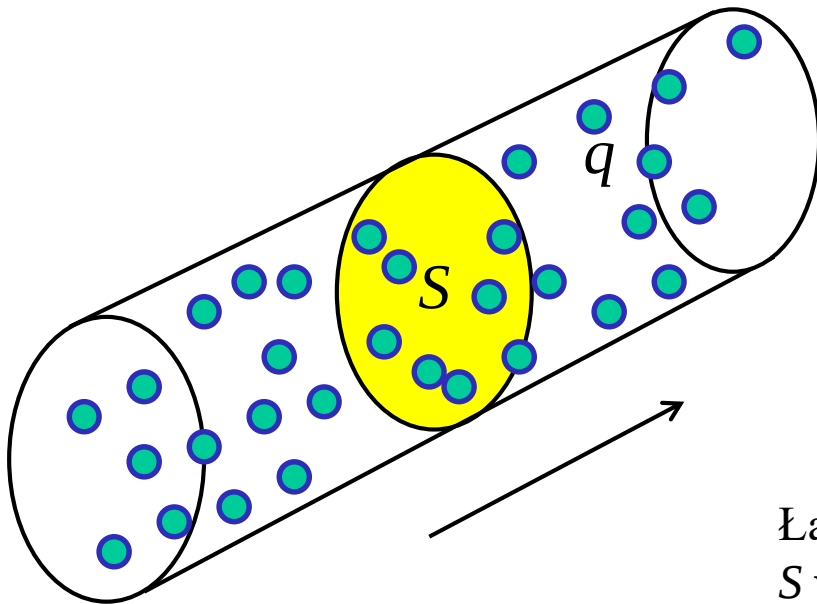


Obwody prądu stałego

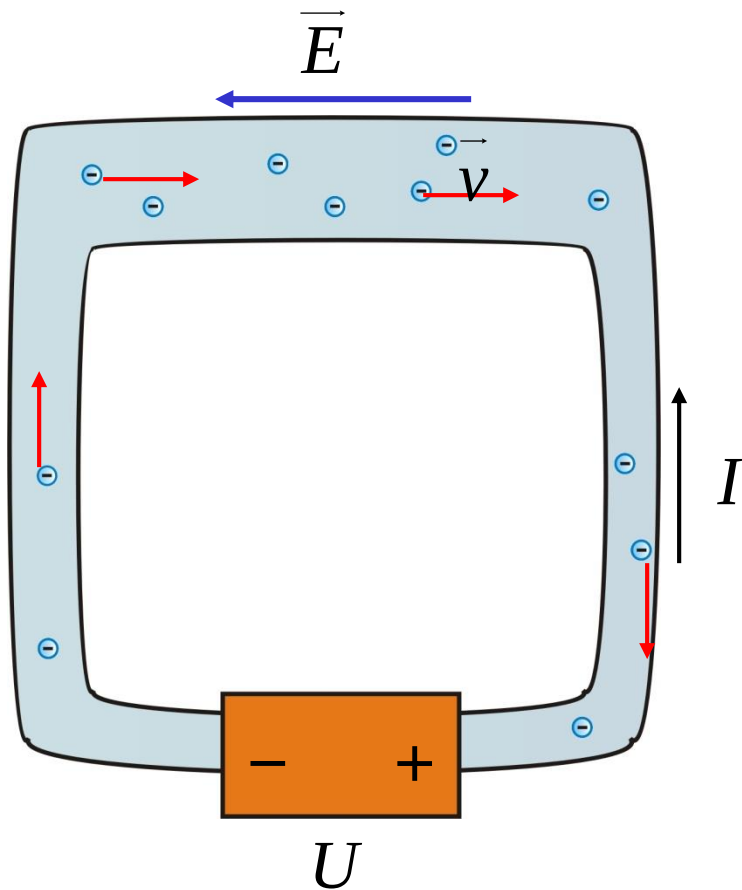
Prąd elektryczny

Uporządkowany ruch ładunków elektrycznych pod wpływem pola elektrycznego.



Ładunek przepływający przez powierzchnię S w przedziale czasu od 0 do t

- Przewodniki
- Izolatory
- Półprzewodniki

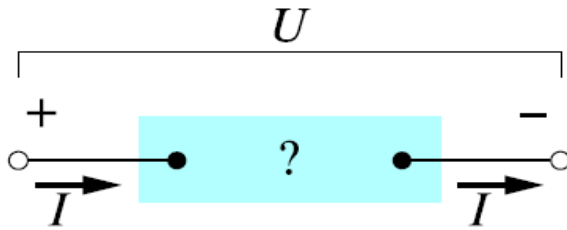


- Przewodniki
- Izolatory
- Półprzewodniki

Prędkość unoszenia (dryfu)

