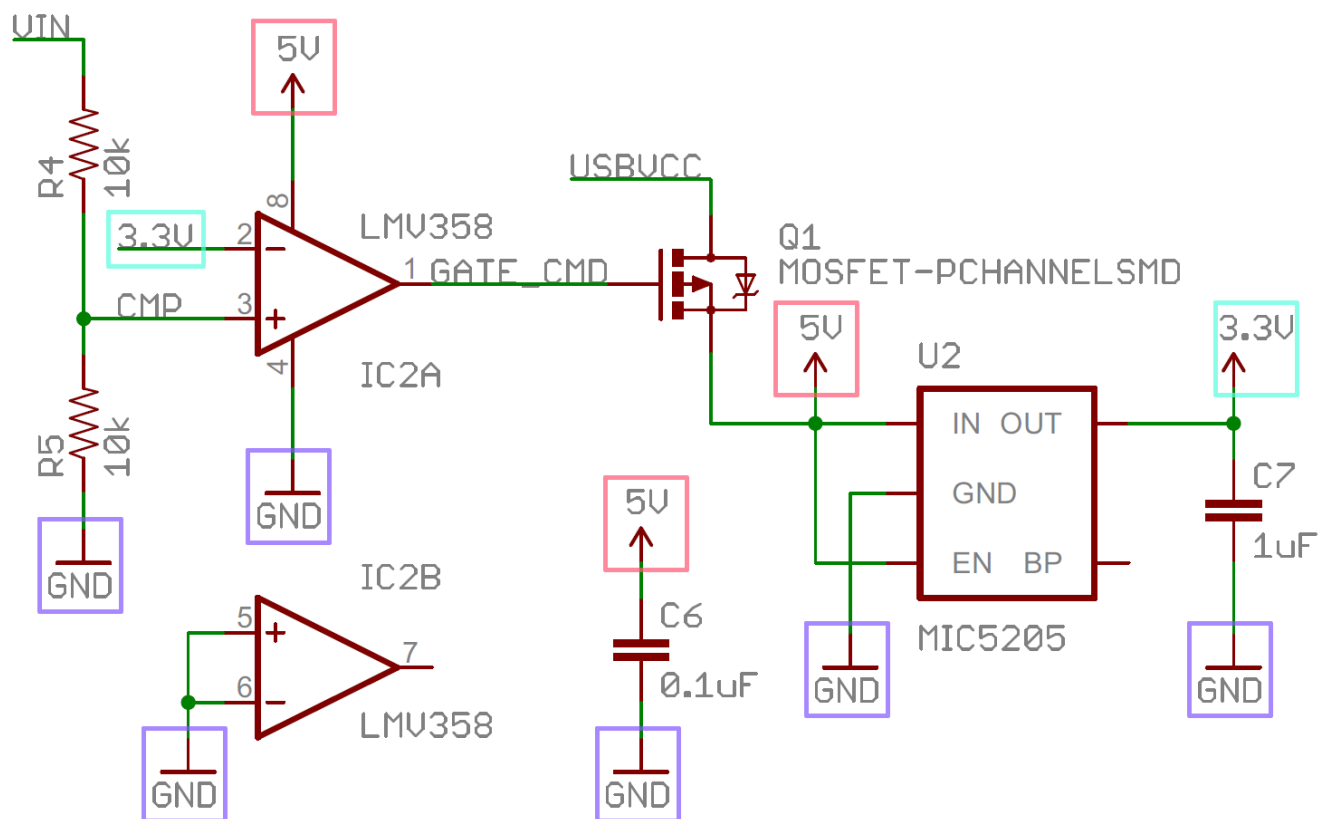


W przykładzie obok układ IC 555 pokazuje wyprowadzenia pinów 1 – 8 w takiej kolejności, która pozwala przedstawić schemat w prosty sposób unikając krzyżowania przewodów. W rzeczywistości rozmieszczenie i numeracja pinów wygląda inaczej.

Symbole na schematach elektrycznych

Symbol		Opis
		rezystor
		potencjometr
		fotorezystor
		termistor
		ogniwo (źródło napięcia)
		biegun ujemny (masa, uziemienie)
		Źródła napięcia DC, AC
		kondensator (niespolaryzowany, spolaryzowany)
		cewka
		dioda LED, d.prostownicza, d. schottky'ego, d. zenera
		łącznik chwilowy (NC, NO)
		przełącznik (3-pozycyjny SPDT, 2-pozycyjny SPST)
		silnik, grzałka
		mikrofon, głośnik
		tranzystor bipolarny NPN i PNP
		bezpiecznik

Na schematach zazwyczaj nie łączy się punktów wspólnych zasilania i masy (ground).



Komponenty spolaryzowane

Część komponentów elektronicznych jest spolaryzowana, to oznacza, że przystosowana jest do zasilania prądem stałym i należy je odpowiednio podłączyć.

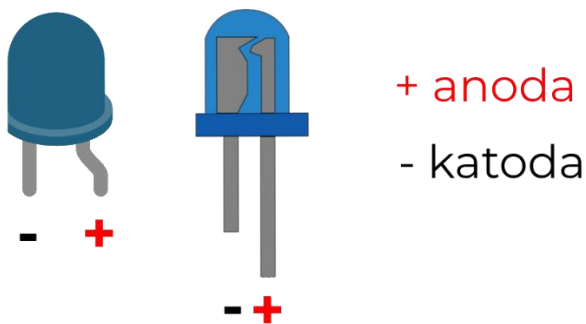
Anoda to elektroda dodatnia, przez którą do urządzenia wpływa prąd.

Katoda to elektroda ujemna, przez którą z urządzenia wypływa prąd elektryczny.

Anoda lub katoda jest zazwyczaj w jakiś sposób oznaczona. Może to być graficzny znak + lub – na obudowie komponentu. Dodatkowo pin anody zazwyczaj jest dłuższy od katody. W przypadku diody LED jedna strona jest spłaszczona co wyznacza katodę.

Każdy element powinien być sprawdzony w nocie katalogowej producenta, aby uniknąć błędów w połączeniu.

Błędne podłączenie komponentów, często skutkuje ich zniszczeniem (czasami nawet wybuchem w przypadku kondensatorów).



Prawo Ohma

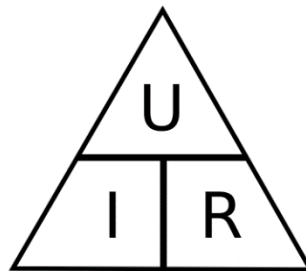
Przepływ prądu charakteryzuje się 3 podstawowymi właściwościami, są to:

1. napięcie U
2. natężenie I
3. opór R

Prawo Ohma

Natężenie prądu płynącego w układzie jest proporcjonalne do przyłożonego napięcia.

$$U = I \times R$$

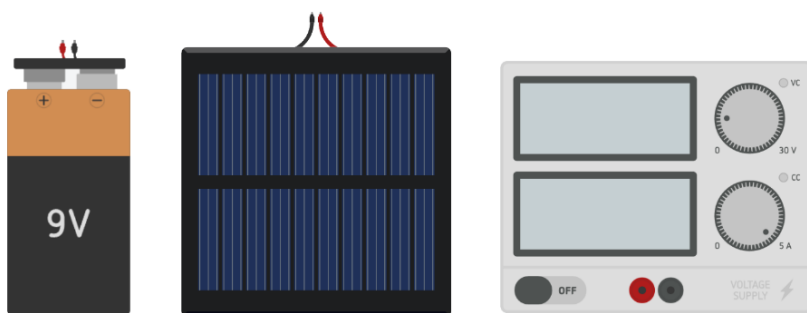


Napięcie U

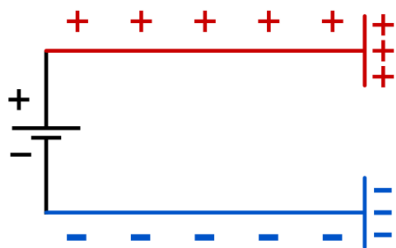
Napięcie to różnica potencjałów między 2 punktami układu (siła, która wprawia ładunki elektryczne w ruch). Im większe napięcie, tym większa energia ładunku.

Napięcie generują takie źródła jak, np. bateria, ogniwo fotowoltaiczne, zasilacz.

Jednostką napięcia jest volt [V].



Rys. 8 Źródła napięcia elektrycznego



Po podłączeniu przewodu do źródła energii, pole elektryczne rozprzestrzenia się błyskawicznie wzdłuż układu i powoduje ruch wolnych elektronów (ok. 6mm / min).

Natężenie I

Natężenie (prąd) to ilość ładunków Q , które przepływają przez przewodnik w czasie t .

Jednostką natężenia jest amper [A].

$$I \text{ [A]} = \frac{Q \text{ [C]}}{t \text{ [s]}}$$

Im większy przekrój poprzeczny przewodnika, tym większa wydajność prądowa i mniejsze straty energii.

Rezystancja R

Rezystancja, to zdolność do przeciwstawiania się przepływowi prądu.

Jednostką oporu jest ohm – 1Ω (często zamiennie wpisuje się literę R)

Opór elektryczny przewodnika zależy od materiału z jakiego został wykonany, przekroju poprzecznego oraz długości.

Opór wynika z faktu, że ładunki płynące w układzie zderzają się z innymi atomami, co powoduje zamianę energii kinetycznej w ciepłą. Im więcej zderzeń, tym większa rezystancja i straty energii w postaci ciepła.

Obliczenia

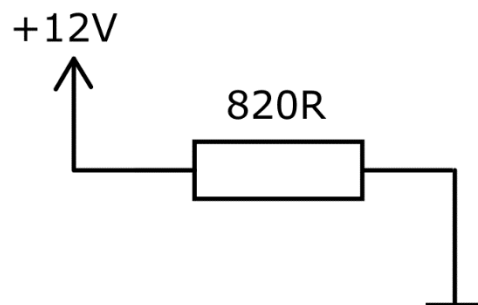
Jaki prąd płynie w układzie zasilanym baterią 12V z rezystorem o wartości 820Ω ?

$$U = 12V$$

$$R = 820\Omega$$

$$U = I \times R$$

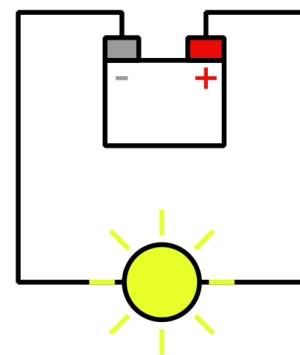
$$I = \frac{U}{R} = \frac{12V}{820\Omega} = 0.015A = 15mA$$



Długie i cienkie przewody mają opór, który należy uwzględnić w obliczeniach. W przypadku odpowiednio dopasowanych i krótkich przewodów, ich rezystancji się nie uwzględnia. Więcej na ten temat w dziale: Rozmiar i rezystancja przewodów.

Warunki przepływu prądu

1. Źródło napięcia (różnica potencjałów)
2. Obwód zamknięty stworzony z przewodników
3. Odbiornik prądu*

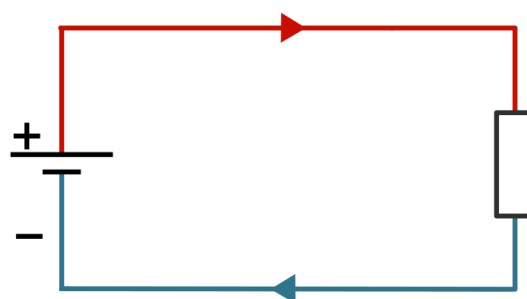


* Obwód powinien zawierać elementy bierne, aby zużywać energię dostarczaną do układu.

Prąd zawsze „wybiera najłatwiejszą ścieżkę”

Umowny kierunek przepływu prądu

Umownie uznaje się, że prąd płynie od potencjału wyższego do niższego, czyli od + do -. W tym modelu rozpatruje się ruch ładunków elektrycznych choć w rzeczywistości elektrony przemieszczają się od bieguna ujemnego do dodatniego.

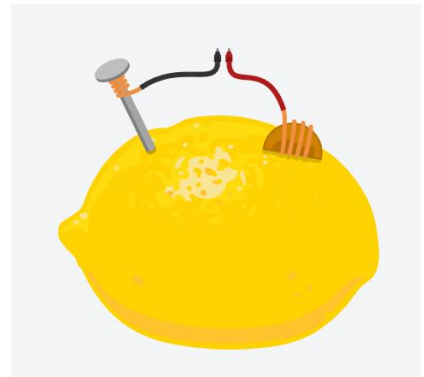


Przewodniki

Prąd może płynąć jedynie poprzez niektóre materiały, które nazywamy w skrócie przewodnikami.

Dobrymi przewodnikami są metale, np: srebro, miedź, złoto, aluminium, żelazo, cyna, itp.

Dobrym przewodnikiem jest również elektrolit (roztwór jonowy). Najprostszym elektrolitem jest mieszanina wody z solą lub sok z cytryny lub kwas siarkowy w akumulatorach samochodowych.



Istnieją jeszcze półprzewodniki, które przewodzą prąd w określonych warunkach. Półprzewodniki stały się sercem współczesnej elektroniki.

Izolatory

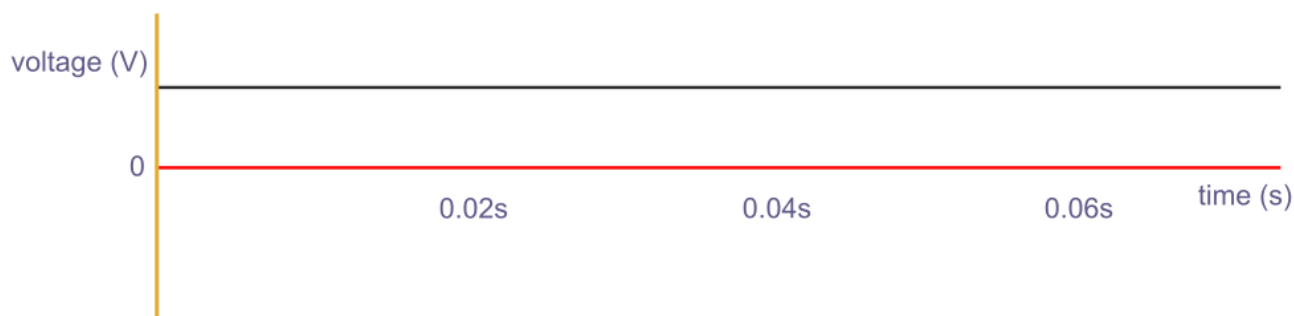
Niektóre materiały praktycznie w ogóle nie przewodzą prądu, nazywamy je izolatorami. Dobrym izolatorem jest np. drewno, tworzywo sztuczne, guma, porcelana czy woda destylowana.

Wewnętrzna struktura atomu i konfiguracja powłoki walencyjnej elektronów decyduje głównie o tym, czy materiał jest przewodnikiem, półprzewodnikiem lub izolatorem.

Prąd stały i zmienny

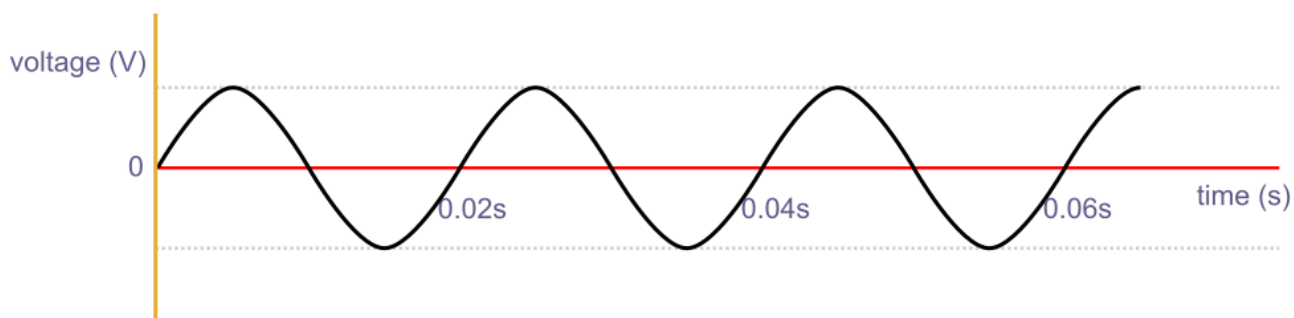
Wyróżniamy 2 podstawowe rodzaje prądu: stały DC i przemienny AC.

Prąd stały DC (direct current) charakteryzuje się tym, że płynie zawsze w tym samym kierunku i nie zmienia się jego biegunowość.



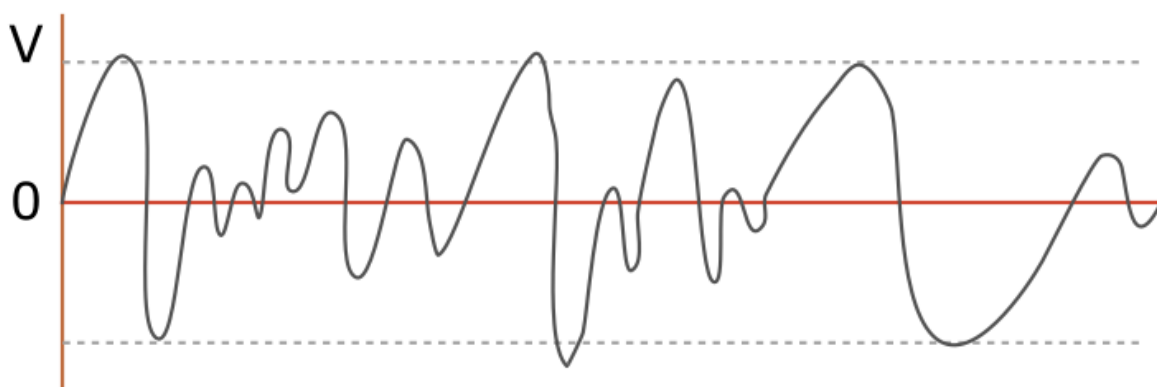
Rys. 9 Wykres prądu stałego DC w czasie

Prąd przemienny AC (alternating current) to prąd elektryczny, dla którego wartość natężenia zmienia się w czasie zależnie od zmian napięcia. Prąd i napięcie wzrastają do maksymalnych wartości, po czym spadają do zera i dalej, aż osiągną wartość maksymalną o przeciwnej polaryzacji. Amplituda sygnału nie zmienia się. Prąd przemienny zmienia swoją polaryzację okresowo z określoną częstotliwością. W Polsce, prąd w sieci energetycznej zmienia się 50 razy na sekundę (50 Hz).



Rys. 10 Wykres prądu przemiennego AC w czasie

Prąd zmienny w odróżnieniu od przemiennego, nie ma stałej amplitudy ani częstotliwości. Przykładem prądu zmiennego może być sygnał audio.



Rys. 11 Wykres prądu zmiennego w czasie

Zamiana prądu stałego na prąd zmienny DC-AC, jest możliwa dzięki przetwornicy napięcia, np. 12 VDC na 230 VAC.

Zmiana prądu zmiennego na stały AC-DC jest możliwa dzięki przetwornicy impulsowej, zwanej zasilaczem. Zjawisko to wykorzystywane jest często w urządzeniach domowych, gdzie obniża się napięcie dzięki wbudowanemu transformatorowi, a następnie prostuje i stabilizuje.

Sygnał AC może mieć składowe DC czyli stałe przesunięcie napięcia. To oznacza, że oscylacje AC nie są symetryczne względem zera.

Sygnał cyfrowy i analogowy

Sygnał **analogowy** jest **ciągły**, co oznacza, że jego wartość zmienia się w sposób płynny w czasie.

Sygnał **cyfrowy** jest **dyskretny**, co oznacza, że składa się z określonych wartości (np. 0 i 1).

W idealnym świecie Sygnał cyfrowy powinien zmieniać stany napięć natychmiastowo, ale zbocza rosnące i opadające nie są idealnie pionowe.

Pojemności i impedancja układu zmieniają charakterystykę sygnału.

Sygnał cyfrowy w rzeczywistości jest sygnałem analogowym.

W elektronice posługujemy się głównie 2 podstawowymi rodzajami sygnałów, jest to sygnał AC i DC

W sygnale AC kierunek i wartość natężenia zmieniają się cyklicznie w czasie. Zmienia się ich biegunowość.

Sygnał AC może mieć formę sinusoidalną, prostokątną, trójkątną i inne.

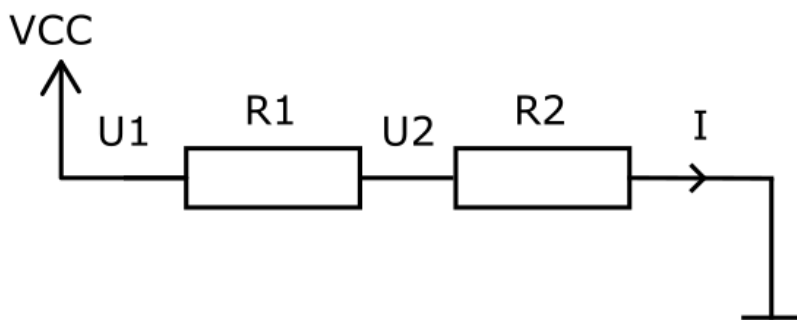
Sygnał DC ma stały kierunek w czasie SYGNAŁÓW

Połączenia szeregowe i równoległe

Obwody elektryczne można połączyć na dwa sposoby: szeregowo lub równoległe.

Połączenie szeregowe

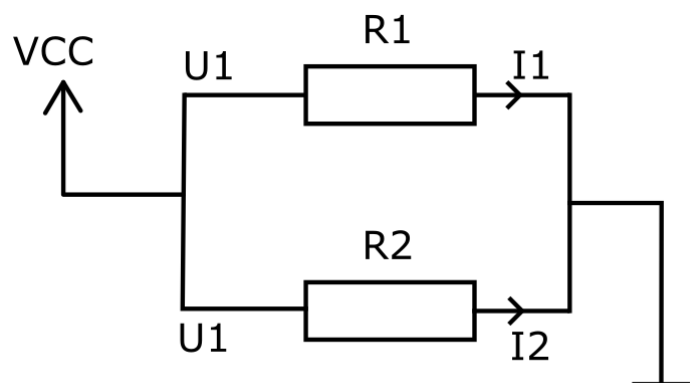
Połączenie elementów obwodu elektrycznego w szeregu (obok siebie), gdzie koniec jednego elementu styka się z początkiem kolejnego.