$$v_d = 10^{-5} - 10^{-4} \text{ m/s}$$

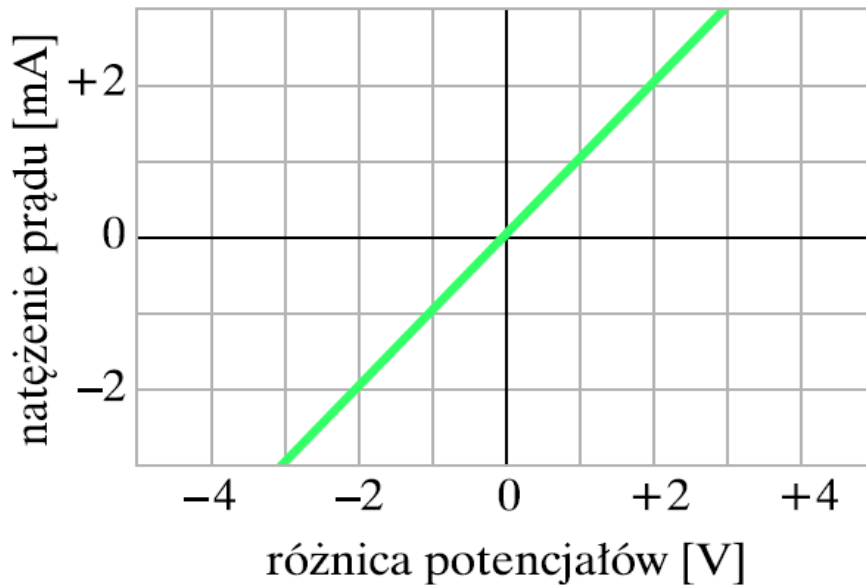
Prawo Ohma



a)

$$I = \frac{U}{R}$$

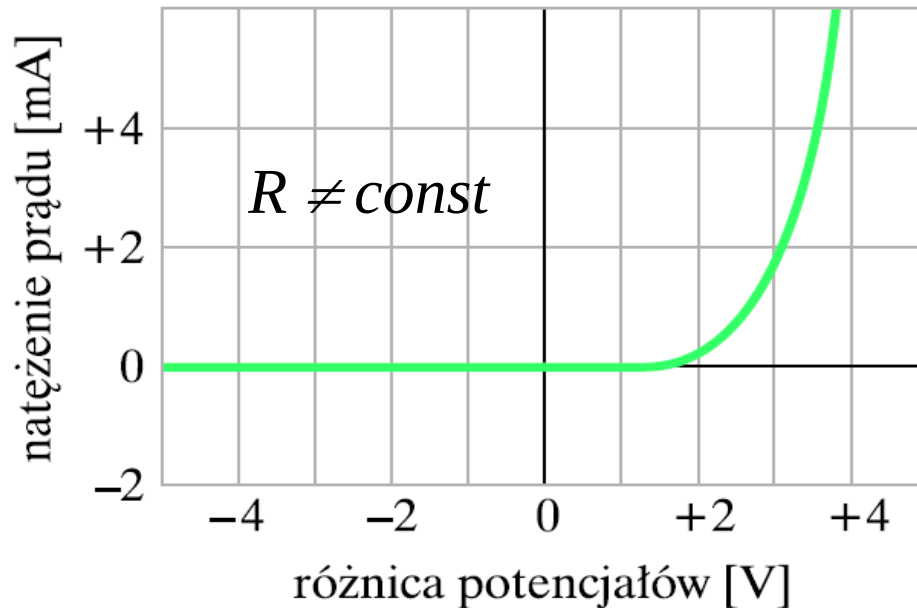
Natężenie prądu I płynącego przez przewodnik elektryczny jest wprost proporcjonalne do różnicy potencjałów (napięcia U) przyłożonej do przewodnika. (element liniowy)



b)

Przykład elementów nieliniowych

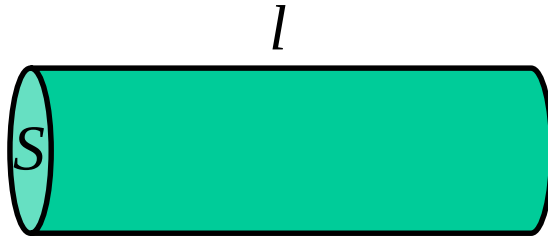
Półprzewodniki



typowe półprzewodniki
 $\rho \approx 10^3 [\Omega m]$

Wykres $I = f(U)$ gdy
elementem obwodu jest
krzemowa dioda
półprzewodnikowa ze
złączem p-n

Opór elektryczny przewodników



Opór elektryczny jest właściwością ciała.

Opór elektryczny właściwy jest właściwością materiału

Opory własne – rezystywności:

Przewodniki $10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$

Izolatory $10^{10} - 10^{16} \Omega \cdot \text{m}$

Półprzewodniki $10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$

Nadprzewodniki $0 \Omega \cdot \text{m}$

Przewodniki: przy 20° C	Opór właściwy [Ω×m] × 10 ⁻⁸	R dla 1 km przewodu Φ=1mm
Miedź	1,7	21,7
Aluminium	2,7	34,4
Cyna	11,5	147
Żelazo	10	127
Stal	15 - 45	190 - 570
Złoto	2,4	30,6
Srebro	1,6	20,4
Platyna	10	127
Grafit	ok. 3000	

Tabela rezystywności (oporu właściwego)
niektórych półprzewodników
i izolatorów (w temp. 20 °C)

materiał	rezystywność ($\Omega \cdot m$)
german	0,46
krzem	640
szkło	$10^{10} - 10^{14}$
guma	około 10^{13}
siarka	10^{15}

Zależność oporu właściwego (rezystywności) od temperatury jest dla większości metali w przybliżeniu liniowa i dla szerokiego przedziału temperatur prawdziwy jest wzór:

gdzie:

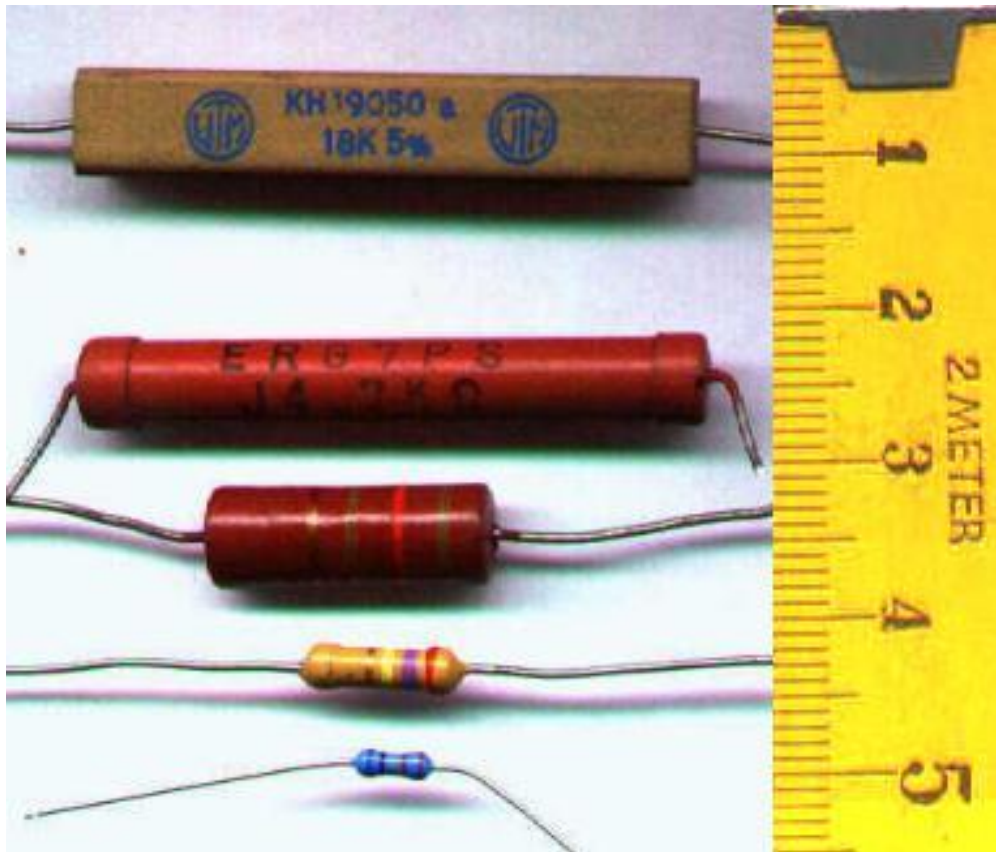
ρ_0 - opór właściwy w temperaturze $T_0 = 293 \text{ K}$ ($20 \text{ }^\circ\text{C}$)

α - współczynnik temperaturowy oporu właściwego

$T - T_0$ - zmiana temperatury (ΔT)[K],

Rezystory (oporniki)