W połączeniu szeregowym prąd przepływa kolejno przez wszystkie elementy szeregu. W przypadku, gdy jeden z nich się przepali lub obwód zostanie przerwany to wszystkie elementy obwodu przestaną działać. W połączeniu szeregowym natężenie prądu dla każdego elementu ma taką samą wartość, a napięcie spada z każdym elementem w układzie.

Połączenie równoległe

Połączenie w którym wszystkie końce oraz początki elementów są połączone razem. Połączenie takie tworzy odpowiednią liczbę gałęzi, w których mogą płynąć różne prądy przy takim samym napięciu.



Pomiary

Pomiary napięcia, natężenia i oporu można przeprowadzić za pomocą miernika uniwersalnego, zwanego multimetrem.

Opór i napięcie mierzymy w podobny sposób - równolegle.

Natężenie, mierzy się na danej gałęzi, przerywając obwód i wpinając miernik szeregowo. Pomiar natężenia odbywa się za pomocą odrębnego wejścia A lub mA w zależności od zakresu.

Uwaga!

Nieprawidłowe podłączenie przewodów miernika podczas pomiaru natężenia może spowodować jego uszkodzenie.



Jednostki układu SI

Dziesiętne wielokrotności jednostek miar

Przedrostek	Oznaczenie	Mnożnik
tera	T	$10^{12} = 1\,000\,000\,000\,000$
giga	G	$10^9 = 1\,000\,000\,000$
mega	M	$10^6 = 1\,000\,000$
kilo	k	$10^3 = 1\,000$
hekto	h	$10^2 = 100$
deka	da	$10^1 = 10$
decy	d	$10^{-1} = 0.1$
centy	c	$10^{-2} = 0.01$
mili	m	$10^{-3} = 0.001$
mikro	μ	$10^{-6} = 0.000\,001$
nano	n	$10^{-9} = 0.000\,000\,001$
piko	p	$10^{-12} = 0.000\,000\,000\,001$

Wielkość	Nazwa	Oznaczenie
Długość, odległość	metr	m
Masa	kilogram	kg
Czas	sekunda	s
Prąd elektryczny	amper	A
Temperatura	kelwin	K
Liczność materii	mol	Mol
Światłość	kandela	Cd

Podstawowe jednostki

Jednostki pochodne (tworzone z jednostek podstawowych)

Wielkość	Nazwa	Oznaczenie	W jedn. SI
Ładunek elektryczny	kulomb (coulomb)	C	A*s
Siła	niuton (newton)	N	kg*m/s ²
Energia	dżul (joule)	J	N*m
Moc	wat (watt)	W	J/s
Napięcie	wolt (volt)	V	W/A
Opór	ohm	Ω	V/A
Pojemność	farad	F	C/V
Częstotliwość	herc	Hz	s ⁻¹
Ciśnienie	pascal	Pa	N / m ²

Moc

Moc elektryczna to szybkość, z jaką energia elektryczna jest przekazywana lub zużywana w obwodzie.

Jednostką mocy jest 1 watt [W]

Podstawowe wzory na moc:

$$P = U \times I$$

$$P = \frac{E [J]}{t [s]}$$

Wartość mocy mówi ile energii dane urządzenie (lub układ) potrzebuje by funkcjonować prawidłowo (tym samym ile energii elektrycznej zamienia na inną formę energii).

Straty mocy

Żadne urządzenie nie działa z pełną mocą, zawsze występują straty mocy / energii.

Najłatwiej to zauważyć w elementach oporowych, gdzie straty mocy występują w postaci ciepła. Zgodnie z wzorem, im większy opór i natężenie tym większe straty mocy.

$$P = U \times I = I^2 \times R$$

Przesyłanie energii elektrycznej między miastami, a elektrownią byłoby niemożliwe przy wysokim natężeniu. Dlatego napowietrzne linie energetyczne wysokiego napięcia przesyłają prąd o napięciu np. 400kV, 220kV czy 110kV. Podwyższenie napięcia, pozwala obniżyć natężenie, a tym samym ograniczyć straty mocy, które wydzieliłyby się w postaci ciepła.

Pojęcie mocy w układach DC jest proste, natomiast w przypadku prądu przemiennego AC sytuacja zdecydowanie się komplikuje.

Odbiorniki prądu (cewki, kondensatory) podłączone do sieci stawiają opór, który nazywa się reaktancją. Reaktancja powoduje przesunięcia fazowe prądu względem napięcia, co wpływa na ostateczną wartość mocy.

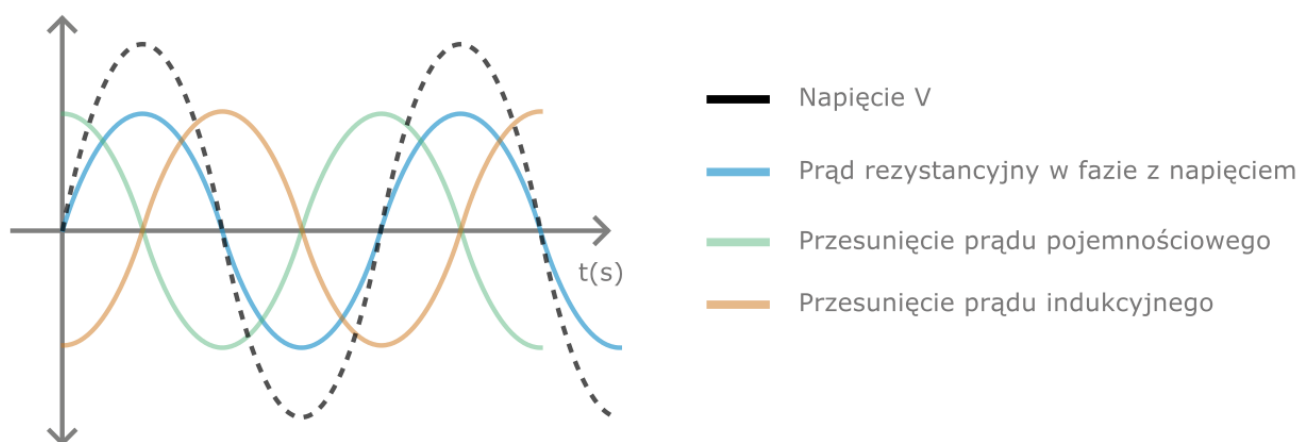
Reakcja indukcyjna (cewki, silniki) powoduje przesunięcia fazowe w jedną stronę, a reaktancja pojemnościowa (kondensatory) w drugą.

Impedancja Z to całkowity opór jaki napotyka prąd zmienny w obwodzie, jest to połączenie rezystancji R i reaktancji X .

Obliczenie impedancji, a tym samym mocy prądu zmiennego w danym układzie jest dość złożona i wymaga użycia liczb urojonych.

W związku z powyższym prąd AC charakteryzuje się mocą czynną (użyteczną), bierną i pozorną.

Np. w zakładach, gdzie stosuje się potężne silniki elektryczne należy również stosować ogromne kondensatory, które będą równoważyć przesunięcia fazowe prądu.



Baterie

Bateria to urządzenie, które zamienia energię chemiczną w elektryczną.

Właściwości baterii

1. Napięcie (V)

Wszystkie baterie mają wartość napięcia oznaczoną na opakowaniu, np.: 1.5V, 3V, 9V

2. Pojemność K (mAh lub Ah)

Pojemność zależy głównie od rozmiaru i producenta, średnie wartości to.:

6LR61 – 500mAh

LR06 - 2000mAh

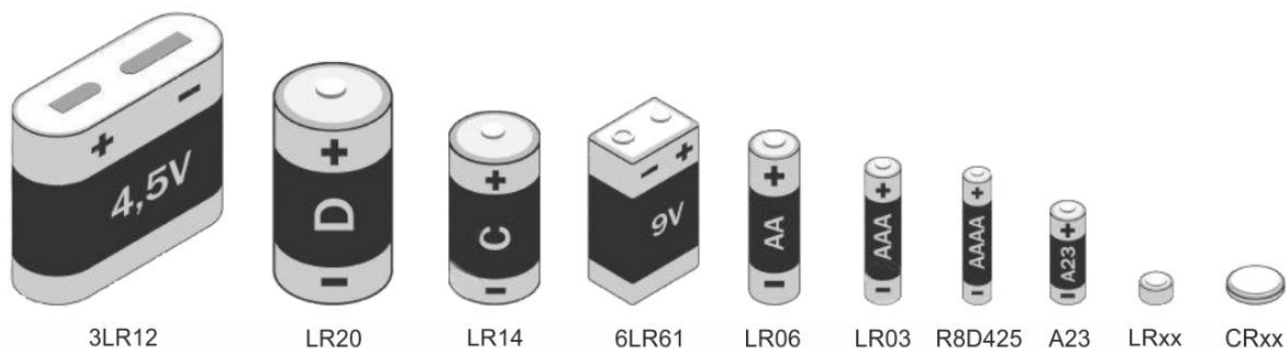
LR03 - 1000mAh

Pojemność podawana jest na opakowaniu w przypadku akumulatorów.

3. Wydajność prądowa I (mA lub A)

Wydajność prądowa zwykłych baterii jest stosunkowo niska, ok. 500mA, ponieważ zazwyczaj stosowane są do urządzeń o niskim poborze prądu (do 50mA). Baterie do zadań specjalnych (np. lipowe) mogą bezpiecznie podawać 40-80 A prądu, a baterie samochodowe nawet do 1000A.

Rozmiar i kod baterii



Podstawowy kod baterii składa się z cyfr i litery R.

Dodatkowa litera L oznacza baterię alkaliczną.

Litera H oznacza akumulator niklowo-metalowo-wodorkowy, np. HR6

Typy baterii / akumulatorów

Cynkowo-węglowe to podstawowe ogniwa elektryczne, których używanie powoduje korozję. Po rozładowaniu należy je wyjąć z urządzenia, ponieważ korozja powoduje wypłynięcie elektrolitu.

Alkaliczne charakteryzują się większą obciążalnością prądową i trwałością.

Li-Po (litowo polimerowe) charakteryzują się małą masą i dużym prądem wyładowania. Podstawowe ogniwo Li-Po daje napięcie ok. 3.7V (1S).

Akumulatory LiPo oznaczone są w następujący sposób, np: 3S 11,1V 800mAh 25C

3S oznacza ilość ogniw – $3 \times 3.7V = 11.1V$

800mAh pojemność baterii – w ciągu godziny można z niej pobierać prąd 800mA (0.8A)

25C to wydajność prądowa – $K \times C = 0.8Ah \times 25 = 20A$

Energia zgromadzona w baterii = $K \times V = 0.8Ah \times 11.1V = 8.88Wh$



Niebezpieczeństwo związane z bateriami

Wybuch i zagrożenie pożarem



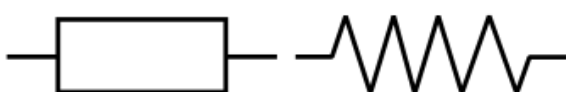
Uszkodzenie urządzeń



Rezystor



Rezystor służy do regulowania (ograniczania) natężenia prądu płynącego w układzie. Rezystor jest elementem symetrycznym, oznacza to, że jego właściwości nie zmieniają się w zależności od kierunku jego podłączenia.



Rys. 12 Symbole rezystora na schematach

Rezystory charakteryzują się 3 głównymi właściwościami, są to: rezystancja, moc znamionowa, tolerancja.

Rezystancja określana w jednostce Ω Ohm, mówi o wartości oporu.

Moc znamionowa określa ile mocy dany rezystor jest w stanie bezpiecznie rozproszyć, standardowe wartości dla rezystorów THT to: (0,125W, 0,25W, 0,5W, 1W).

Moc wydzielaną na rezystorze oblicza się przy pomocy natężenia płynącego w gałęzi oraz napięcia odłożonego na rezystorze: $P = I \times U$

Tolerancja określa o ile może się różnić rzeczywista rezystancja od podanej przez producenta. Oporniki produkowane są wg kilku szeregów wartości oporu. Rodzaj szeregu zależy od dokładności wykonania. Dokładność tę podajemy w procentach i określa ona dopuszczalną tolerancję rzeczywistej wartości opornika od wartości w danym szeregu. Na przykład rezystancja opornika 1k o tolerancji 10% mieści się w zakresie od 900R do 1100R.

Moc wydzielona na rezystorze

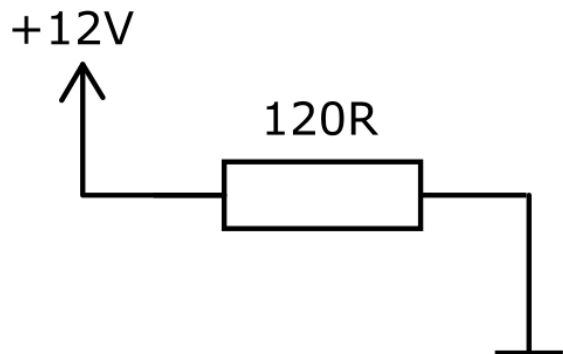
Jaka moc zostanie wydzielona na rezystorze w podanym schemacie?

W układzie znajduje się tylko jeden element bierny i to na nim zostanie odłożone całe napięcie zasilania.

$$U = 12V$$

$$I = U / R = 12V / 120R = 0.1A$$

$$P = U * I = 12V * 0.1A = 1.2W$$

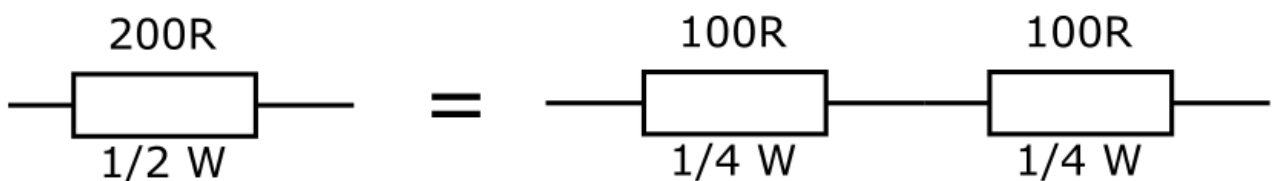


Na rezystorze zostanie wydzielona moc o wartości 1.2W w postaci ciepła.

Wiedząc to należy użyć rezystora o mocy znamionowej powyżej 1.2W. Bezpiecznie jest projektować układy z zapasem mocy. W tym przypadku należałoby użyć rezystora o mocy znamionowej 2W.

Łączenie rezystorów

Połączenie szeregowe rezystorów sumuje ich rezystancję i moc znamionową, tj: rezystor 200R 1/2W można zastąpić 2 rezystorami 100R 1/4W.



Połączenie równoległe rezystorów jest bardziej skomplikowane i ich rezystancję zastępczą oblicza się za pomocą wzoru:

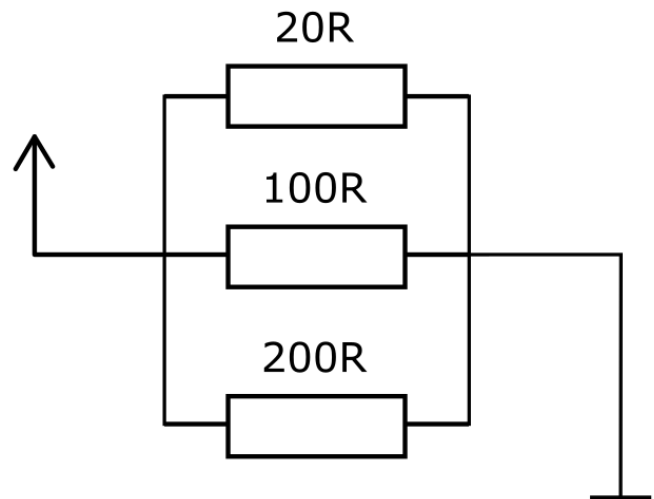
Dla wielu rezystorów:

$$\frac{1}{R_z} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_n}$$

Uproszczony wzór dla 2 rezystorów:

$$R_z = \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2}$$

W połączeniu równoległym rezystancja zastępcza będzie zawsze mniejsza od wartości najmniejszego z rezystorów układu.



Obliczenia

Wyznaczanie rezystancji zastępczej 3 równoległe połączonych rezystorów: 20R, 100R i 200R.

$$\frac{1}{R_z} = \frac{1}{20} + \frac{1}{100} + \frac{1}{200} = \frac{10 + 2 + 1}{200} = \frac{13}{200}$$

$$R_z = \frac{1 * 200}{13} = 15R$$

Standard wartości rezystorów

Nazwa	Tolerancja	Szereg
E6	20%	10, 15, 22, 33, 47, 68
E12	10%	10, 12, 15, 18, 22, 27, 33, 39, 47, 56, 68, 82
E24	5%	10, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 20, 22, 24, 27, 30, 33, 36, 39, 43, 47, 51, 56, 62, 68, 75, 82, 91

Wartości szeregu są wyznaczane przez kolejne mnożniki: 0.1, 1, 10, 100, 1000... W ten sposób otrzymujemy wartości oporu produkowanych oporników, np.:

1.3R, 13R, 130R, 1k3, 13k, 130k, ...

Wartości rezystorów THT

Wartości rezystorów THT są opisane za pomocą kolorowego kodu paskowego. Warto zapamiętać wartości przypisane do kolorów, dzięki czemu łatwo można rozszyfrować wartości rezystorów.

Color	Significant figures			Multiply	Tolerance
black	0	0	0	x1	
brown	1	1	1	x10	1 (F)
red	2	2	2	x100	2 (G)
orange	3	3	3	x1k	
yellow	4	4	4	x10k	
green	5	5	5	x100k	0.5 (D)
blue	6	6	6	x1M	0.25 (C)
violet	7	7	7	x10M	0.1 (B)
grey	8	8	8	x100M	0.05 (A)
white	9	9	9	x1G	
gold				x0.1	5 (J)
silver				x0.01	10 (K)
none					20 (M)

Przykład odczytania wartości rezystora 1.



1 pasek (red) - 2 2 pasek (black) - 0 3 pasek (black) - 0 4 pasek (gold) - x0.1

Podstawiając zaczytane dane otrzymujemy: $200 \times 0.1 = 20\Omega$ o tolerancji 20%.

Przykład odczytania wartości rezystora 2.



1 pasek (red) - 2 2 pasek (purple) - 7 3 pasek (black) - 0 4 pasek (black) - 1x
5 pasek (brown) - 1%

Podstawiając zaczytane dane otrzymujemy: $270 \times 1 = 270\Omega$ o tolerancji 1%

Wartości rezystorów SMD

Rezystory SMD zazwyczaj opisywane są kodem 3 i 4 cyfrowym. 3 cyfrowy kod stosowany jest dla komponentów o standardowej tolerancji, podczas gdy kod 4 cyfrowy, stosowany jest dla komponentów o większej precyzji.

2 pierwsze znaki (dla kodu 3 cyfrowego lub 3 pierwsze znaki dla kodu 4 cyfrowego) oznaczają wartość bazową. Ostatni znak to mnożnik, który, mówiąc najprościej, oznacza ile zer powinniśmy postawić po wartości bazowej.

Przykłady:

Kod SMD	Wartość rezystancji
102	$R_1 = 10 \times 10^2 = 1000\Omega = 1k$
472	$R_2 = 47 \times 10^2 = 4700\Omega = 4k7$
471	$R_3 = 47 \times 10^1 = 470\Omega = 470R$
513	$R_4 = 51 \times 10^3 = 51000\Omega = 51k$
470	$R_5 = 47 \times 10^0 = 47R$
7992	$R_6 = 799 \times 10^2 = 79900\Omega = 79k9$
0R5	$R_7 = 0.5\Omega$
0R01	$R_8 = 0.01\Omega$
2R3	$R_9 = 2.3\Omega$

Przy rezystorach SMD może pojawić się też zapis 0, 00, 000 co oznacza, że jest to tzw. jumper, czyli połączenie bez jakiegokolwiek rezystancji.

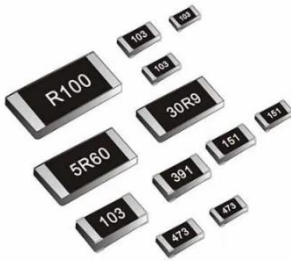
Literę R stosuje się dla wartości rezystancji poniżej 10 ohmów i wyznacza ona miejsce dziesiętne.

Dodatkowo, można spotkać rezystory z bardzo małą rezystancją, np.:

1M50 = 1.5mΩ (1.5 miliohma)

$$2M2 = 2.2m\Omega$$

Moc i rozmiar rezystorów SMD



W rezystorach SMD, ich maksymalną moc znamionową określamy na podstawie wielkości, czyli numeru opakowania, tak jak wskazuje tabela poniżej.

Kod opakowania Imperial	Rozmiar (l x w) [inch]	Kod opakowania Metric	Rozmiar (l x w) [mm]	Moc znamionowa
0201	0,024 x 0,012	0603	0,6 x 0,3	1/20W
0402	0,04 x 0,02	1005	1,0 x 0,5	1/16W
0603	0,063 x 0,031	1608	1,6 x 0,8	1/10W
0805	0,08 x 0,05	2012	2,0 x 1,25	1/8W
1206	0,126 x 0,063	3216	3,2 x 1,6	1/4W
1210	0,126 x 0,10	3225	3,2 x 2,5	1/2W
1812	0,18 x 0,12	3246	3,2 x 4,6	1W
2010	0,20 x 0,10	5025	5,0 x 2,5	3/4W
2512	0,25 x 0,12	6332	6,35 x 3,2	1W

Potencjometr

Potencjometr to rezystor, który za pomocą pokrętła (lub suwaka) może zmieniać swoją rezystancję.