symbole



BUDOWA

- konstantan
- kantel
- manganin
- nikielina
- nichrom
- silit

Oznaczenia na rezystorach

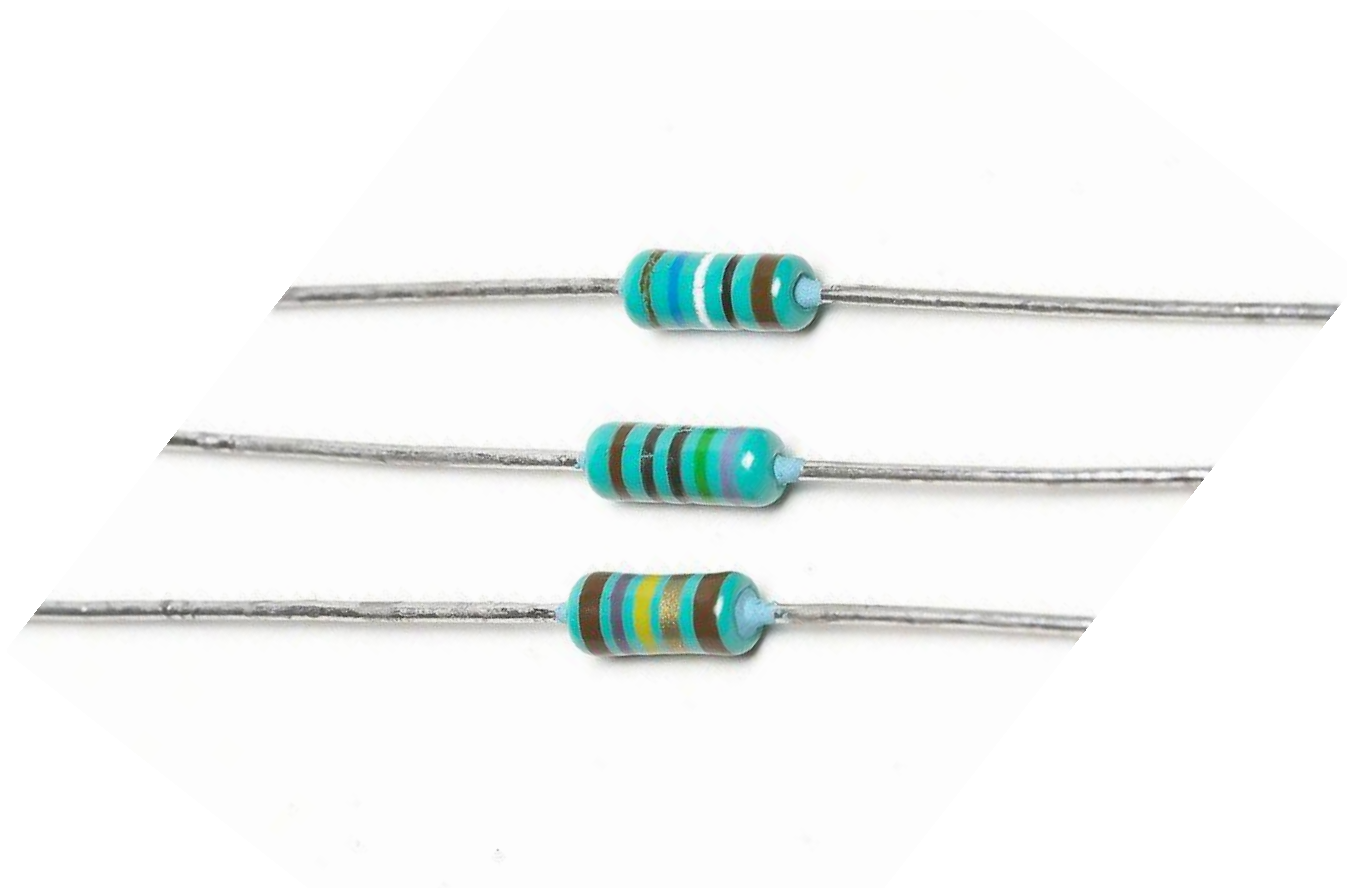
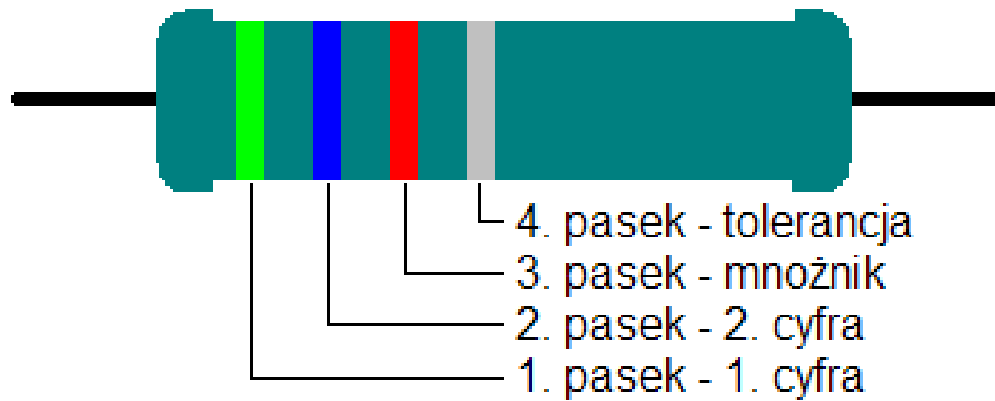
rezystancja nominalna – rezystancja podawana przez producenta na obudowie opornika; rezystancja rzeczywista różni się od rezystancji nominalnej, jednak zawsze mieści się w podanej klasie tolerancji.

tolerancja – inaczej klasa dokładności; podawana w procentach możliwa odchyłka rzeczywistej wartości opornika od jego wartości nominalnej

moc znamionowa – moc jaką opornik może przez dłuższy czas wydzielać w postaci ciepła bez wpływu na jego parametry; przekroczenie tej wartości może prowadzić do zmian innych parametrów rezystora (np. rezystancji) lub jego uszkodzenia,



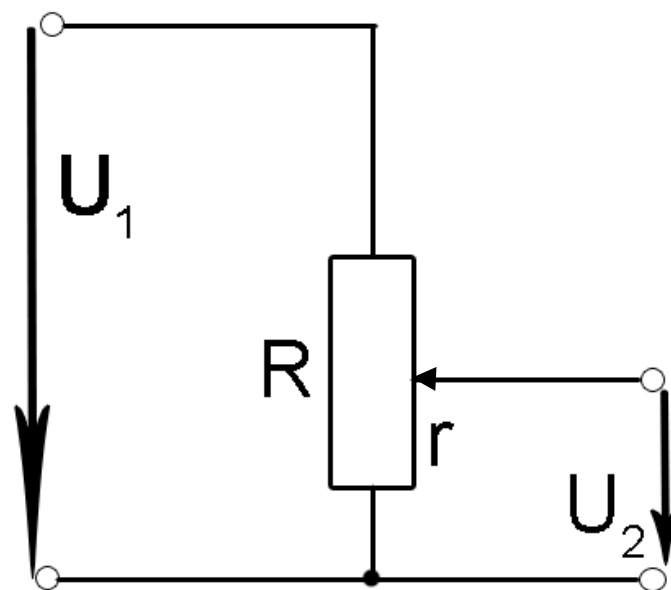
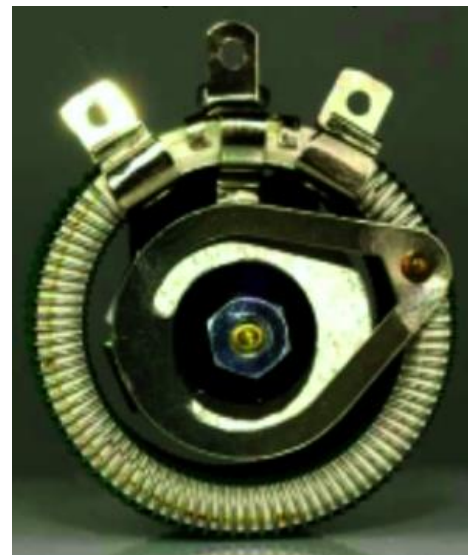
Kod paskowy