Potencjometr ma określoną rezystancję, czyli może przyjmować wartość oporności od 0 do wartości znamionowej.

Jak działa potencjometr?

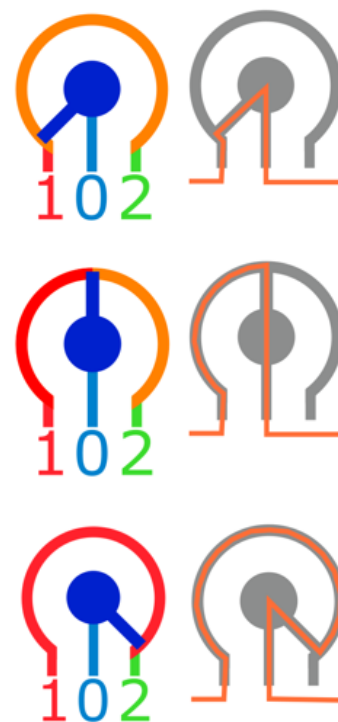
Potencjometr posiada 3 piny, środkowy (ruchomy) nazywamy wspólnym (pin niebieski 0).

Pomarańczowy okrąg to materiał z wysoką rezystancją, który styka się z obrotową częścią niebieską.

Podpinając potencjometr do układu za pomocą pinu czerwonego 1 i niebieskiego, potencjometr nie wykazuje żadnej rezystancji, ponieważ niebieska płytka obrotowa styka się praktycznie z czerwonym przewodem (1), a prąd nie płynie przez pomarańczowy materiał z wysoką rezystancją.

Obracając pokrętkę rezystora do połowy, prąd płynie przez czerwony przewód, a także przez połowę materiału pomarańczowego. Następnie niebieskim przewodem wspólnym wędruje dalej wzdłuż układu. W tym przypadku układ uzyskuje rezystywność równą połowie rezystancji opornika.

W przypadku, gdy przekręcimy potencjometr na 100%, wtedy prąd wędruje przez przewód czerwony i cały materiał rezystywny potencjometru, a następnie przez płytkę obrotową i niebieski przewód wspólny, dalej do układu.

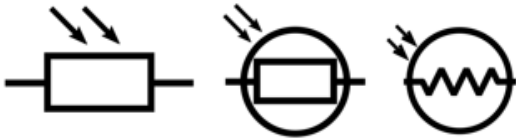


Fotorezystor LDR

Fotorezystor (light dependant resistor) to rezystor, który zmienia poziom rezystancji w zależności od natężenia światła (lux), które pada na jego powierzchnię.



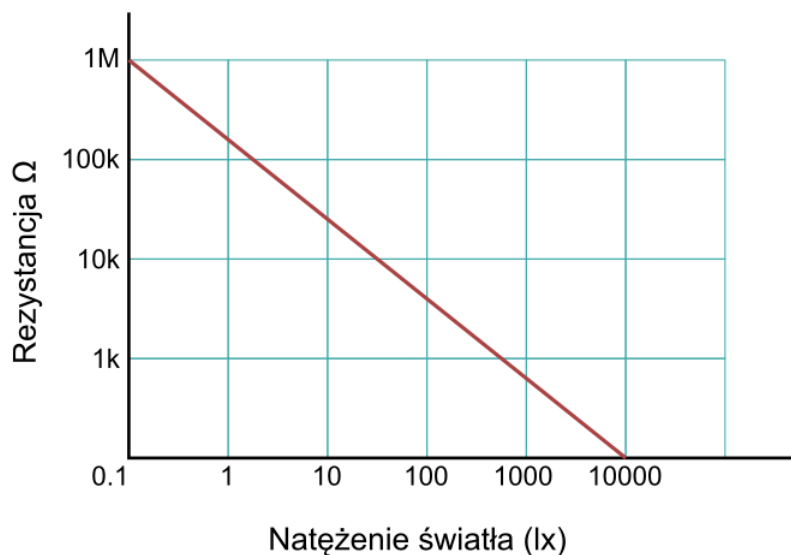
Im ciemniej, tym rezystancja jest większa i odwrotnie.



Rys. 13 Symbole fotorezystora na schemacie

Fotorezystory mogą służyć do automatycznego sterowania oświetleniem lub innymi urządzeniami, których działanie uwarunkowane jest natężeniem światła.

Fotorezystor 5528, posiada rezystancję w ciemności o wartości 1M (1 megaOhm), która spada do ok. 100R w pełnym świetle.



Średnia zależność rezystancji fotorezystora GL 55xx od natężenia światła

Specyfikacja fotorezystorów 55xx.

Rezystancja w ciemności: 1 - 2 M Ω

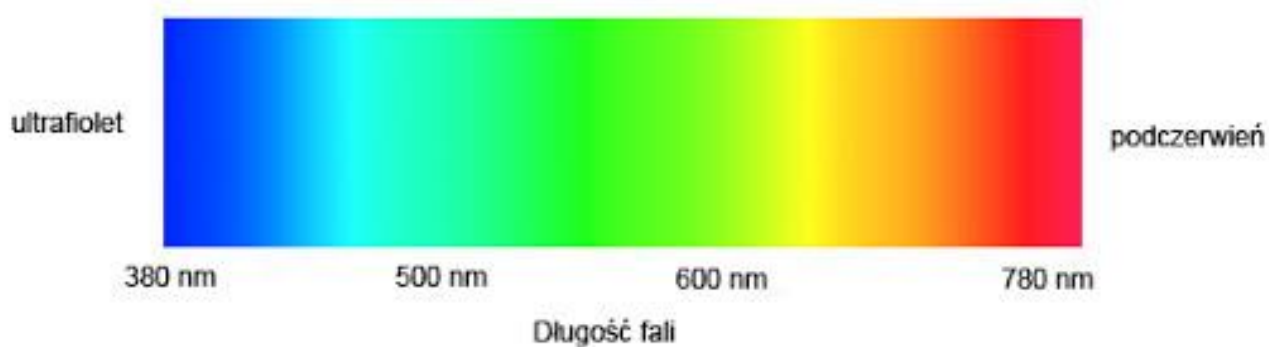
Rezystancja w świetle: 10 lx – 10-50 k Ω , 100 lx – 2-10 k Ω , 10000 lx – 100R

Czas reakcji: 20-30 ms

Max. napięcie: 150V

Max. moc: 100mW

Największa wrażliwość spektralna: 540nm

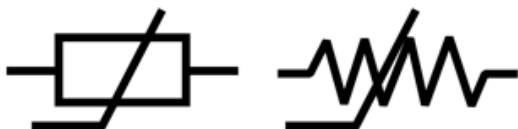


Rys. 14 Spektrum światła widzialnego z długością fali

Termistor



Termistor, to rezystor, który zmienia rezystancję wraz ze zmianą temperatury. Wartość rezystancji podawanej przy zakupie termistora, zazwyczaj jest ustalona w temperaturze pokojowej, tj: $+25^{\circ}\text{C}$.



Rys. 15 Symbole termistora na schematach

Termistory dzieli się na:

PTC (Positive Temperature Coefficient) - które zwiększają rezystancję wraz ze wzrostem temperatury

NTC (Negative Temperature Coefficient) - które zmniejszają rezystancję wraz ze wzrostem temperatury (te są znacznie częściej używane)

Termistor, jak rezystor, może mieć różną wartość rezystancji bazowej, np: 1k, 10k, itp. Większość z nich jednak cechuje się podobnymi właściwościami, jeśli chodzi o moc znamionową czy zakres temperatur.

Termistory te mogą rozpraszać moc do 50mW i pracować w temperaturach od -40°C do $+125^{\circ}\text{C}$

Rozmiar i rezystancja przewodów

Przewody miedziane można określić za pomocą przekroju poprzecznego, średnicy lub liczby AWG. Rozmiar przewodu wpływa bezpośrednio na jego rezystancję i maksymalną obciążalność prądową.

AWG	Ø przewodu (mm)	Przekrój (mm ²)	Rezystancja (ohm/km)	Maks. Obciążalność (A)
10	2.59	5.26	3.28	15.00
11	2.30	4.17	4.13	12.00
12	2.05	3.31	5.21	9.30
13	1.83	2.63	6.57	7.40
14	1.63	2.08	8.29	5.90
15	1.45	1.65	10.44	4.70
16	1.29	1.31	13.17	3.70
17	1.15	1.04	16.61	2.90
18	1.02	0.82	20.94	2.30
19	0.91	0.65	26.41	1.80
20	0.81	0.52	33.29	1.50
21	0.72	0.41	41.98	1.20
22	0.64	0.33	52.94	0.92
23	0.57	0.26	66.78	0.73
24	0.51	0.21	84.20	0.58
25	0.45	0.16	106.20	0.46
26	0.40	0.13	133.86	0.36
27	0.36	0.10	168.82	0.29
28	0.32	0.08	212.87	0.23
29	0.29	0.06	268.40	0.18
30	0.25	0.05	338.50	0.14
31	0.23	0.04	426.73	0.11
32	0.20	0.03	538.25	0.09

Węzły, gałęzie i oczka obwodów elektrycznych

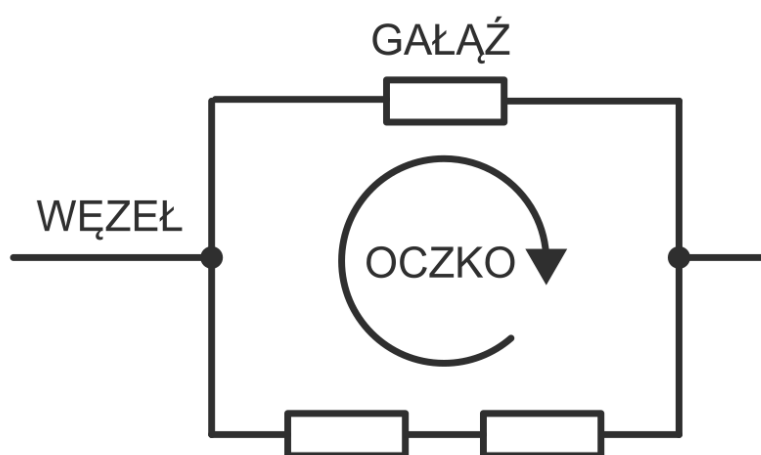
Węzeł obwodu elektrycznego to miejsce, w którym łączą się conajmniej dwa obwody elektryczne (miejsce, w którym łączą się przynajmniej trzy przewody).



Gałąź obwodu elektrycznego to jeden lub więcej połączonych szeregowo elementów obwodu elektrycznego.



Oczko obwodu elektrycznego to zbiór połączonych gałęzi obwodów tworzących drogę zamkniętą dla prądu. Obwody proste (nierozgałęzione) posiadają jedno oczko, obwody złożone (rozgałęzione) posiadają dwa lub więcej oczka.

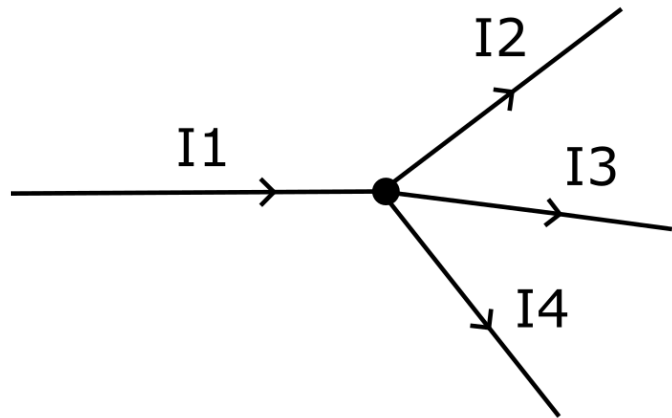


Prawo Kirchhoffa

I prawo

Suma natężeń prądów wpływających do węzła jest równa sumie natężeń prądów wypływających z tego węzła.

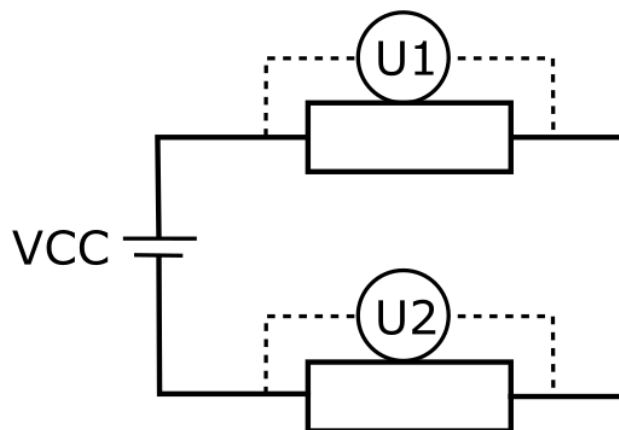
$$I_1 = I_2 + I_3 + I_4$$



II prawo

W obwodzie zamkniętym (oczku), suma spadków napięć na wszystkich odbiornikach prądu musi być równa sumie napięć na źródłach napięcia.

$$V_{CC} = U_1 + U_2$$

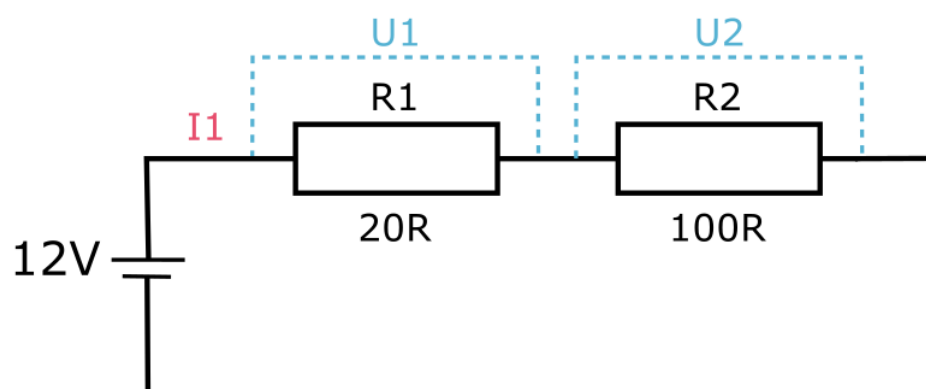


Twierdzenie Thevenina

Dowolną dwuzaciskową sieć złożoną z oporników i źródeł napięciowych można zastąpić połączeniem szeregowym pojedynczego opornika R i pojedynczego źródła napięciowego.

Obliczenia 1

Rozwiąż schemat (podaj spadki napięć U_1 i U_2 oraz wartość I_1).



$$R_z = R_1 + R_2 = 20R + 100R = 120R$$

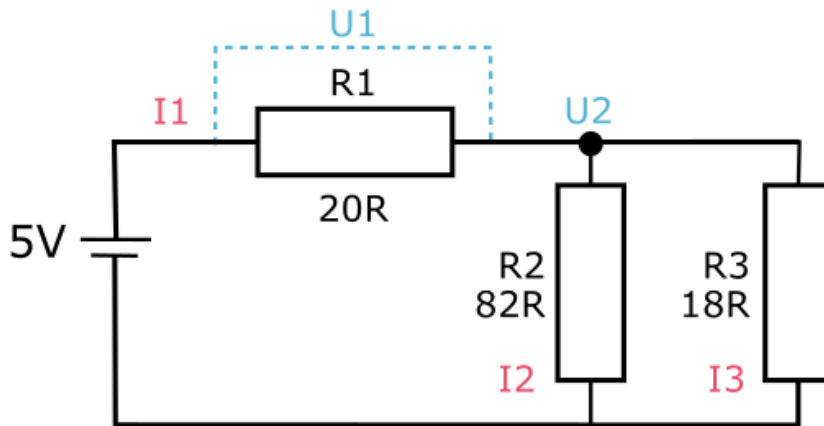
$$I_1 = U_{zas} / R_z = 12V / 120R = 0.1A$$

$$U_1 = I_1 * R_1 = 0.1A * 20R = 2V$$

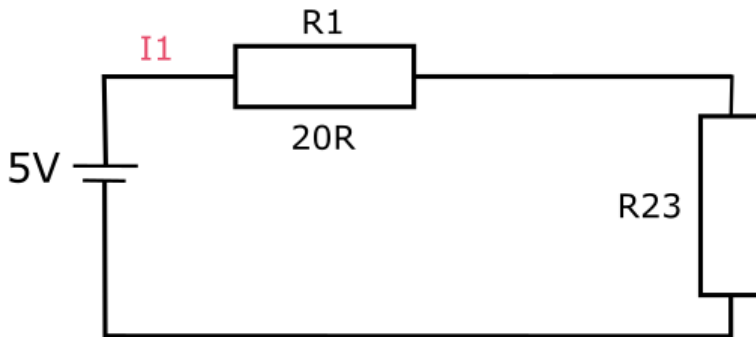
$$U_2 = I_1 * R_2 = 0.1A * 100R = 10V$$

Obliczenia 2

Rozwiąż schemat (podaj napięcie U_2 i natężenia I_1, I_2, I_3)



Uproszczenie schematu



$$R_{23} = \frac{R_2 * R_3}{R_2 + R_3} = \frac{82 * 18}{82 + 18} = \frac{1476}{100} = 14.8R$$

$$R_z = R_1 + R_{23} = 20R + 14.8R = 34.8R$$

$$I_1 = \frac{U}{R} = \frac{5V}{34.8R} = 0.144A$$

$$U_1 = I_1 * R_1 = 0.144A * 20R = 2.88V$$

$$U_2 = 5V - 2.88V = 2.12V$$

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{2.12V}{82R} = 0.026A$$

$$I_3 = \frac{U_2}{R_3} = \frac{2.12V}{18R} = 0.118A$$

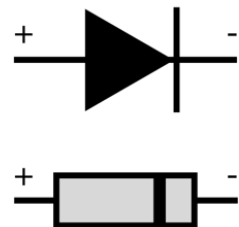
Dioda



Rys. 16 Symbole diod na schematach

Dioda to półprzewodnik, który pozwala na przepływ prądu tylko w jednym kierunku, od anody do katody.

Dioda charakteryzuje się napięciem zaporowym o wartości ok. 0.7V. Oznacza to, że przy napięciu poniżej 0.7 V prąd nie popłynie, a po przekroczeniu tej wartości prąd zacznie płynąć powodując spadek napięcia o ok. 0.7V.



Dioda prostownicza – dioda przeznaczona głównie do prostowania prądu przemiennego, jej główną cechą jest możliwość przewodzenia prądu o dużym natężeniu.

Dioda Zenera jest rodzajem diody półprzewodnikowej, która umożliwia przepływ prądu nie tylko z anody do katody, jak w zwykłej diodzie prostowniczej, ale także w kierunku przeciwnym, po osiągnięciu pewnej różnicy potencjału na elektrodach elementu. Jest często stosowana do regulowania napięcia.

Dioda Schottky'ego (wym. szotkiego) – bardzo szybka dioda półprzewodnikowa. Diody Schottky'ego mają dwukrotnie mniejszy spadek napięcia w kierunku przewodzenia ($U_F = 0,3\text{ V}$) niż diody krzemowe ($U_F = 0,6\text{--}0,7\text{ V}$).

Dioda LED

LED (Light emitting diode) - to dioda półprzewodnikowa, która emituje światło.



LED występują w różnych barwach, które różnią się wartościami napięć przewodzenia. Zazwyczaj standardowa dioda LED połączona jest szeregowo z rezystorem, który ogranicza prąd płynący przez nią do wartości poniżej 20mA.

Istnieją również tzw. powerLED, które emitują bardzo dużo światła, pracując przy natężeniach powyżej 1A.

Dioda jest elementem niesymetrycznym (spolaryzowanym), oznacza to, że anoda powinna być podłączona do wyższego potencjału (napięcia), a katoda do niższego.

LED - Wartości napięć przewodzenia

Kolor diody LED	Wartość typowa	Wartość maksymalna	Maksymalna wartość prądu przewodzenia
Czerwona	1.6V	2.0V	0.020A
Zielona	2.2V	3.0V	0.020A
Żółta	2.2V	3.0V	0.020A
Biała	3.4V	3.8V	0.020A
Niebieska	3.8V	4.5V	0.020A

$$R_{\text{rezystor}} = \frac{U_{\text{zas}} - U_{\text{LED}}}{I_{\text{LED}}}$$

Układ złożony z rezystora i 3 czerwonych diod LED jest zasilany baterią 9V. Jaka powinna być wartość rezystora, aby prąd płynący w układzie wynosił 10mA?

300R

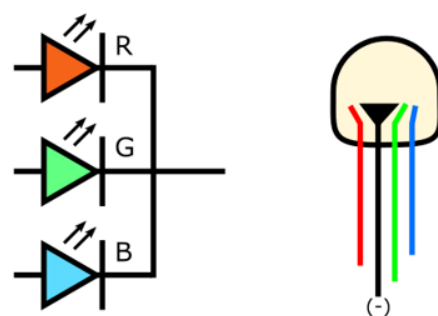
Dioda RGB



Dioda RGB to złożenie 3 diod w jedną (czerwonej, zielonej i niebieskiej), dlatego każdy z pinów należy tak właśnie traktować. Odpowiednie wartości napięcia na każdym z pinów pozwalają stworzyć kolor docelowy.

Diody RGB występują w 2 wariantach: ze wspólną anodą (+) lub katodą (-).

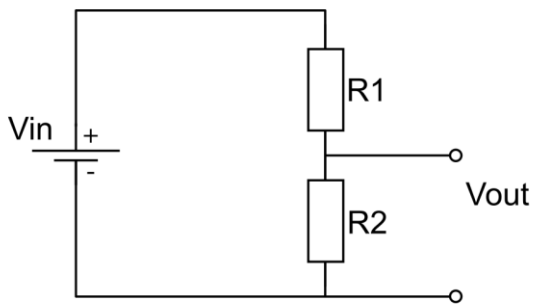
RGB LED (common cathode)



Dzielnik napięcia

Potencjometru lub dwóch rezystorów często używa się jako dzielnik napięcia, aby otrzymać żądane napięcie na wyjściu (V_{out}).

Dzielnik napięcia nie służy do zasilania układów, a raczej do ich sterowania.



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

Obliczenia

Dobierz rezystory, aby uzyskać $V_{out} = 3.3V$, przy $V_{in} = 5V$.

Wybieramy 1 rezystor, np. $R_1 = 100R$ i posłużymy się napięciem odłożonym na $R_1 = 1.7V$. Napięcie dzieli się w proporcjach, tak samo należy podzielić rezystory.

$$\frac{1.7V}{5V} = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$R_1 + R_2 = \frac{5V \times 100R}{1.7V} = 294R$$

$$R_2 = 294R - 100R = 194R \approx 200R$$

Dobór rezystorów ma wpływ na wartość płynącego prądu w układzie. Dodatkowo, po podłączeniu obciążenia do V_{out} zmieni się charakterystyka obwodu, a tym samym napięcia.

Komparator

Komparator LM393 to popularny układ scalony używany do porównywania dwóch sygnałów napięciowych.

LM393 posiada dwa wejścia:

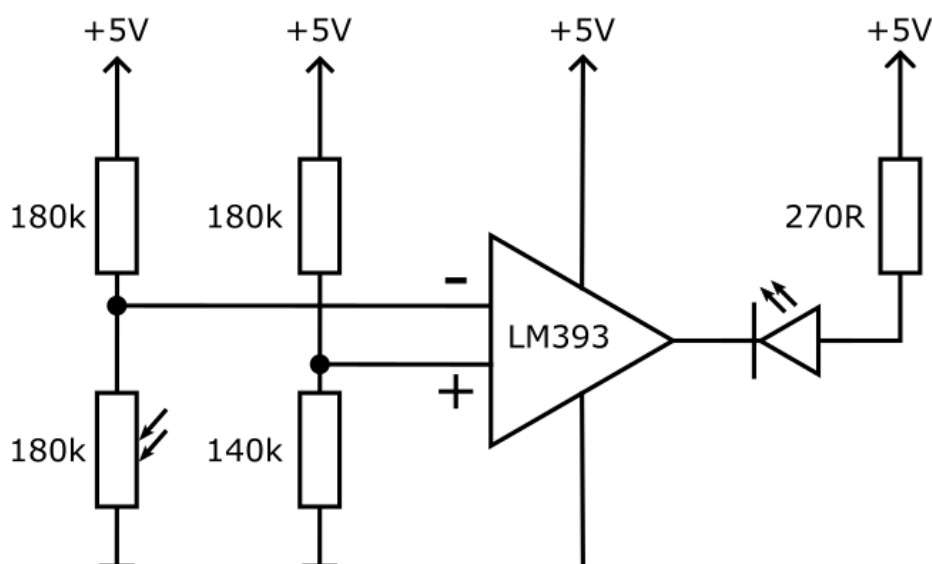
- Nieodwracające (V^+)
- Odwracające (V^-)

Wyjście komparatora przyjmuje stan niski (bliski 0 V) lub wysoki (zależny od zewnętrznego napięcia zasilania), w zależności od porównywanych napięć wejściowych:

Gdy napięcie na wejściu nieodwracającym (V^+) jest większe niż na wejściu odwracającym (V^-), wyjście przyjmuje stan wysoki.

Gdy napięcie na wejściu nieodwracającym (V^+) jest mniejsze niż na wejściu odwracającym (V^-), wyjście przyjmuje stan niski.

Włączenie / wyłączenie LED ze względu na natężenie światła



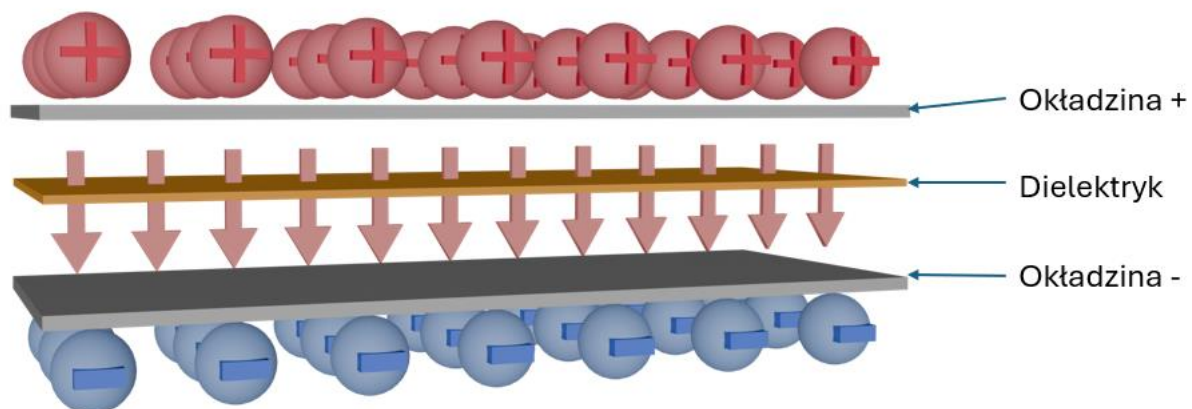
Kondensator



Kondensator to bierny element elektroniczny, który służy do przechowywania energii i filtrowania sygnałów.

Budowa kondensatora

Kondensator zbudowany jest z dwóch okładzin rozdzielonych dielektrykiem.



Przyłożone napięcie powoduje gromadzenie się ładunków o przeciwnych znakach na każdej z okładzin, co w rezultacie generuje pole elektryczne. Ładunki przyciągają się wzajemnie, ale przepływ prądu między okładzinami jest blokowany za pomocą warstwy dielektryka (izolatora), którego materiał decyduje o właściwościach kondensatora (np. elektrolityczne, ceramiczne, tantalowe, itp.) Powstałe pole elektryczne utrzymuje ładunek na długi czas, nawet po odłączeniu kondensatora z układu.

Przed dotknięciem kondensatora o dużej pojemności, należy go rozładować za pomocą rezystora (podłączyć piny rezystora do pinów kondensatora).

Parametry kondensatora

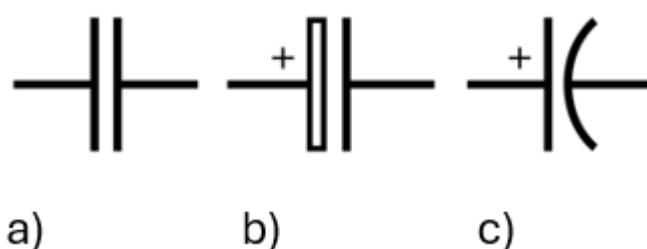
1. Pojemność C [F] (Farad) zakres od pF do mF, tolerancja (1 – 20%)
2. Napięcie znamionowe [V]

3. ESR – rezystancja szeregową
4. Prąd upływu
5. Temperatura pracy, żywotność, rozmiar, przeznaczenie (AC / DC)

Symbole kondensatorów na schemacie

a) Kondensator niespolaryzowany

b) i c) Kondensator spolaryzowany, który należy połączyć w układzie zgodnie z biegunowością.



Uwaga: Nieprawidłowe podłączenie kondensatora spolaryzowanego może spowodować jego uszkodzenie i wybuch.

Trymer



Trymer to kondensator o małej, ale regulowanej pojemności (pF) . Najczęściej stosowany jest równoległe z większym kondensatorem do dostrojenia jego pojemności.

Symbol trymera na schemacie:



Odczytywanie wartości kondensatorów

Wartości kondensatorów ceramicznych podawane są w pikoFaradach (pF).

Dwie pierwsze cyfry to wartość bazowa, trzecia cyfra to mnożnik wykładnika potęgi liczby 10 (w skrócie ilość dodatkowych zer). Czasami na końcu może być podana również litera oznaczająca wartość tolerancji.



$$473 = 47 \times 10^3 = \mathbf{47000pF} = \mathbf{47nF}$$



$$106 = 10 \times 10^6 = \mathbf{10000000pF} = \mathbf{10000nF} = \mathbf{10\mu F}$$



Kondensatory elektrolityczne mają oznaczone wartości i biegunowość na obudowie.

Pojemności kondensatorów są produkowane wg standardów. Liczby w szeregu rozszerzane są o kolejne potęgi liczby 10, np. 2.2, 22, 220, itd.

Nazwa	Tolerancja	Szereg
E6	20%	10, 15, 22, 33, 47, 68
E12	10%	10, 12, 15, 18, 22, 27, 33, 39, 47, 56, 68, 82
E24	5%	10, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 20, 22, 24, 27, 30, 33, 36, 39, 43, 47, 51, 56, 62, 68, 75, 82, 91

Czas ładowania kondensatora

Czas ładowania/rozładowania kondensatora można obliczać za pomocą skomplikowanych wzorów.

W wielu prostych obwodach pojedynczą jednostkę T można obliczyć na podstawie wartości rezystora i kondensatora.

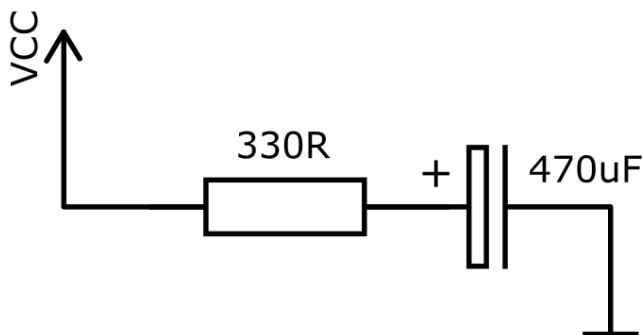
$$T [s] = R \times C$$

T to czas [s] w którym kondensator naładuje się do 63% napięcia V_{CC} .

Czas pełnego naładowania (99,99%) to $5T$.

Podczas rozładowania stosuje się tę samą zależność, z tym, że w czasie $1T$ kondensator straci 37% pojemności, a w czasie $5T$ 99,99%.

Obliczenia:



Wyznaczenie czasu naładowania 99.99% kondensatora z układu powyżej.

$$R = 330R$$

$$C = 470 \mu F = 0.47 \text{ mF} = 0.00047F$$

$$T = R * C = 330R * 0.00047F = 0.155s \text{ (czas naładowania 63\% pojemności)}$$

$$5T = 5 * 0.155s = 0.8s$$

Kondensator w podanych warunkach naładuje się w czasie 0.8s.

Podczas ładowania / rozładowywania kondensatora, napięcie na okładkach zmienia się. Im większe natężenie w układzie, tym szybciej kondensator ulegnie naładowaniu / rozładowaniu.

$$I = C \times \frac{\Delta U}{\Delta t}$$

Pojemność

Pojemność kondensatora wyrażana jest w Faradach. 1 Farad to bardzo duża jednostka, w elektronice wykorzystuje się znacznie mniejsze pojemności jak: pF, nF, uF.

Kondensatory o pojemnościach wyrażanych w faradach nazywa się superkondensatorami.

$$C = \frac{Q}{U}$$

C – pojemność [farad F]

Q - ładunek zgromadzony na jednej okładce [kulomb C]

U - napięcie elektryczne między okładkami [wolt V]

Prawo Coulomba

Dwa ładunki punktowe przyciągają się lub odpychają siłą o wartości wprost proporcjonalnej do iloczynu wartości tych ładunków, a odwrotnie proporcjonalnej do kwadratu odległości między tymi ładunkami:

$$F_e = k \frac{Q_1 * Q_2}{r^2}$$

F_e – siła wzajemnego oddziaływania [niuton N]

Q_1, Q_2 – wartości ładunków elektrycznych [kulomb C]

r – odległość między ładunkami (środkami naelektryzowanych ciał) [metr m]

k – stała elektrostatyczna, która zmienia się w zależności od ośrodka, można przyjąć, że dla powietrza wynosi w zaokrągleniu:

$$k = 9 \times 10^9 \frac{N m^2}{C^2}$$

Filtr pasywny RC

Filtry to układy elektroniczne, które przepuszczają sygnały sinusoidalne oraz składowe złożonych sygnałów o pożądanych częstotliwościach, a tłumią sygnały o częstotliwościach niechcianych.

Filtr pasywny RC tworzy się za pomocą R - rezystora i C - kondensatora.

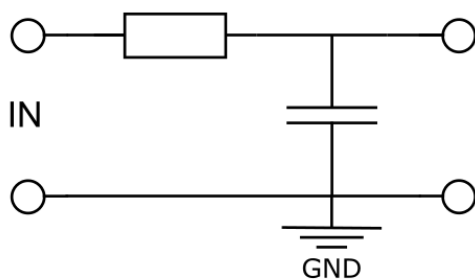
Możemy stworzyć filtr RC dolnoprzepustowy (low pass), który będzie przepuszczał sygnały o częstotliwościach poniżej granicznej.

Zamieniając miejscami rezystor i kondensator tworzymy filtr górnoprzepustowy (high pass), który przepuszcza sygnały powyżej wartości granicznej.

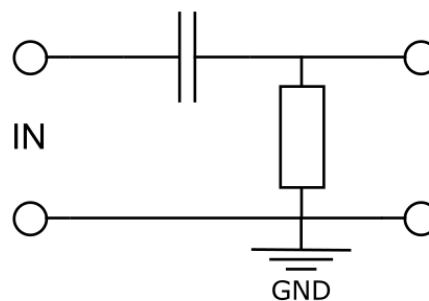
Wartość graniczną oblicza się ze wzoru:

$$f_g = \frac{1}{2\pi RC}$$

Low pass RC filter



High pass RC filter



Obliczenia

Dla układu Low pass RC, aby odciąć sygnały powyżej 100Hz, mając do dyspozycji rezystor 1k, obliczymy wartość kondensatora.

$$f_g = \frac{1}{2\pi RC} \rightarrow f_g 2\pi RC = 1 \rightarrow C = \frac{1}{f_g 2\pi R}$$

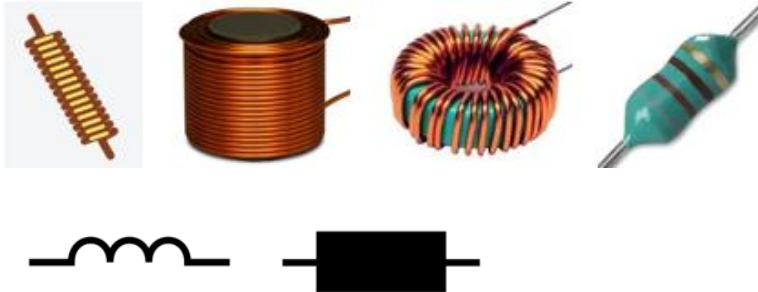
$$C = \frac{1}{100\text{Hz} * 2 * 3,1416 * 1000} = 1,59 * 10^{-6} F = 1,59\mu F$$

W większości przypadków, łatwiej będzie dobierać wartości rezystora do dobranych wcześniej wartości kondensatora, ponieważ są tańsze i można je z łatwością połączyć szeregowo, by uzyskać wymaganą wartość.

Obliczenia

Dla $f=50\text{Hz}$ i kondensatora 10nF należy dobrać rezystor ok 320k.

Cewka



Rys. 17 Symbole cewki na schematach

$$H = \frac{\text{m}^2 \cdot \text{kg}}{\text{s}^2 \cdot \text{A}^2} = \frac{\text{Wb}}{\text{A}} = \frac{\text{V} \cdot \text{s}}{\text{A}} = \frac{\text{J/C} \cdot \text{s}}{\text{C/s}} = \frac{\text{J} \cdot \text{s}^2}{\text{C}^2} = \frac{\text{m}^2 \cdot \text{kg}}{\text{C}^2} = \Omega \cdot \text{s}$$

Cewka zazwyczaj posiada pewną liczbę zwojów miedzianych pokrytych emalią nawiniętych na rdzeń ferromagnetyczny. Prąd płynący przez cewkę wytwarza wokół niej pole magnetyczne, a rdzeń skupia i wzmacnia siłę tego pola.

Cewka gromadzi energię elektryczną w postaci pola magnetycznego.

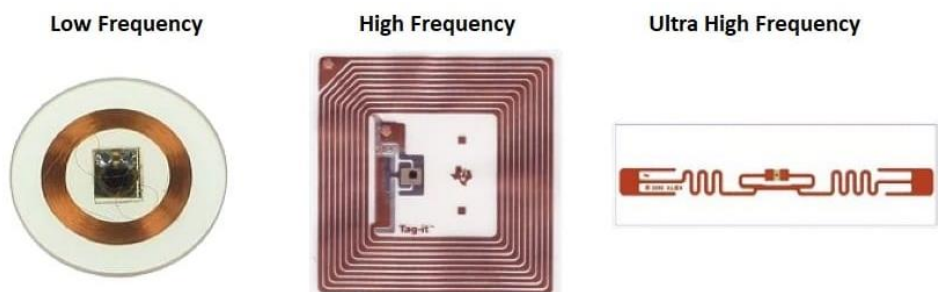
W przypadku prądu przemiennego zmienne pole magnetyczne generuje w cewce siłę elektromotoryczną (SEM), która przeciwdziała zmianom prądu płynącego przez cewkę. Im większa częstotliwość, tym powstaje większa siła oporu. Efekt ten nazywany jest indukcyjnością i jest podstawowym parametrem określającym cewkę. Jednostką indukcyjności jest H (henr).

Wartość indukcyjności zależy od liczby zwojów, kształtu cewki, przekroju przewodnika oraz od materiału rdzenia, wokół którego nawinięty jest przewód.

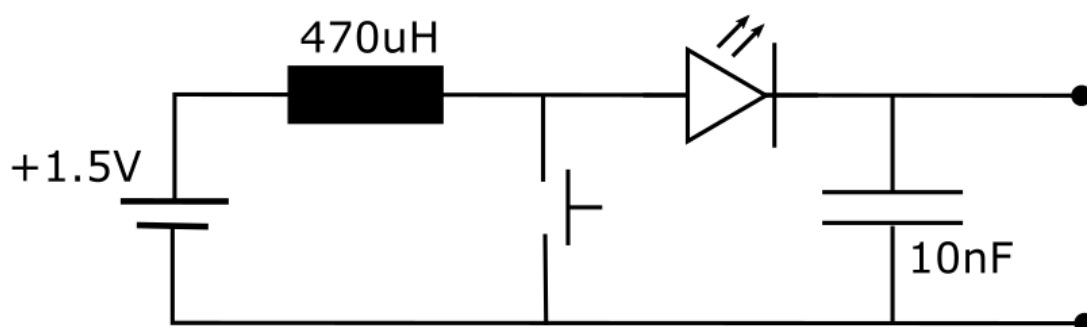
Zastosowanie cewki:

1. Cewka filtruje napięcie, podłączona szeregowo, przepuszcza prąd stały obcinając zakłócenia.
2. Stosowana jako dławik, zatrzymuje prądy o bardzo dużej częstotliwości.
3. Cewki w połączeniu z kondensatorami tworzą obwody LC, które są zdolne do generowania oscylacji na określonej częstotliwości.
4. Wykorzystują zjawisko indukcji elektromagnetycznej przy transformatorach, przetwornicach, ładowarkach bezprzewodowych, technologii rfid lub do wykrywania obecności metalowych przedmiotów.
5. Cewka gromadząc energię potrafi generować bardzo wysokie napięcia w momencie uwolnienia ładunku. To zjawisko sprawdza się w cewkach samochodowych, gdzie bardzo wysokie napięcie pozwala wywołać iskrę podczas uruchamiania zapłonu.

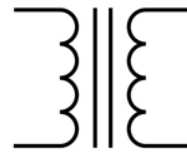
Cewki w systemach RFID są używane m.in. tagi do domofonu, karty z chipami (płatnicze, dostępowe, dowody, itp.), logistyka produktów, automatyzacja produkcji, identyfikacja zwierząt, system bramek na autostradach.



Wzmacniacz napięcia (Step up converter)



Transformator



Transformator to urządzenie, które przenosi energię elektryczną za pomocą zjawiska indukcji z jednego układu do drugiego.

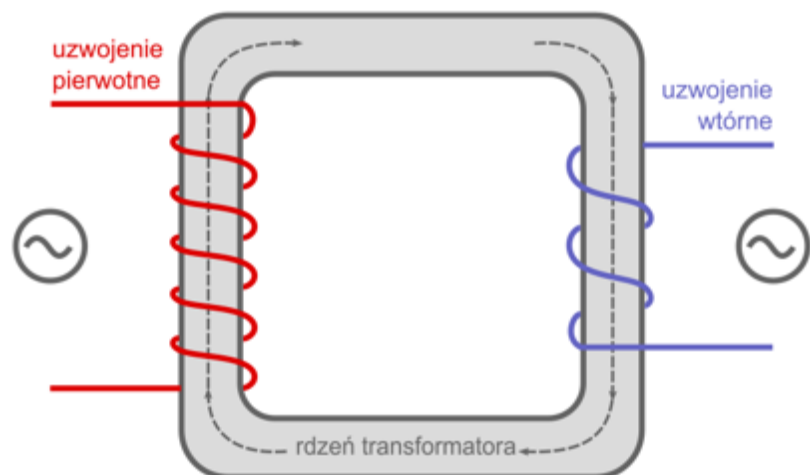
Transformator składa się z dwóch uzwojeń (pierwotnego i wtórnego) nawiniętych na rdzeń ferromagnetyczny. Uzwojenie pierwotne indukuje prąd, który za pomocą rdzenia przenoszony jest na uzwojenie wtórne.

W zależności od liczby zwojów, transformator może zwiększać lub zmniejszać napięcie.