Kolory kodu paskowego

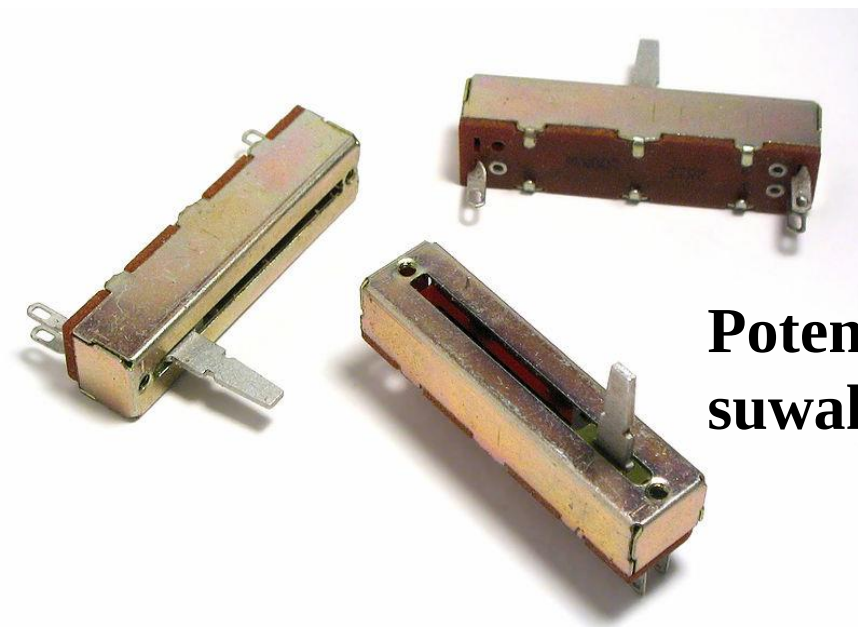
Kolor	Cyfry Znaczące	Mnożnik	Tolerancja	Współczynnik Temperaturowy
Brak	-	-	20%	-
Srebrny	-	x0,01	10%	-
Złoty	-	x0,1	5%	-
Czarny	0	x1	-	250ppm /K
Brązowy	1	x10	1%	100ppm /K
Czerwony	2	x100	2%	50ppm /K
Pomarańczowy	3	x1000	-	-
Żółty	4	x10.000	-	25ppm /K
Zielony	5	x100.000	0,5%	20ppm /K
Niebieski	6	x1000.000	0,25%	10ppm /K
Fioletowy	7	x10.000.000	0,1%	5ppm /K
Szary	8	x100.000.000	-	1ppm /K
Biały	9	x1000.000.000	-	-