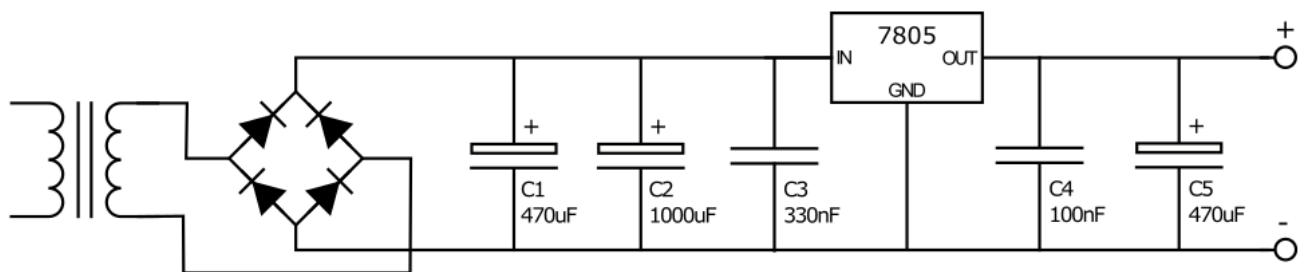
Czasami stosuje się transformatory o takiej samej liczbie zwojów do separowania układów.

Wzór na wyznaczenie napięcia na podstawie liczby zwojów

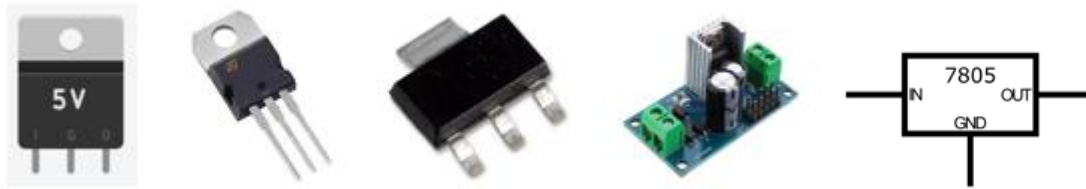
$$\frac{U1}{U2} = \frac{n1}{n2}$$



Schemat prostego zasilacza DC ze stabilizatorem



Stabilizator napięcia



Stabilizator napięcia (regulator napięcia) to układ, który zmienia napięcie wejściowe na napięcie wyjściowe o stałej wartości. Popularnym regulatorem jest LM7805, który przyjmuje napięcia o wartości 7V - 35V, a zwraca napięcie równe 5V (mówią o tym dwie ostatnie cyfry nazwy stabilizatora). Natężenie płynące przez LM7805 może dochodzić do 1,5A przy zastosowaniu radiatora.

Zadaniem stabilizatora jest zapewnienie stabilnego, niezachwianego napięcia na wyjściu. Wiemy już, że napięcie podawane przez baterie zmienia się wskutek zmian płynącego w obwodzie prądu. Dzięki stabilizatorowi, napięcie to pozostaje niezmienione. Ma to kluczowe zastosowanie w robotyce, gdzie mikroprocesory są bardzo wrażliwe na wszelkiego rodzaju spadki napięć.

Karta specyfikacji: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/206450/STMICROELECTRONICS/L7805CV.html>

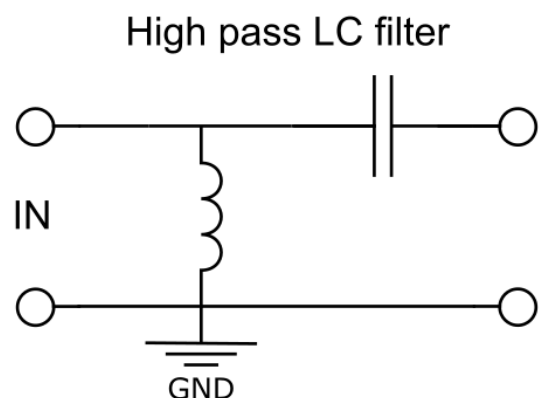
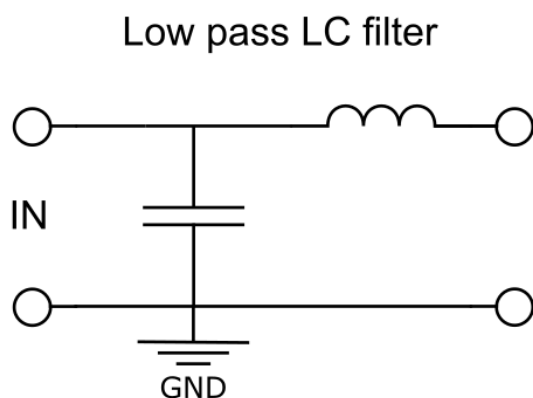
Filtr pasywny LC

Filtr pasywny LC tworzy się za pomocą L - cewki i C - kondensatora.

Im większa indukcyjność cewki, tym lepszą stanowi barierę dla prądu zmiennego i sprawdza się świetnie do tłumienia drgań zasilania.

Cewka przepuszcza sygnał stały oraz zmienny o niskiej częstotliwości, a kondensator przepuszcza sygnały zmienne o wysokiej częstotliwości, zatem te 2 podzespoły mają przeciwne działanie w układzie.

LPF przepuszcza DC i sygnały AC o niskiej częstotliwości, a HPF przepuszcza sygnał AC o wysokiej częstotliwości, tłumiąc pozostałe spektrum sygnałów.



Wartość graniczną dla filtra LC oblicza się ze wzoru:

$$f_g = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Różnice pomiędzy filtrami RC i LC.

Filtry RC są stosowane przy układach pobierających mało prądu i znajdują zastosowanie przy filtrowaniu sygnałów małej mocy, podczas gdy filtry LC są używane przy układach o

dużym poborze prądu.

Zastosowanie rezystora w filtrach RC powoduje dodatkowe straty energii, w związku z wytwarzaniem ciepła na rezystorze.

Filtry RC są tańsze od filtrów LC, ale słabiej regulują napięcie.

Łączniki / przyciski



Typy łączników



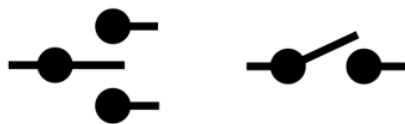
monostabilne – to przyciski chwilowe, które bez ingerencji mogą przyjmować 1 stan (dzwonek do drzwi, włącznik komputera, przycisk głośności w telefonie). Łączniki monostabilne mogą być domyślnie zamknięte (NC – normally closed) lub otwarte (NO – normally open). Ich wciśnięcie otwiera lub zamyka obwód, a po zwolnieniu wraca do położenia pierwotnego.



Rys. 18 Symbole łączników NO i NC na schematach



bistabilne – to przyciski, które mogą na stałe przyjąć więcej niż 1 stan (włączony – wyłączony).



Rys. 19 Symbole łączników bistabilnych na schematach

Łączniki bistabilne mogą być jednopozycyjne (ST Single throw)(on -off), dwupozycyjne (DT Double throw) (włącza jeden z dwóch układów) lub wielopozycyjne (3T, 4T, itd.)

Łączniki dwu / wielopozycyjne mają jeden pin wspólny (common)

Łączniki mogą jednocześnie łączyć jeden (SP Single pole) lub dwa obwody (DP Double pole).

Łączniki, jak każdy element elektroniczny, ma swoją wytrzymałość prądową. Czasami używa się łączników DP do jednego układu, aby rozdzielić natężenie na 2 styki.

Przykłady łączników



SPST (Single Pole Single Throw) jednobiegunowy, pojedynczy nacisk



DPDT (Double Pole Double Throw) dwubiegunowy, dwunaciskowy z dodatkowym stanem 0 (off)

Tranzystor bipolarny

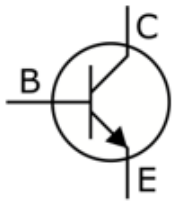


Tranzystor to półprzewodnik, który ma 2 główne zastosowania:

- 1) służy do wzmacniania prądu
- 2) można go użyć w charakterze przełącznika

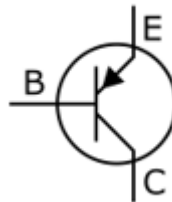
Wyróżnia się 2 typy tranzystorów bipolarnych, NPN i PNP.

NPN



$$I_E = I_C + I_B$$

PNP



$$I_C = I_E - I_B$$

Tranzystor bipolarny, posiada trzy piny: Emiter, Baza i Kolektor.

Baza służy do sterowania przepływem prądu pomiędzy Kolektorem i Emiterem. Jeżeli na wyjściu Bazy pojawi się odpowiednie napięcie (w przypadku tranzystora 2N2222 wynosi ono ok. 0.6V) to przez bramę Kolektor-Emiter popłynie prąd proporcjonalny do wartości prądu podanego na bazę.

$$I_C = I_B * \beta \qquad I_B = \frac{V_B - V_{BE}}{R_B}$$

Do numerowania tranzystorów należy używać litery Q.

Przykładowe zadania z tranzystorami

Przykład.

Napięcie zasilające bazę tranzystora wynosi 10V, a rezystor do niej dołączony ma wartość 100k. Oblicz natężenie wpływające do bazy tranzystora.

$$I_B = \frac{V_B - V_{BE}}{R_B} = \frac{10V - 0.7V}{100\,000} = \frac{9.3V}{100\,000} = 93\mu A$$

Przykład.

Dane dla tranzystora są następujące: $\beta=200$, $I_c = 4mA$, $I_b = 20\mu A$. Znajdź wartość rezystora bazy, aby w pełni włączyć tranzystor przy napięciu powyżej 2.5V.

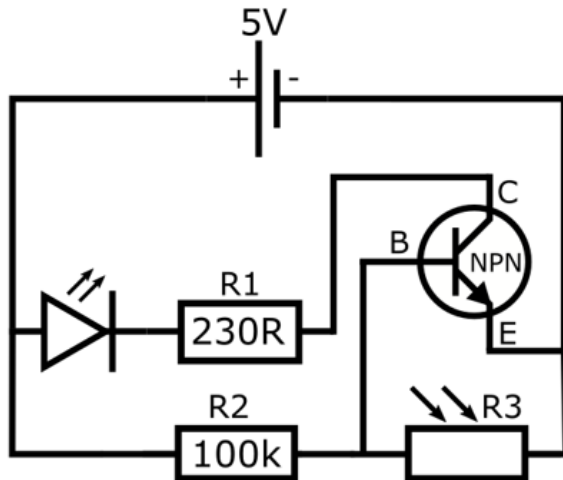
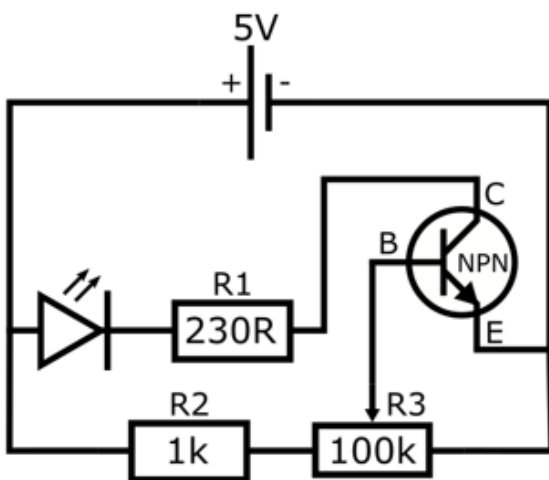
$$R_B = \frac{V_{IN} - V_{BE}}{I_B} = \frac{2.5V - 0.7V}{0.000020A} = 90k\Omega$$

Przykład.

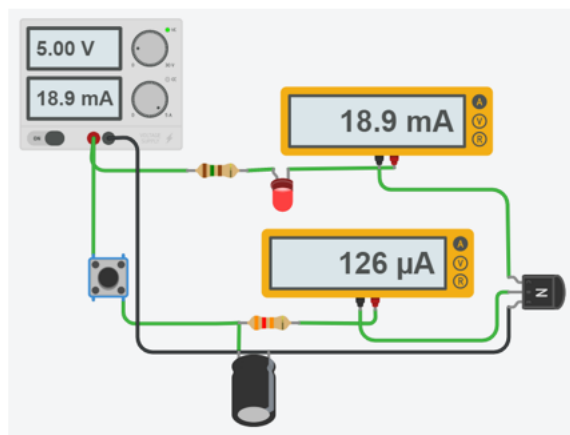
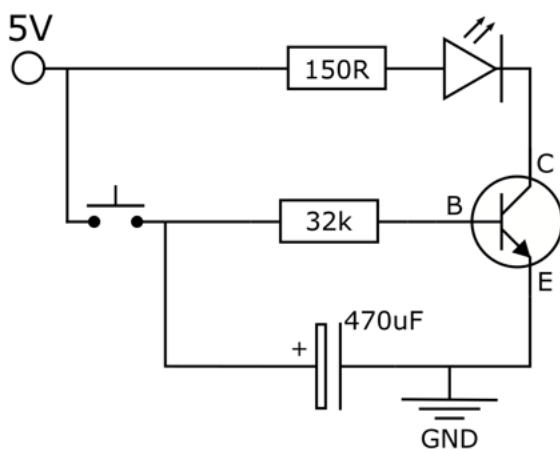
Parametr tranzystora NPN $\beta=200$. Znajdź wartość minimalnego natężenia bazy, aby doprowadzić tranzystor do pełnego włączenia(saturacji) dla urządzenia, które potrzebuje 200mA natężenia, przy napięciu 5V. Jaka powinna być wartość rezystora dołączonego do bazy tranzystora?

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{200mA}{200} = 1mA$$

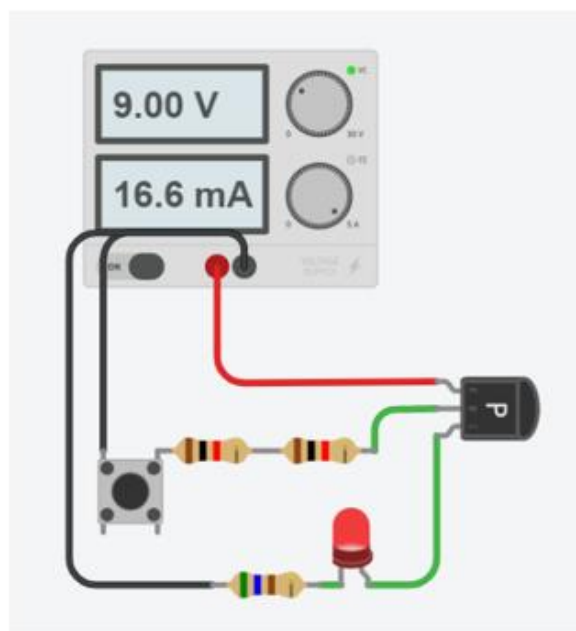
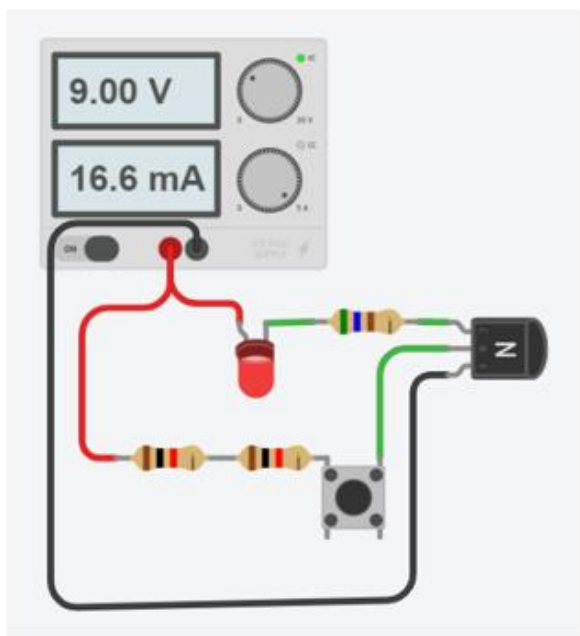
$$R_B = \frac{V_{IN} - V_{BE}}{I_B} = \frac{5V - 0.7V}{0.001A} = 4.3k\Omega \text{ (4k3)}$$



Układ, który wyłączy się po pewnym czasie.



Różnica w połączeniu NPN i PNP jako switch



W miejsce przycisku chwilowego, można wyprowadzić 2 przewody, których bezpośrednie lub pośrednie zetknięcie pozwoli aktywować tranzystor.

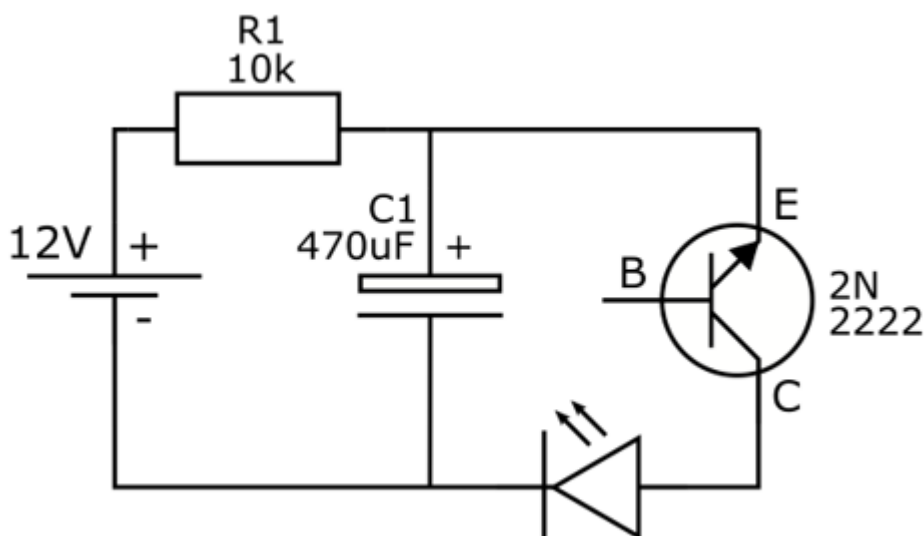
Aktywację tranzystora może wywołać złapanie przewodów w dłoniach lub zanurzenie ich np. w wodzie, co może być podstawą dla wielu interesujących projektów.

Oscylator Esaki

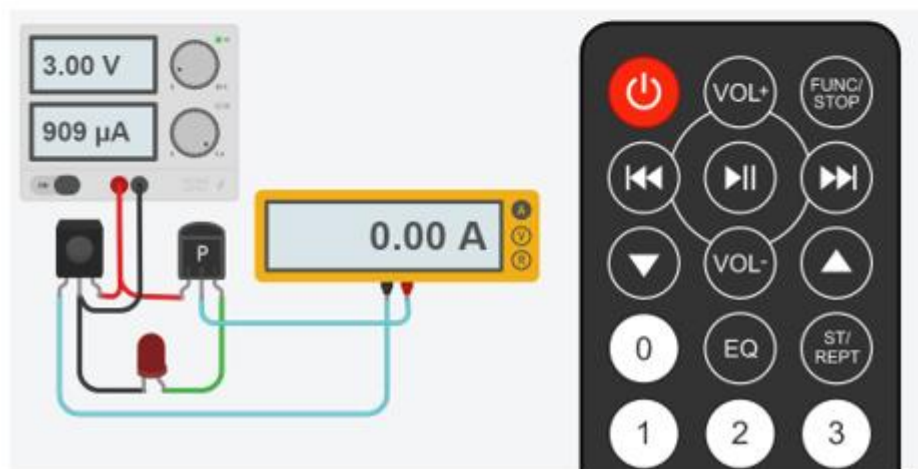
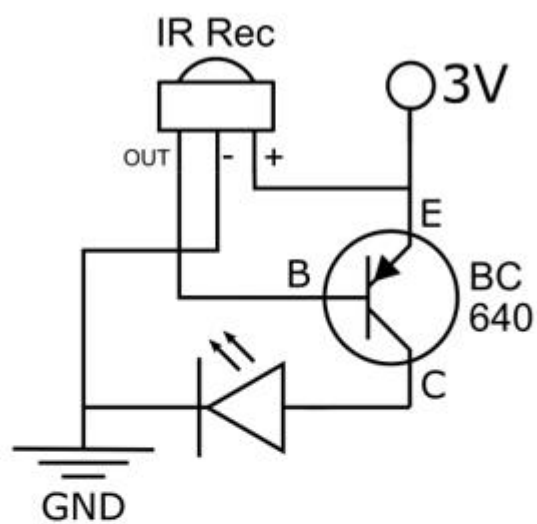
Jest to jeden z najprostszych oscylatorów, a zarazem bardzo ciekawy, ponieważ używa się w nim tranzystora podłączonego odwrotnie bez prądu dołączonego do bazy.

Układ działa w ten sposób, że kondensator jest ładowany przez rezystor, a gdy osiągnie on wartość przebicia tranzystora, zostaje rozładowany i przez tranzystor przepływa chwilowy prąd. Po rozładowaniu, kondensator zaczyna się ponownie ładować, w trakcie czego prąd nie płynie w prawej części układu.

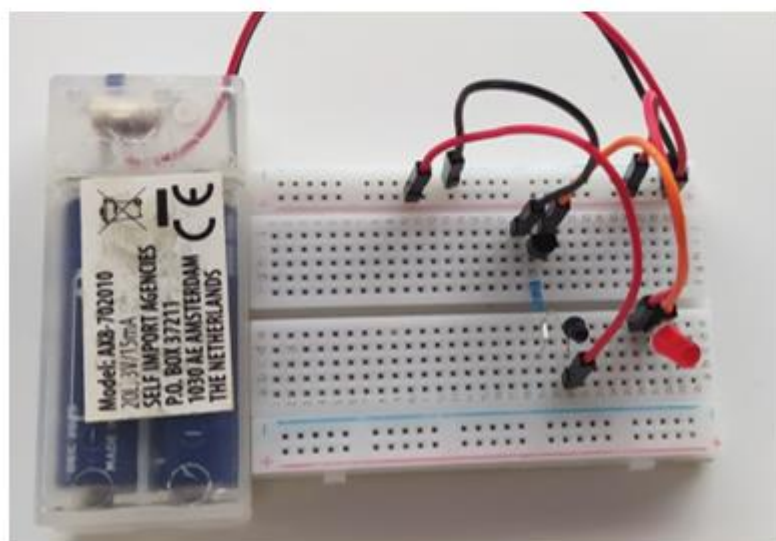
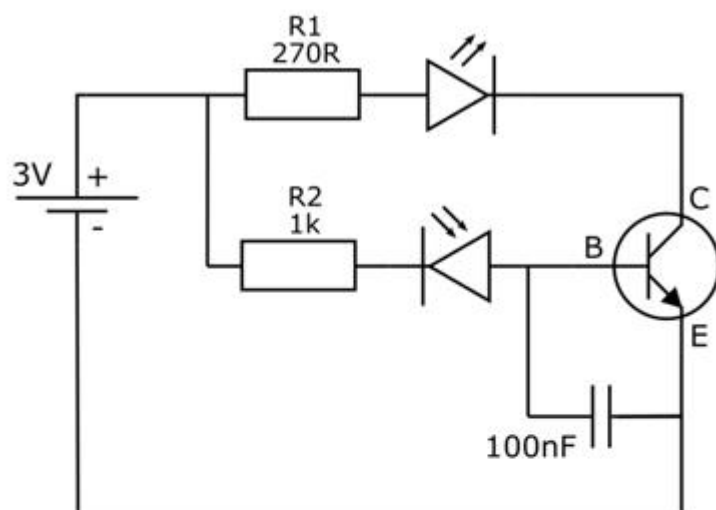
Zatem, im większa wartość rezystora R1 i kondensatora C1, tym dłużej będzie się ładować kondensator, a co za tym idzie, zmniejszy się częstotliwość aktywacji tranzystora.



Układ z tranzystorem PNP i sensorem IR



Układ z tranzystorem NPN 2N2222 i fotodiodą (IR receiver)



Tranzystor może działać w 3 trybach:

- 1) Aktywny, wtedy, gdy tranzystor wzmacnia prąd płynący przez złącze C-E, na podstawie prądu bazy: $I_c = \beta (h_{FE}) * I_b$
- 2) Nasycenia, wtedy, gdy tranzystor jest w pełni otwarty i nie może już wzmacniać natężenia (działa jak przełącznik)
- 3) Odcięcia, tranzystor jest wyłączony (napięcie pomiędzy Bazą, a Emiterem jest mniejsze od 0.7V), natężenie płynące przez złącze C-E wynosi 0.

Karta charakterystyki popularnego tranzystora NPN 2N2222:

<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/686484/SURGE/2N2222.html>

Karta charakterystyki popularnego tranzystora PNP BC640:

<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/11556/ONSEMI/BC640.html>

Timer 555



Układ scalony 555 pozwala na realizację wielu zadań, np. związanych z odmierzaniem czasu.

Może pracować w 3 trybach:

1. monostabilny, w którym może generować pojedyncze impulsy (np. układy czasowe)
2. astabilny, generator impulsów lub przebiegów prostokątnych (np. migacze diod LED)
3. bistabilny, przerzutnik 2-stanowy.

Układ 555 pracuje zazwyczaj przy wartościach napięć między 5V do 15V. Obecnie produkuje się wiele innych typów, które odbiegają od tych wartości więc zawsze dobrze jest sprawdzić to z dokumentacją danego komponentu.

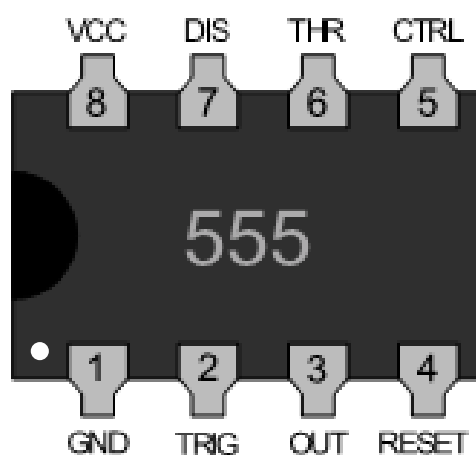
Do układu zasilającego należy dołączyć kondensator bocznikowy (wpięty równolegle do linii zasilania), by wygładzać napięcie i uchronić się przed zakłóceniami.

Do przełączania stanów na pinie 6 Threshold należy podać minimalne natężenie, które w zależności od typu timera może wynosić ok. 250nA. Na tej podstawie przyjmujemy, że maksymalna wartość rezystora zewnętrznego, który ładuje kondensator nie powinna być większa od 6MΩ dla zasilania 5V i 20MΩ dla zasilania 15V. W praktyce jednak stosuje się mniejsze wartości wynikające z upływności kondensatora.

Minimalna wartość tego rezystora powinna wynosić około 5kΩ.

Opis pinów timera 555

- pin 1 (GND) podpinamy do 0V
- pin 3 (OUT) to pin wyjściowy, podpinamy do niego układ, którym chcemy sterować (max. 200mA)
- pin 4 (RESET) napięcie poniżej 0.7V spowoduje pin 3 OUT przyjmie stan niski. Podpinamy do źródła prądu (gdy nie chcemy używać funkcji resetu)
- pin 2 i 6 to piny sterujące
- pin 2 (TRIG) włącza wyjście OUT, kiedy jego stan zmienia się na niski (poniżej $\frac{1}{3}$ napięcia zasilania)
- pin 6 (THR) wyłącza wyjście OUT, kiedy jego stan zmienia się na wysoki (powyżej $\frac{2}{3}$ napięcia zasilania)
- pin 5 (CTRL) pozwala kontrolować stosunek napięć między pinami 2 i 6. Jeśli nie używany powinien być połączony z minusem przez kondensator 0.01uF.
- pin 7 (DIS) służy do rozładowania kondensatora w układach czasowych, gdy napięcie na kondensatorze pomiarowym czasu przekroczy wartość threshold (często połączony z pinem 6), można powiedzieć, że będzie on aktywny kiedy pin OUT zostanie odcięty
- pin 8 (VCC) podpinamy pod źródło napięcia (5-15V)



Przełącznik bistabilny z użyciem dwóch przycisków chwilowych

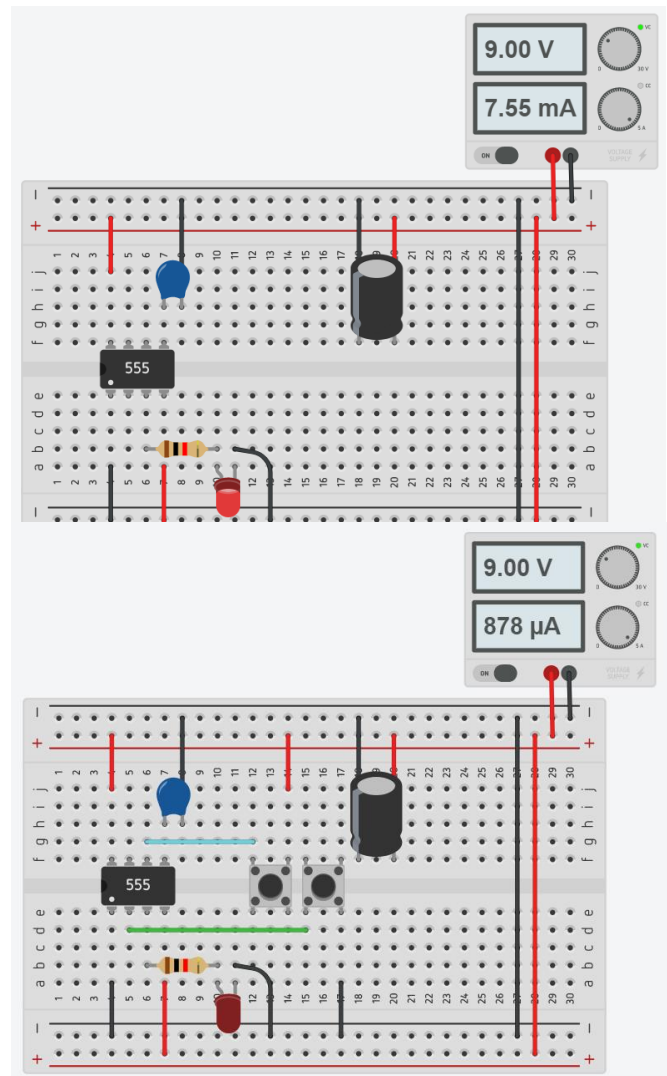
Timer 555 może działać jako przełącznik. W tym przykładzie stworzymy układ, który będzie włączał i wyłączał diodę LED za pomocą dwóch przycisków chwilowych.

Na początku podłączamy stałe elementy, czyli:

pin 4 i 8 źródła zasilania
pin 1 0V(GND)
pin 3 dioda LED z rezystorem 300R
pin 5 połączony z kondensatorem 10nF, który działa jako filtr, z 0V (opcjonalne)

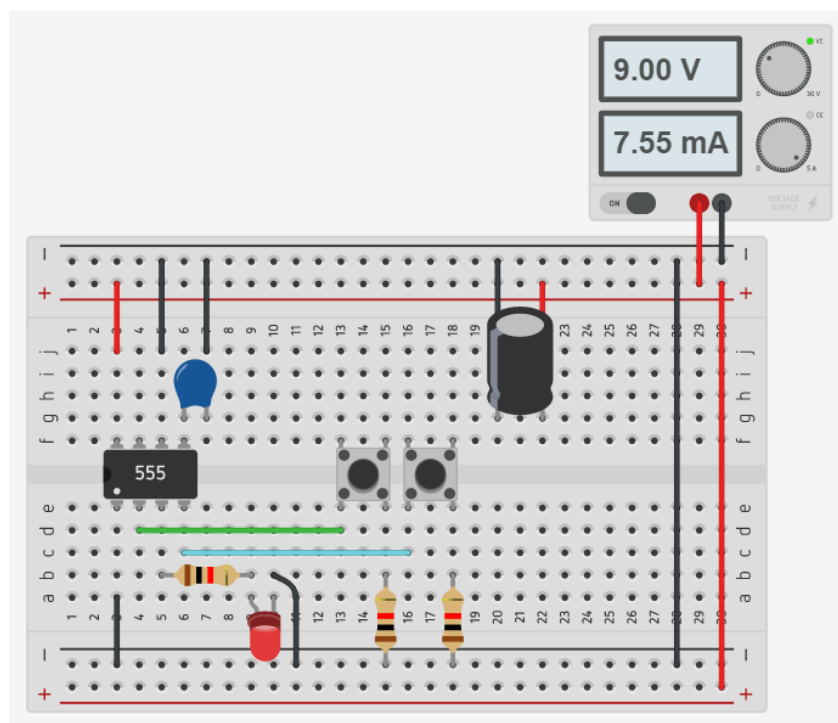
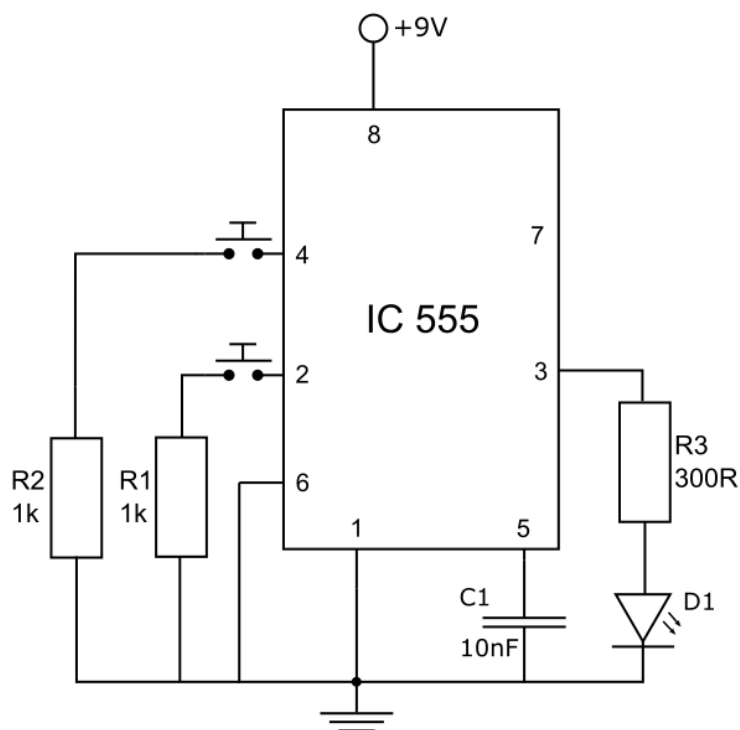
Aby wyłączyć LED musimy podać na pin 6 (THR) stan wysoki, czyli poprzez przycisk chwilowy podpinamy go ze źródłem napięcia (zielony przewód).

Aby włączyć diodę musimy podać na pin 2 (TRIG) stan niski, dlatego poprzez łącznik podpinamy go z minusem na płytce prototypowej (niebieski przewód).



Przełącznik bistabilny z pinem Reset

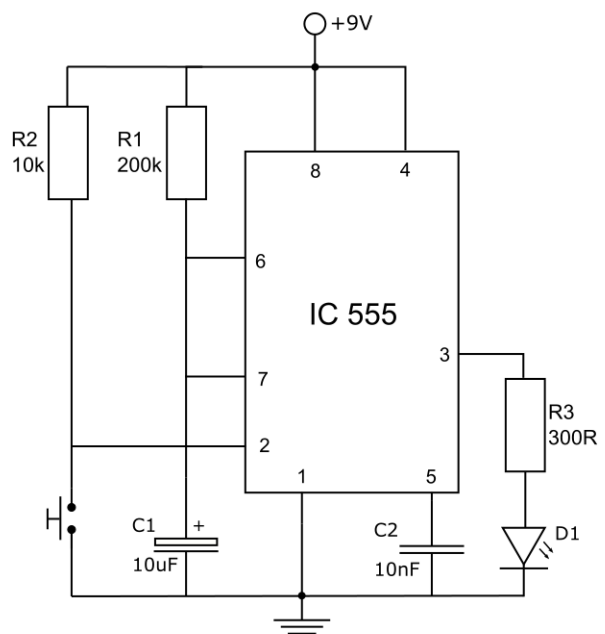
W tym przykładzie użyjemy pinu 4 RESET do przełączania pomiędzy stanem wysokim i niskim na wyjściu 3 OUT. W układach bistabilnych nie ma potrzeby używania pinu 7.



Generator monostabilny (uniwibrator)

Timer 555 najczęściej pracuje jako generator monostabilny i w takiej konfiguracji wymaga dwóch elementów zewnętrznych, rezystora R1 i kondensatora C1, których wartości wpływają na czas trwania impulsu wyjściowego. Wpina się jednak dodatkowe elementy, by zapewnić odpowiednie warunki pracy generatora.

Rezystor R2 podciąga wejście wyzwalające Trigger (pin 2) do bieguna dodatniego zasilania wymuszając poziom wysoki na wejściu oraz eliminuje zakłócenia. Kondensator C2 służy jako filtr.



1) W chwili kiedy zostaje naciśnięty przycisk chwilowy, pin Trigger łączy się z masą i przyjmuje wartość 0V. To powoduje zmianę stanu na pinie wyjściowym Out (3) dioda zaczyna świecić, a kondensator C1 zaczyna się ładować.

2) W chwili kiedy kondensator naładuje się do wartości przekraczającej 2/3 napięcia zasilania, takie samo napięcie będzie dostępne na pinie 6 (Threshold) co powoduje przełączenie wewnętrznego przerzutnika RS. Wyjście Out przyjmuje stan niski, a dioda przestaje świecić. Kondensator ulega szybkiemu rozładowaniu przez pin 7, Discharge.

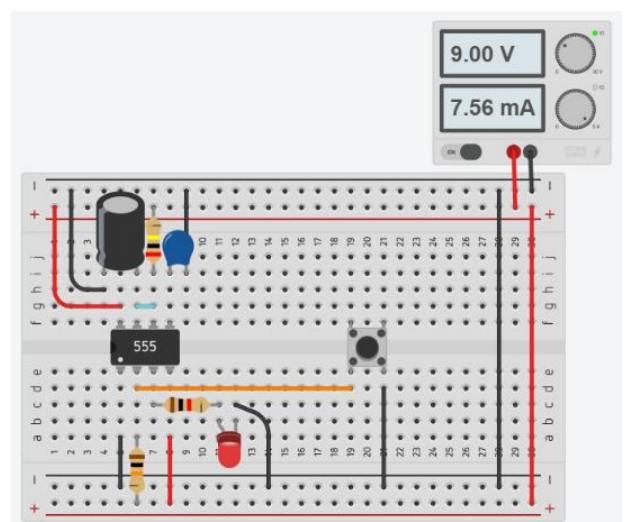
Punkty 1 i 2 będą się powtarzać, za każdym razem, kiedy zostanie naciśnięty przycisk chwilowy.

Czas trwania impulsu wyjściowego zależy od wartości elementów R1 i C1:

$$T(s) = 1,1 * R1[\Omega] * C1[F]$$

Maksymalna wartość rezystancji R1 to ok. 20MΩ. Stosując kondensatory elektrolityczne można uzyskać impulsy wyjściowe trwające nawet kilka godzin.

W przykładzie długość impulsy wyjściowego będzie wynosić: $T(s) = 1,1 * 200000R * 0,000010F = 2,2s$



Należy pamiętać, że po włączeniu układu potrzebuje on chwili, aby się ustabilizować. Kondensatory muszą się odpowiednio naładować, itd. Taka jest mała wada tych układów, że jego działanie, za pierwszym razem, różni się od działania układu w kolejnych cyklach.

Generator astabilny (multiwibrator)

Timer 555 w trybie astabilnym wysyła ciągłe sygnały, o długościach określonych za pomocą rezystorów R1, R2 i kondensatora C1.

W takim trybie zazwyczaj pin Trigger i Threshold są ze sobą połączone bezpośrednio.

Czas kiedy pin OUT jest włączony obliczamy:

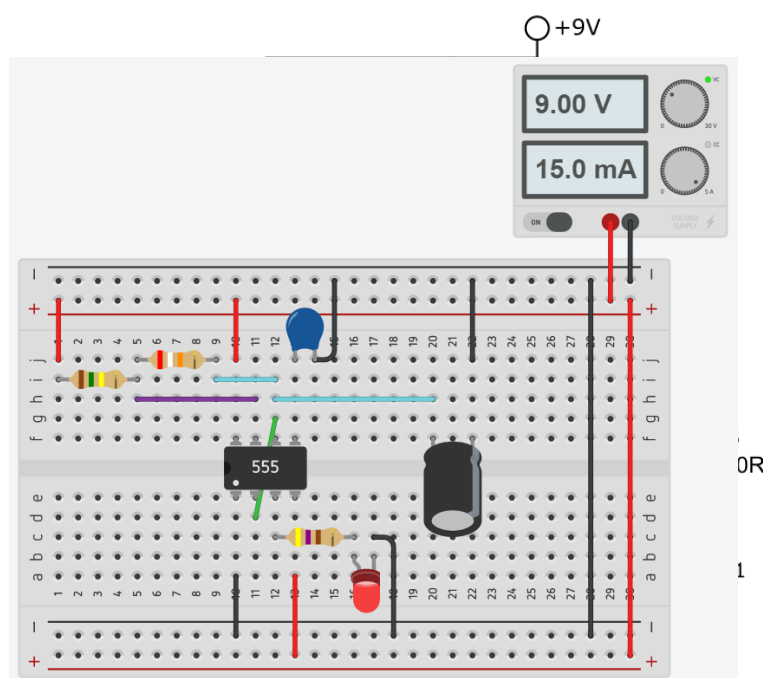
$$t_{on}(s) = 0.693 * (R1 + R2) * C1$$

Czas kiedy pin OUT jest wyłączony obliczamy:

$$t_{off}(s) = 0.693 * R2 * C1$$

Częstotliwość generowanych impulsów:

$$f = 1,44 / (R1 + 2 * R2) * C1$$



Pamiętaj, że pierwszy sygnał jest zawsze dłuższy od pozostałych, ponieważ kondensator ładuje się od stanu zerowego.

Zadanie

Stwórz układ astabilny o czasie włączenia 5s i wyłączenia 2s, dla kondensatora 100uF. Oblicz wartości rezystorów.