Rezystory o zmiennej rezystancji - **potencjometry**



oznaczenia na schemacie

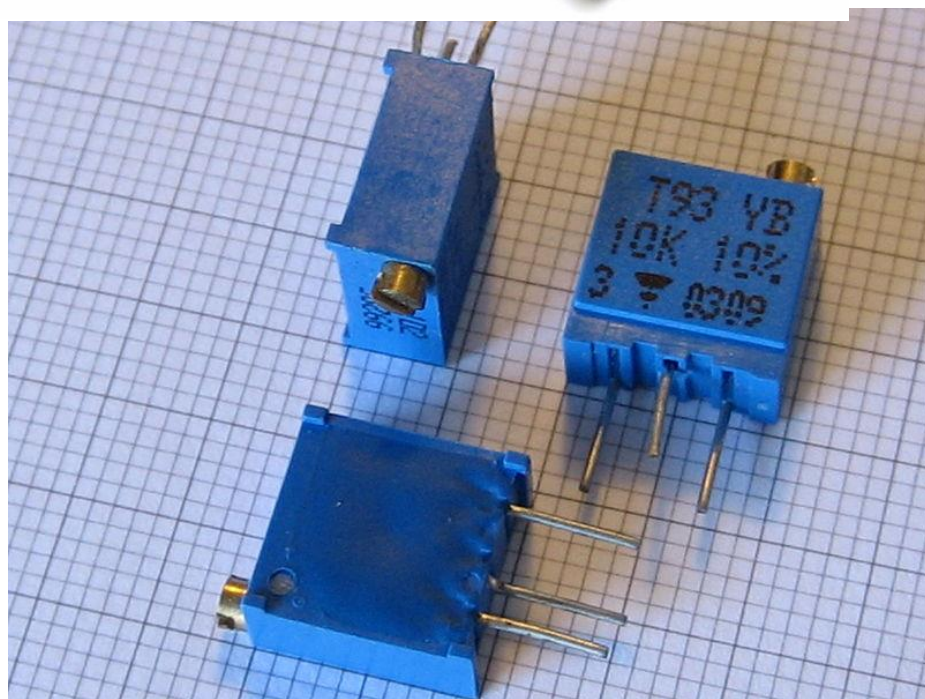
Potencjometr jako dzielnik napięcia



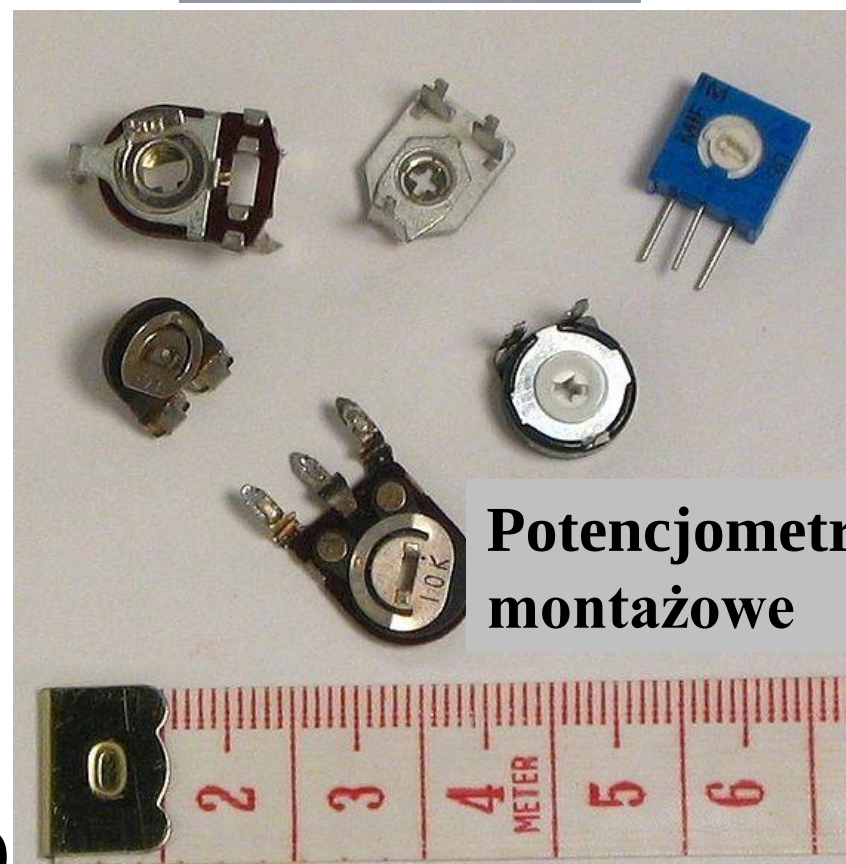
Potencjometry suwakowe



Potencjometr obrotowy



Potencjometry precyzyjne (trymery)

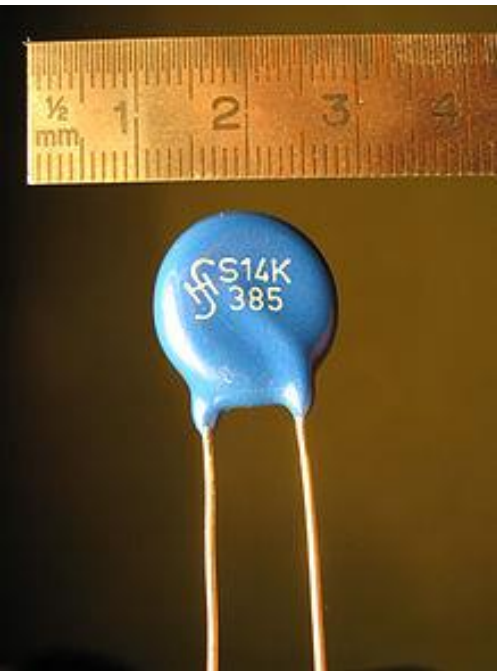


Potencjometry montażowe

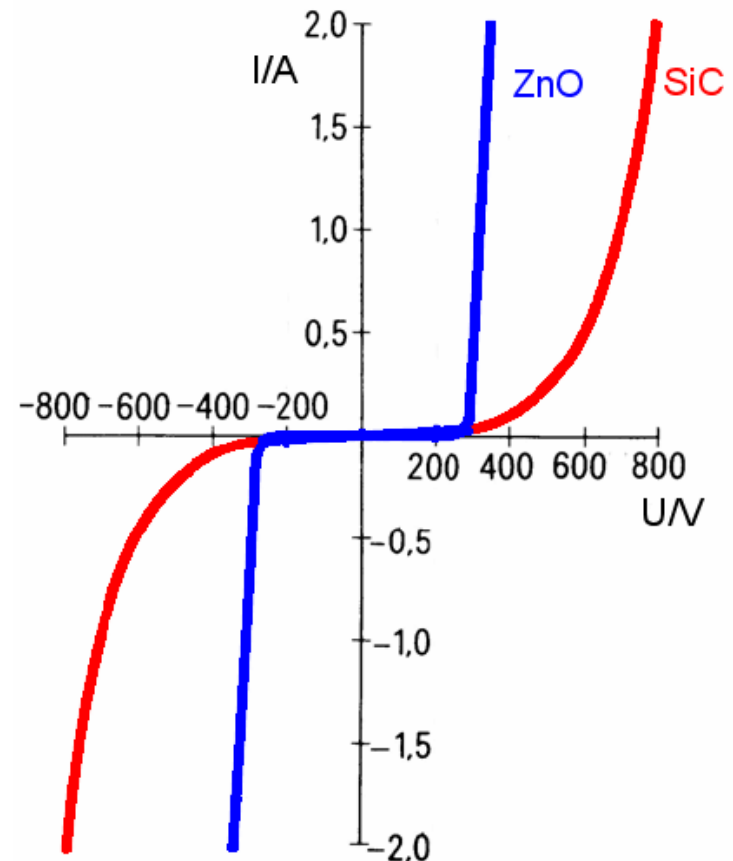
Warystor

- półprzewodnikowy podzespół elektroniczny (rezystor), o nieliniowej charakterystyce rezystancji, zależnej od napięcia elektrycznego. Dla małych napięć wykazuje on dużą rezystancję, gdy przekroczy ono pewną wartość, charakterystyczną dla danego typu warystora, jego rezystancja szybko maleje, z początkowych setek kiloomów do zaledwie kilkunastu omów.