Czas kiedy pin OUT jest włączony:

$$t_{on}(s) = 0.693 * C1 * (R1 + R2)$$

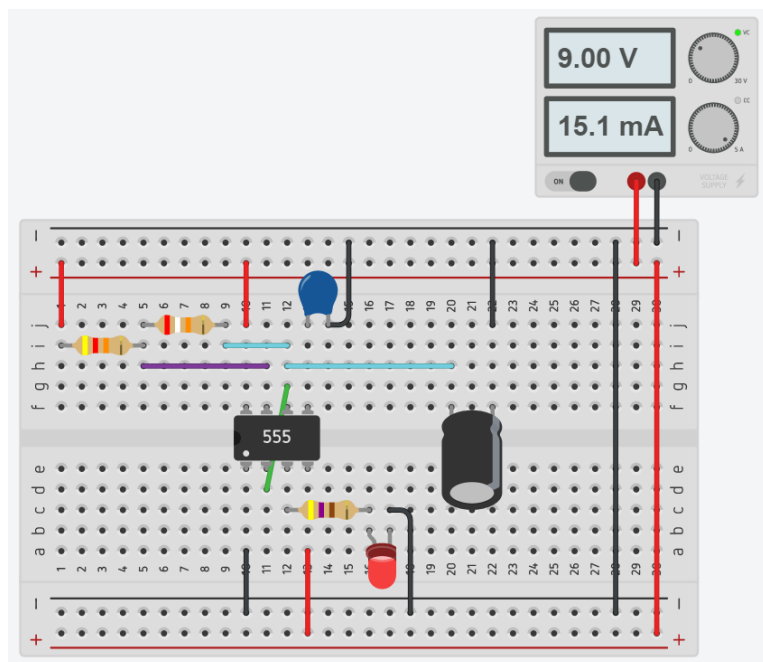
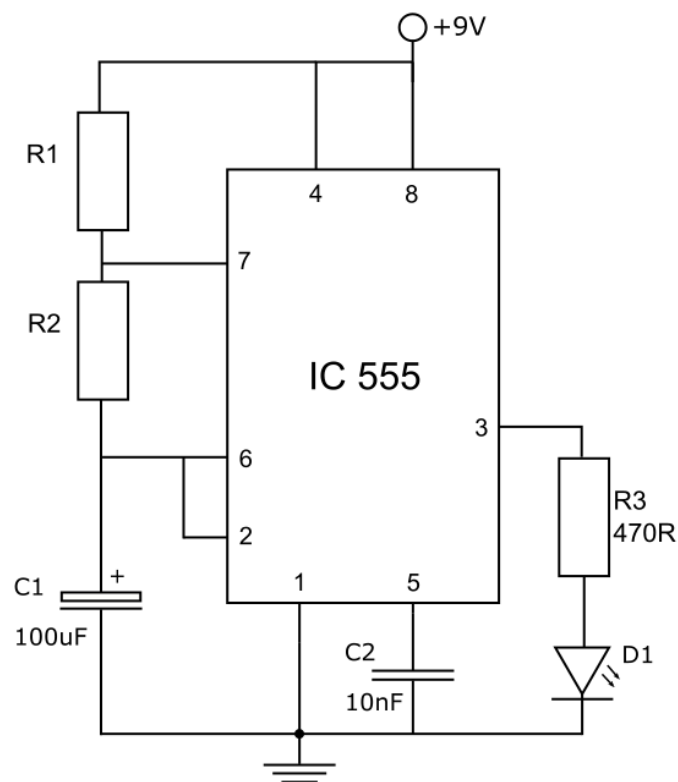
Czas kiedy pin OUT jest wyłączony:

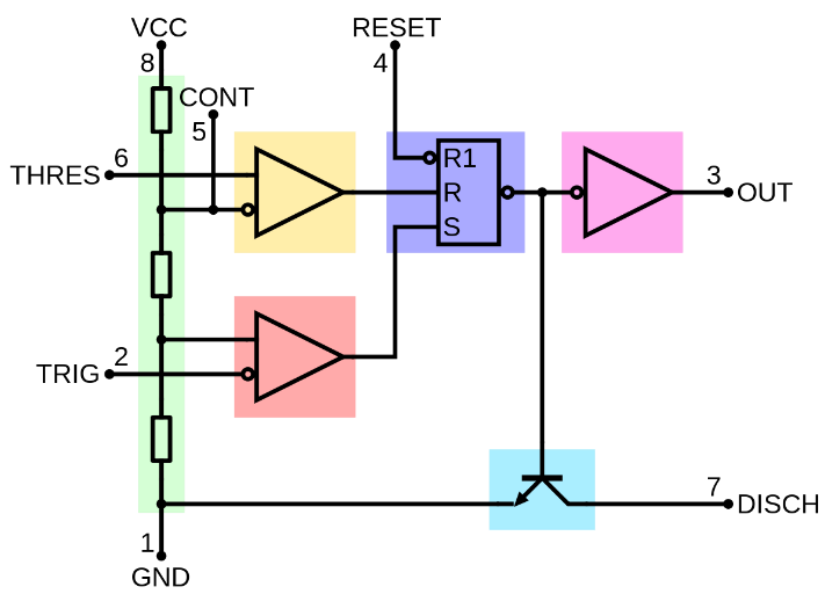
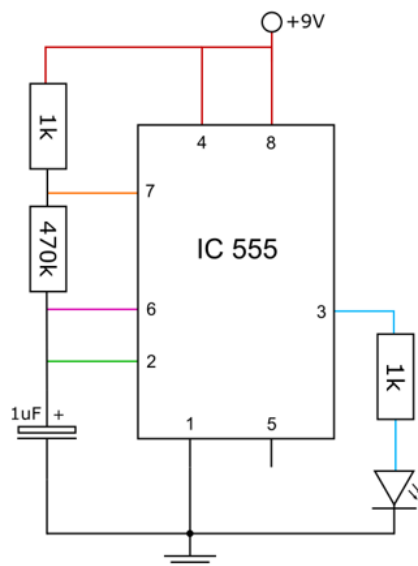
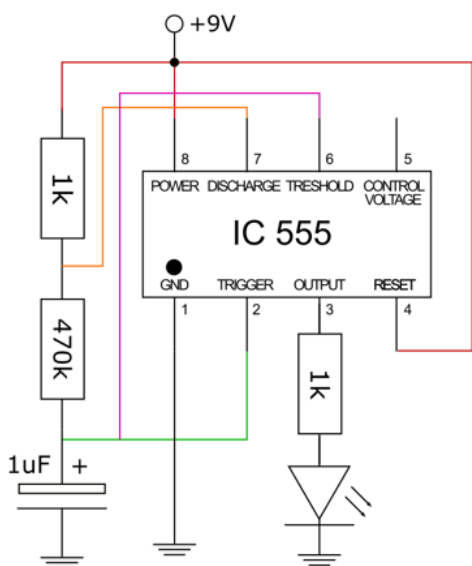
$$t_{off}(s) = 0.693 * C1 * R2$$

Odpowiedzi:

$$R1 = 42k$$

$$R2 = 29k$$





Silnik DC



Silniki DC (direct current) to wszelkiego rodzaju urządzenia, które zmieniają energię elektryczną na mechaniczną za pomocą pola magnetycznego. Podstawowe części składowe silnika:

1. Stojan (stator)
2. Wirnik z wałem (Rotor with shaft)
3. Szczotki dla silnika szczotkowego

Podstawowymi parametrami silnika są:

1. napięcie przewodzenia
2. moc
3. prędkość obrotowa
4. moment obrotowy

Istnieje wiele typów silników, np: szczotkowe, bezszczotkowe, krokowe, silniki z przekładniami i inne.

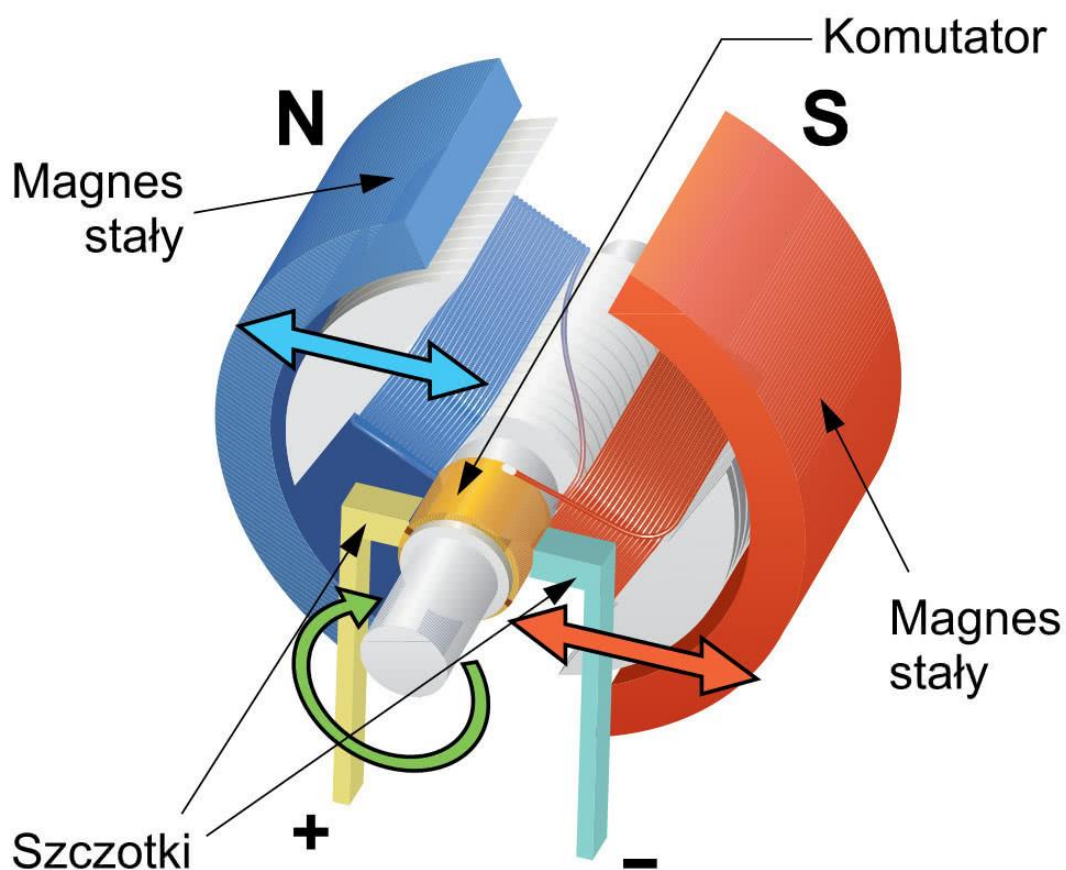
Silniki zazwyczaj pracują pod obciążeniem, a co za tym idzie, przepływa przez nie duże natężenie. Do sterowania silnikami używa się specjalnie zaprojektowanych modułów. Można też stworzyć własny moduł z użyciem komponentów zintegrowanych IC, np. Układ sterujący z mostkiem H L293D.



Silnik szczotkowy (komutatorowy) DC

Silnik DC składa się z wirującego komutatora do którego podłączony jest prąd poprzez grafitowe szczotki (brushes). Na komutatorze znajdują się uzwojenia, które pod wpływem prądu tworzą pole magnetyczne.

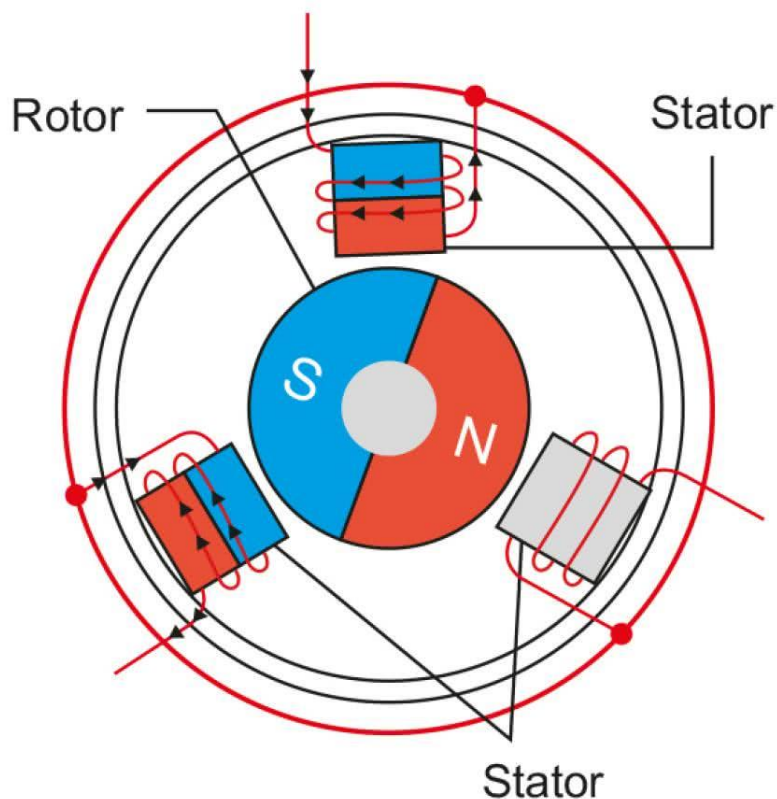
Stojan to druga część silnika, do którego przyłączone są magnesy N i S. Elektromagnesy na wirniku odpychają i przyciągają się do namagnesowanego elementu stojanu powodując jego ruch obrotowy.



Silnik bezszczotkowy BLDC

Silnik bezszczotkowy nie posiada szczotek, dzięki czemu jest lżejszy, wytrzymalszy i nie powoduje iskrzenia.

Zwoje wytwarzające pole elektromagnetyczne znajdują się na stojanie i są połączone w 3 obwody. Silnik BLDC działa na zasadzie przełączania zasilania na każdym obwodzie, dzięki czemu w danej chwili jeden obwód przyciąga, drugi odpycha, a trzeci jest wyłączony. Silniki BLDC wymagają dedykowanego modułu sterującego ESC (Electronic Speed Controller), który pobiera modulowany sygnał PWM i wysyła instrukcje sterujące do silnika (prędkość / kierunek obrotu).



Silniki bezszczotkowe są często określane za pomocą właściwości KV i T.

KV to stosunek prędkości obrotowej RPM do napięcia. Im większa wartość KV tym większa prędkość.

T oznacza liczbę zwojów, im więcej zwojów tym większy moment obrotowy, ale mniejsza prędkość. (mniejsze KV).

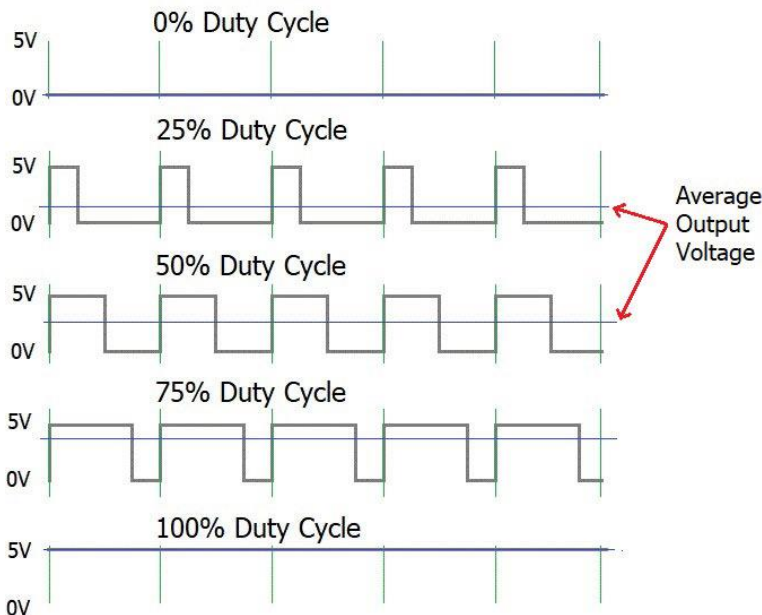
PWM (Pulse width modulation)

PWM to technika modulacji sygnału pomiędzy stanem wysokim high i niskim low., dzięki czemu dostarcza kontrolowaną ilość mocy do urządzenia.

Dzięki PWM można kontrolować jasność diody LED, prędkość silnika czy przesyłać informacje w komunikacji.

PWM może działać na różnych częstotliwościach, przyjmijmy częstotliwość 50Hz.

W pewnej jednostce czasu, ze względu na częstotliwość (dla 50 Hz będzie to 20 ms) zostaje wysłany sygnał wysoki w czasie od 1 do 2 ms. Stan wysoki nazywa się szerokością pulsu (pulse width). 1ms oznacza wartość minimalną (silnik nie poruszy się), a 2ms oznacza wartość maksymalną (silnik będzie się obracał z pełną prędkością). Wartości pomiędzy 1 – 2ms stanowią gradient min i max.



W przypadku silników bezszczotkowych BLDC każdy cykl sygnału powoduje przełączenie obwodów w kontrolerze.

Sygnały PWM mogą być tworzone np. za pomocą mikrokontrolerów (Arduino) lub specjalnych modułów., np. servo tester.

Regulacja potencjometru zmienia szerokość pulsu, a tym samym prędkość silnika.



Moment obrotowy

Moment obrotowy silnika mówi jak łatwo będzie silnikowi wykonać obrót przy podanym promieniu i wadze obciążenia. Możemy też powiedzieć, że moment obrotowy to siła, potrzebna, by zatrzymać obracający się wirnik silnika.

Często, chcąc kupić silnik, nie znajdziemy informacji o momencie obrotowym podanym w Nm, lecz w innych pseudojednostkach, np. kg*cm, a czasami w ogóle takiej informacji nie znajdziemy.

Jak więc przeliczyć taką pseudojednostkę kg*cm na Nm? Np. 2.2 kg.cm

Zastanówmy się czym w ogóle jest 1N? 1N to siła, która nadaje przyspieszenie 1m/s^2 ciału o wadze 1kg. Na ziemi działa na nas siła przyciągania o wartości 9.81m/s^2 , czyli ciało o wadze 1kg spada z przyspieszeniem 9.81m/s^2 , czyli prawie 10-krotnie większym. W związku z tym możemy przyjąć, że 1kg na Ziemi to inaczej 9.81N.

Mnożymy $2.2 * 9.81\text{N} * \text{cm}$, co daje Nam 21.6Ncm .

Podana jednostka nadal odbiega od Nm, ponieważ powyżej mamy cm zamiast metra. 1cm to 0.01m, więc w miejsce cm wstawiamy 0.01m:

$$21.6\text{N} * 0.01\text{m} = 0.216\text{Nm}$$

Moment obrotowy na wale silnika, można również obliczyć z podanej mocy P i liczby obrotów n:

$$M[\text{Nm}] = 9550 \times \frac{P [\text{kW}]}{n \left[\frac{\text{obr}}{\text{min}} \right]}$$

Silnik o mocy 45W i 10000RPM będzie miał moment na wale równy:

$$M[\text{Nm}] = 9550 \times \frac{0.045\text{kW}}{10000} = 0.04\text{Nm}$$

Zasilacz

Schemat zasilacza

T1 - transformator (125V w uzwojeniu pierwotnym, 9V w uzwojeniu wtórnym, 1A)

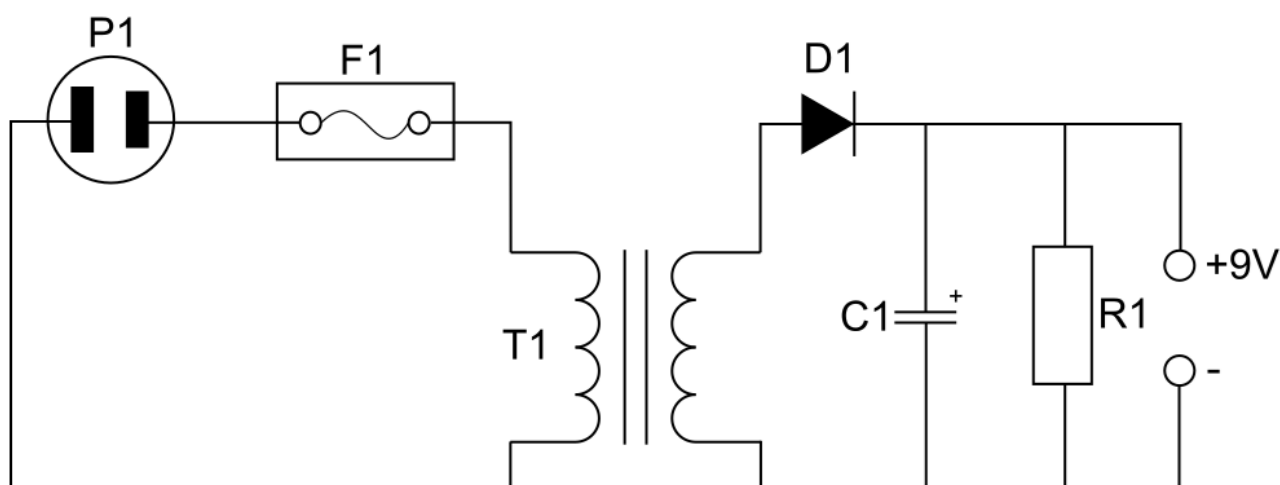
C1 - kondensator elektrolityczny 100uF, 50V

D1 - dioda o szczytowym napięciu wstecznym 50V przy natężeniu 1A

F1 - bezpiecznik 0,5A (125V)

P1 - wtyczka zasilająca

R1 - rezystor 10k, 1W



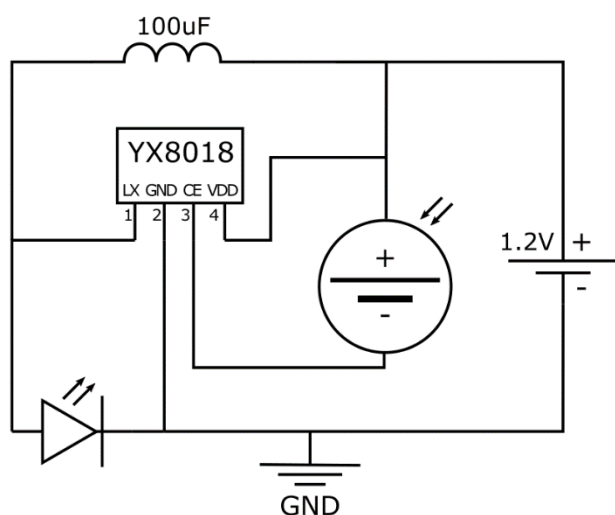
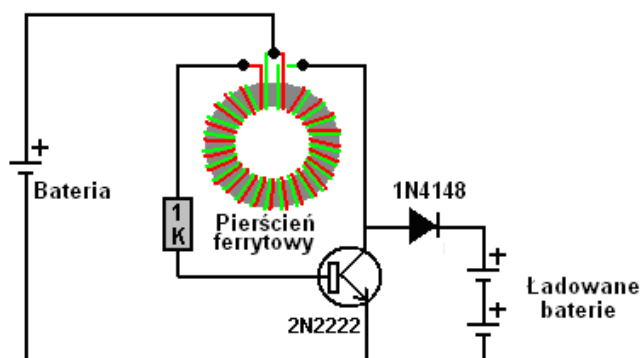
Złodziej Dżuli YX8018



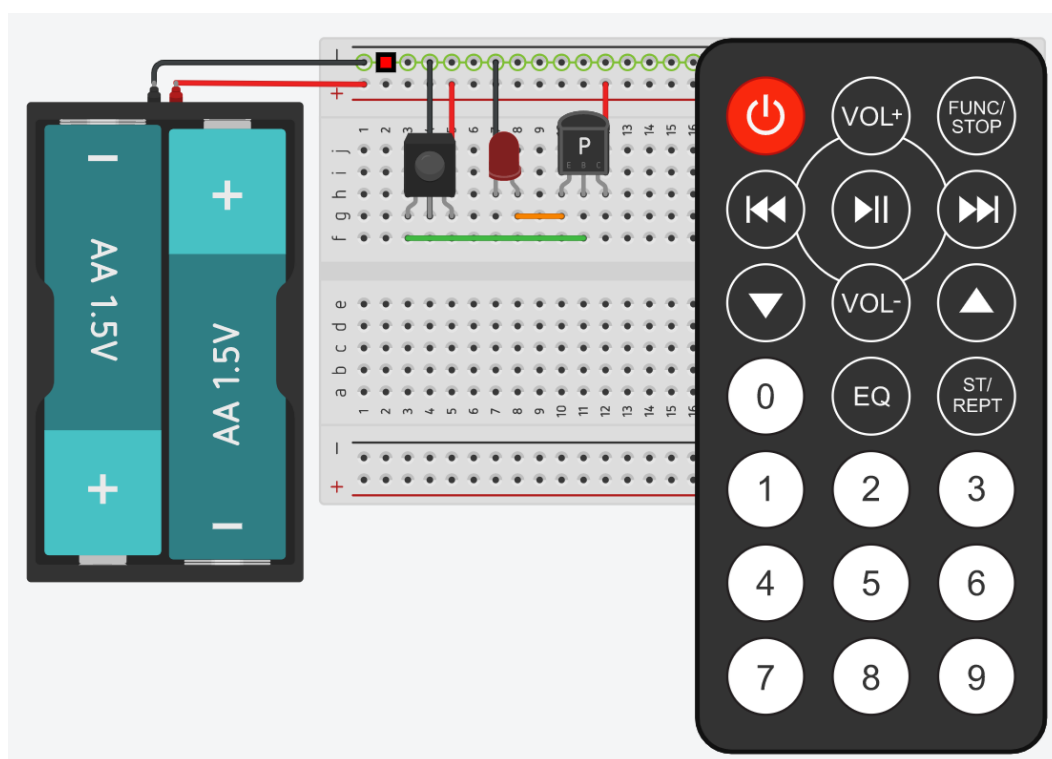
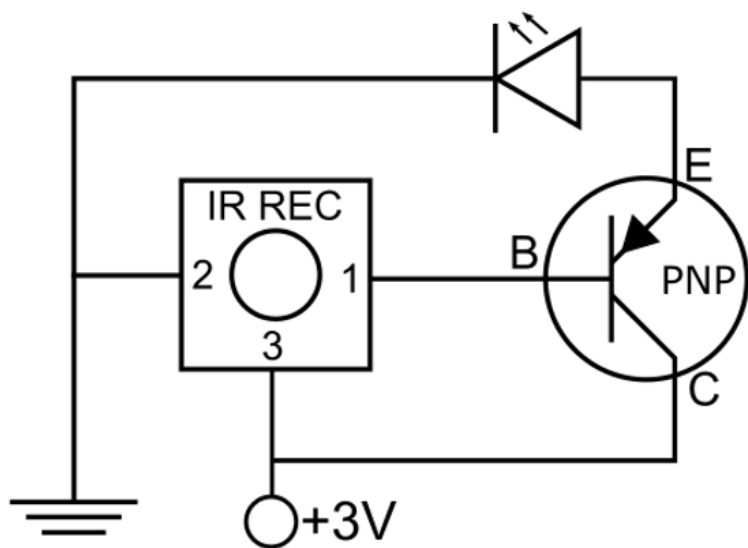
Złodziej dżuli YX8018 to komponent, który zawiera w sobie już układ zwany złodziejem dżuli. Działa on w ten sposób, że poprzez transformator zwiększa napięcie w układzie, dlatego źródłem niskiego napięcia możemy zasilać odbiorniki o wyższym napięciu. Jak widać na schemacie obok, układ taki składa się z cewki z dwoma zwojami, która tworzy transformator i tranzystora npn.

Można powiedzieć, że układ YX8018 działa jak oscylator, który działa z częstotliwością ok. 200kHz.

Przykład użycia XY8018 z baterią 1.2V, panelem słonecznym (ok.3V) i diodą LED do stworzenie tradycyjnej lampki zmiernicowej. W dzień energia padająca na panel słoneczny ładuje baterię, a w nocy bateria ta oddaje energię, rozświetlając LED.



Odbiornik podczerwieni



Czujnik PIR



Pasywny czujnik PIR działa na zasadzie wykrywania zmiany promieniowania ciepłego z zakresu podczerwieni, przez co sprawdza się bardzo dobrze jako wykrywacz ruchu.

Czujnik PIR posiada 3 piny: zasilanie(Vcc), uziemienie (Gnd) oraz sygnał wyjściowy, który jest wysoki, kiedy czujnik wykryje ruch (P0 lub signal).

Zasilanie wejściowe: 3V - 6V

Zasięg działania: do 10m

Pobór prądu: 130uA idle, 3mA active (no load)

Wydajność pinu Out: 12mA @ 3V, 23mA @ 5V

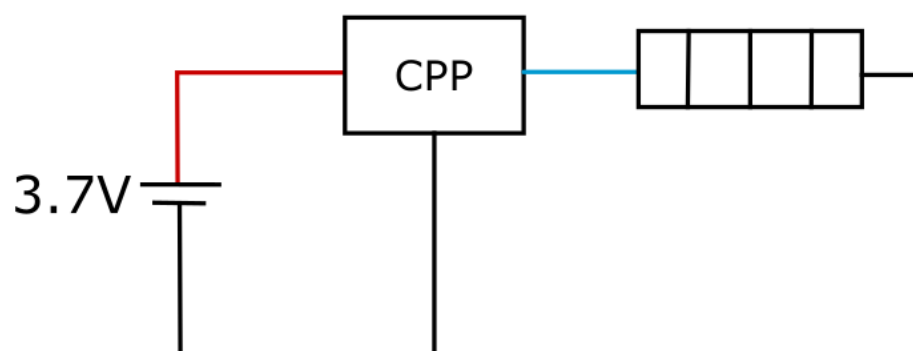
Karta specyfikacji: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/581311/ETC2/555-28027.html>

Czujnik przepływu powietrza



Czujnik przepływu powietrza załącza się, gdy na membranę dostanie się odpowiednia ilość powietrza.

Schemat wykorzystujący czujnik przepływu powietrza w epapierosie.

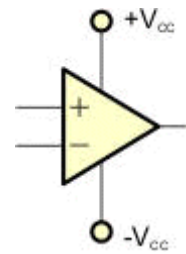


Wzmacniacz operacyjny (op-amp)

Budowa wzmacniacza operacyjnego opiera się głównie na: tranzystorach, rezystorach i kondensatorach.

Posiadają najczęściej 2 wejścia:

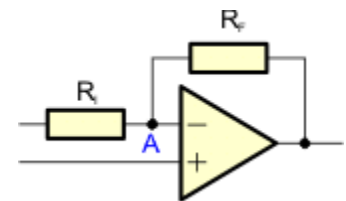
1. Odwracające (IN -)
2. Nieodwracające (IN +)



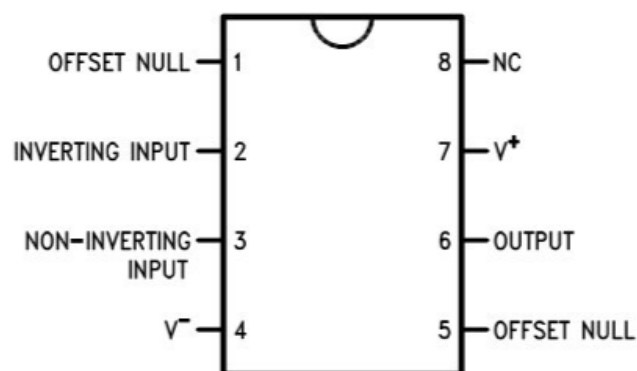
Wzmacniacz porównuje różnicę potencjałów na wejściach, wzmacnia sygnał proporcjonalnie do różnicy tych potencjałów w zależności od współczynnika wzmocnienia i przesyła go na wyjście (OUT).

W wzmacniaczach często stosuje się ujemne sprzężenie zwrotne, gdzie część sygnału wyjściowego zwracana jest na wejście odwracające.

Sprężenie takie zmniejsza wzmocnienie, ale zwiększa stabilność wzmacniacza.



Przykład popularnego wzmacniacza LM741 w obudowie THT DIP 8



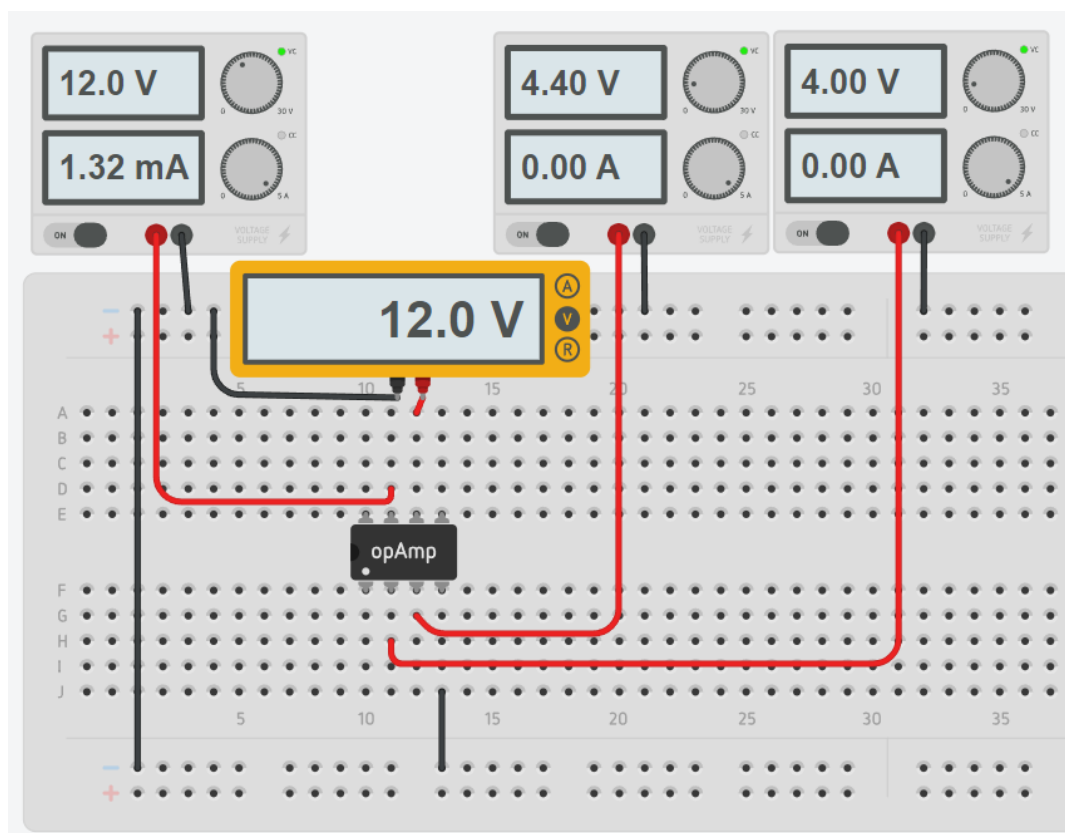
Komparator

Wzmacniacz operacyjny bez pętli ujemnego sprzężenia zwrotnego może pracować komparator dwóch napięć.

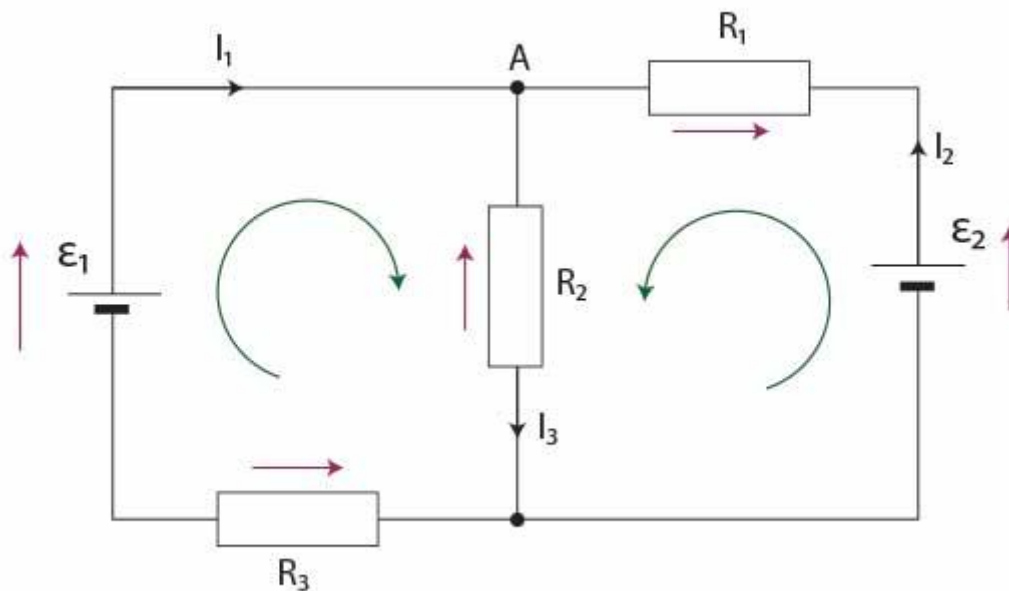


$$U_+ > U_- \rightarrow U_{OUT} = V_{CC+}$$

$$U_+ < U_- \rightarrow U_{OUT} = V_{CC-}$$



Metoda oczkowa



Dla węzła A możemy zapisać I prawo Kirchhoffa:

$$I_1 + I_2 = I_3$$

Zapiszemy teraz II prawo Kirchhoffa dla pierwszego z lewej oczka, zaczynając od ogniwa, idąc w kierunku wskazówek zegara. Jeżeli spadek potencjału jest przeciwny, składnik algebraicznej sumy zapisujemy wówczas ze znakiem minus. Mamy więc:

$$\epsilon_1 - I_3 R_2 - I_1 R_3 = 0$$

W oczku z prawej zaczniemy również od ogniwa i pójdziemy w kierunku przepływu prądu.

$$\epsilon_2 - I_2 R_1 - I_3 R_2 = 0$$

Otrzymaliśmy układ trzech równań, których rozwiązanie (bardzo żmudne) da nam w wyniku wartości natężeń prądów I_1 , I_2 , I_3 .

Metoda węzłowa

W celu wyznaczenia prądów metodą węzłową należy:

1. Zidentyfikować węzły
2. Wybrać węzeł referencyjny (zazwyczaj ten na dole z potencjałem 0V)
3. Napisać równania (ilość równań jest zawsze o jeden mniejsza od ilości węzłów)

Obliczenia 1

Wyznaczenie napięcia na węźle V1

$$\frac{V1 - 10V}{2\Omega} + \frac{V1}{5\Omega} + \frac{V1}{4\Omega} = 0$$

$$0,5V1 - 5V + 0,2V1 + 0,25V1 = 0$$

$$0,95V1 = 5V$$

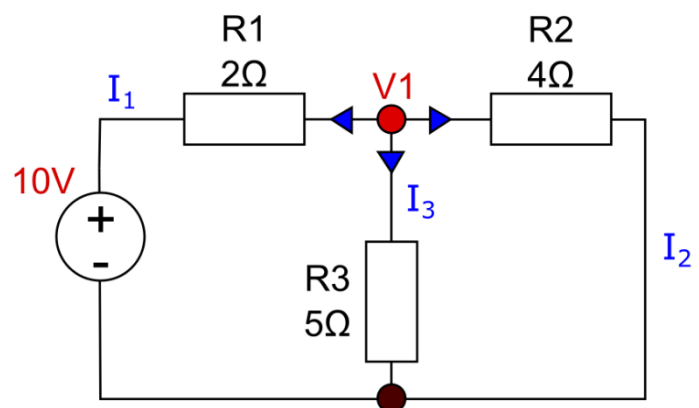
$$V1 = 5,26V$$

Wyznaczenie prądów w gałęziach

$$I_1 = \frac{V1 - 10V}{2\Omega} = \frac{-4,74}{2\Omega} = -2,37A$$

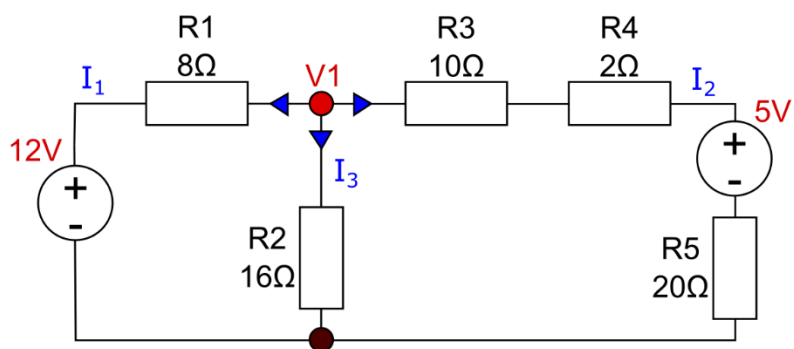
$$I_2 = \frac{V1 - 0}{4\Omega} = \frac{5,26}{4\Omega} = 1,315A$$

$$I_3 = \frac{V1 - 0}{5\Omega} = \frac{5,26}{5\Omega} = 1,052A$$



Wartość ujemna prądu I1 oznacza, że wstępne założenie było błędne, ponieważ prąd I1 wpływa do węzła V1, a nie odwrotnie.

Obliczenia 2



$$\frac{V1 - 12}{8\Omega} + \frac{V1}{16\Omega} + \frac{V1 - 5}{32\Omega} = 0$$

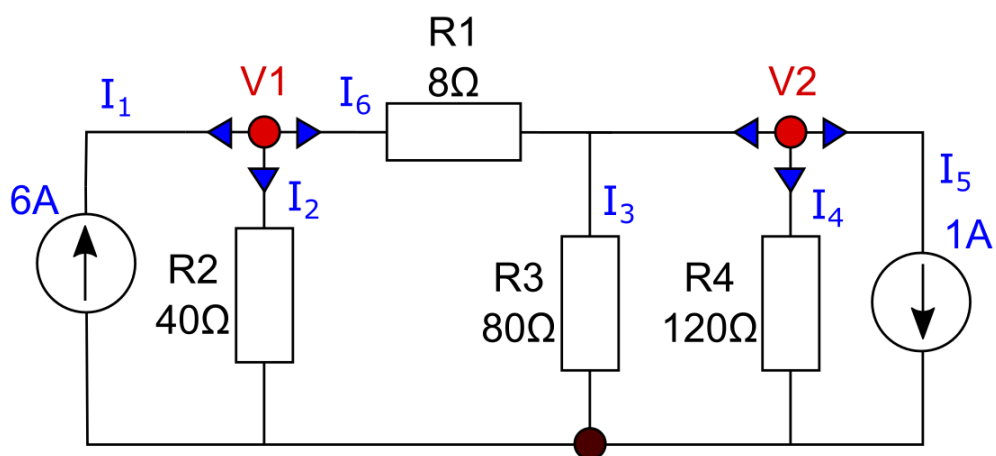
$$V1 = 7,57V$$

$$I1 = \frac{7.57V - 12V}{8R} = \frac{-4.43V}{8R} = -0.55A$$

$$I2 = \frac{7.57V - 5V}{32R} = \frac{2.57V}{32R} = 0.08A$$

$$I3 = \frac{7.57V}{16R} = 0.47A$$

Obliczenia 3



$$1) -6A + \frac{V1}{40\Omega} + \frac{V1 - V2}{8\Omega} = 0$$

$$2) \frac{V2 - V1}{8\Omega} + \frac{V2}{80\Omega} + \frac{V2}{120\Omega} + 1A = 0$$

$$1) 6V1 - 5V2 = 240$$

$$2) -30V1 + 35V2 = -240$$

$$V1 = 120$$

$$V2 = 96$$

$$I1 = 6A$$

$$I2 = 3A$$

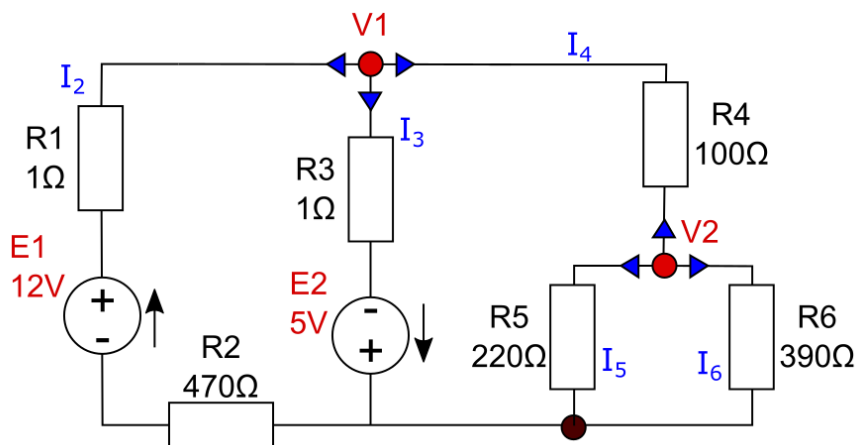
$$I3 = 1,2A$$

$$I4 = 0,8A$$

$$I5 = 1A$$

$$I6 = 3A$$

Obliczenia 4



$$1) \frac{V1 - 12}{471} + \frac{V1 + 5}{1} + \frac{V1 - V2}{100} = 0$$

$$2) \frac{V2 - V1}{100} + \frac{V2}{220} + \frac{V2}{390} = 0$$

$$V1 = -4,94V$$

$$V2 = -2,89V$$

$$I_2 = \frac{-4,94 - 12}{471} = -0,036A$$

$$I_3 = \frac{-4,94 + 5}{1} = 0,06A$$

$$I_4 = \frac{-4,94 - (-2,89)}{100} = -0,02A$$

$$I_5 = \frac{-2,89}{220} = -0,013A$$

$$I_6 = \frac{-2,89}{390} = -0,007A$$