Warystory stosowane są jako elementy zabezpieczenia odbiorników przed zbyt wysokim napięciem.



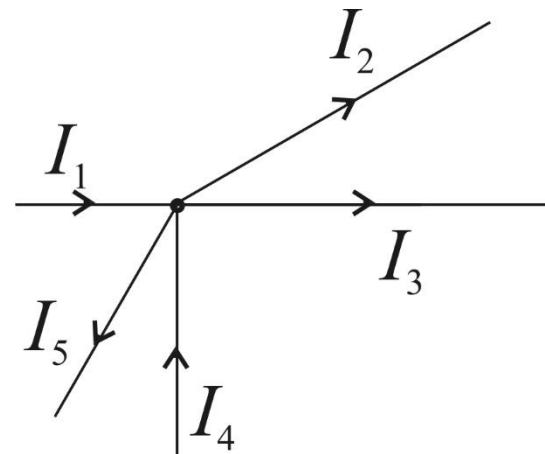
Warystory wytwarzane są metodą spiekania sprasowanych proszków tlenków cynku i bizmutu.



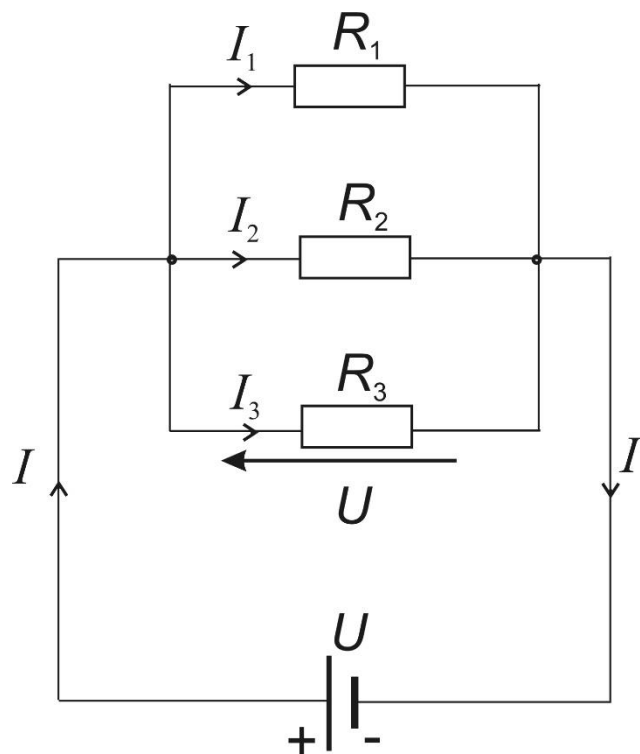
Łączenie równoległe oporników

I. Prawo Kirchhoffa

$$\sum_{i=1}^n I_i = 0$$



$$I = I_1 + I_2 + I_3$$



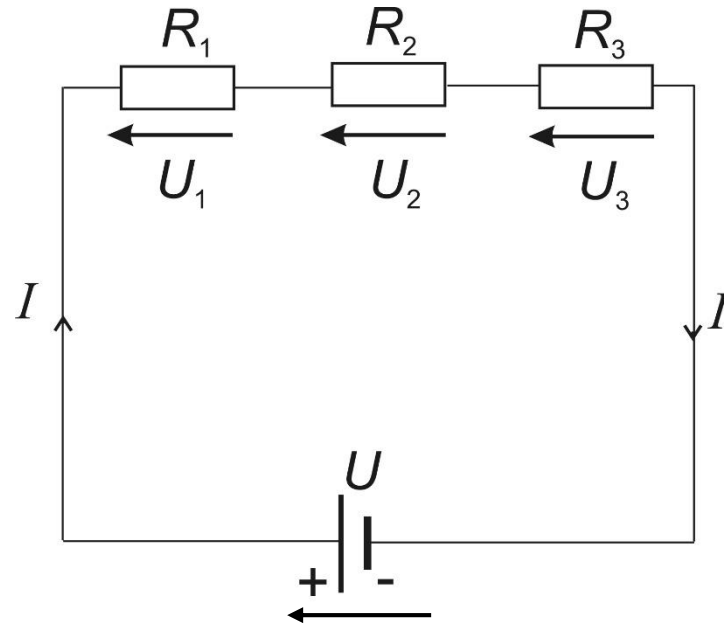
$$\frac{1}{R} = \sum_{j=1}^n \frac{1}{R_j}$$

Łączenie szeregowe oporników

II. Prawo Kirchhoffa

$$\sum_{i=1}^n U_i = 0$$

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

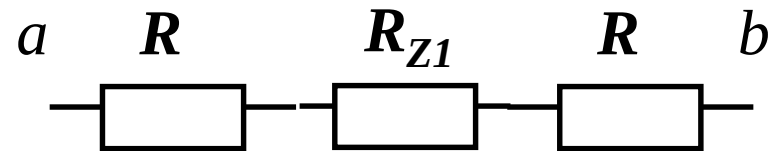
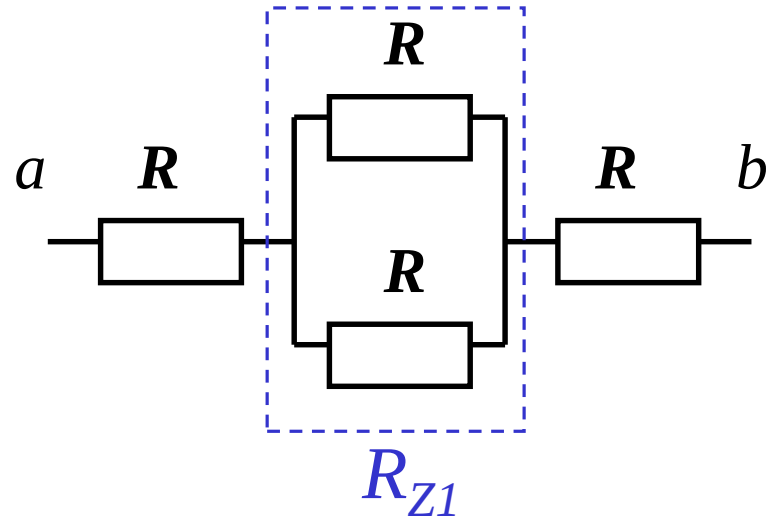


$$R = \sum_{j=1}^n R_j$$

Przykłady łączenia rezystorów

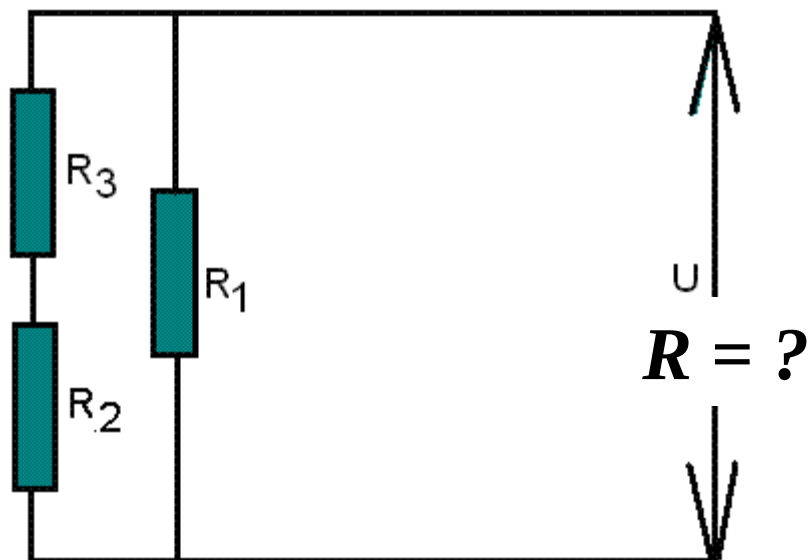
1) Oblicz opór między punktami a i b , jeżeli każdy opornik ma wartość $R = 2\ \Omega$

$$\frac{1}{R_{Z1}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{R + R}{R \cdot R}$$



$$R_{ab} = R + R_{Z1} + R = 2 + 1 + 2 = 5\Omega$$

Odp. $R_{ab} = 5\ \Omega$



Układ trzech oporników połączonych w sposób kombinowany - dwa oporniki połączone są szeregowo, a trzeci jest dołączony równolegle do układu oporników połączonych szeregowo. W pierwszej kolejności trzeba obliczyć oporność zastępczą układu oporników połączonych szeregowo, a następnie potraktować ten układ jako jeden opornik i dalej obliczyć dla równoległego układu.

$$R_{23} = R_2 + R_3$$

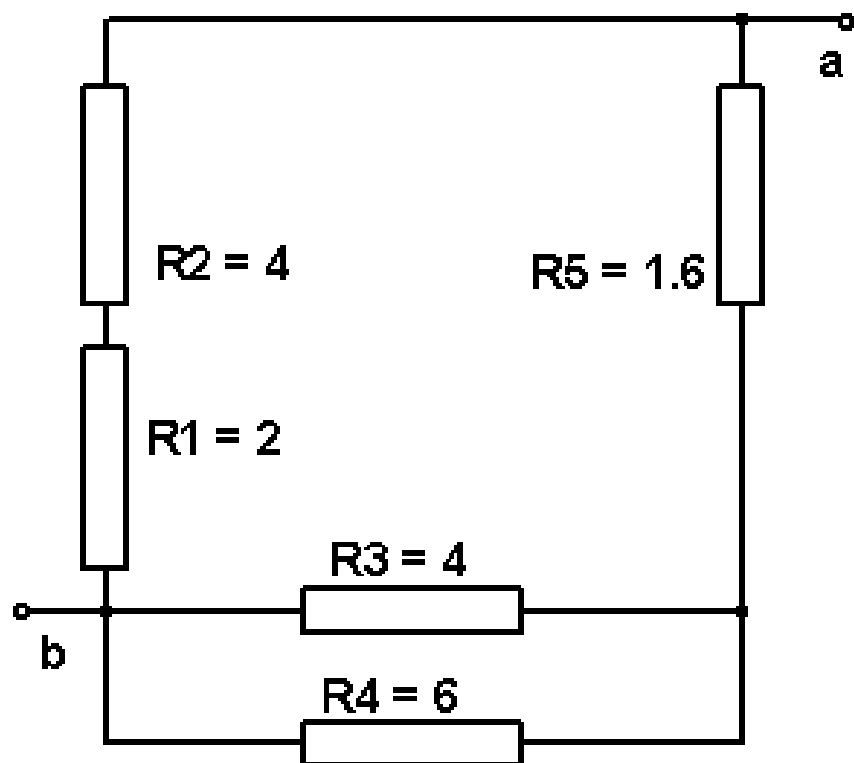
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_{23}}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2 + R_3}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{R_2 + R_3}{R_1 \cdot (R_2 + R_3)} + \frac{R_1}{R_1 \cdot (R_2 + R_3)}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{R_2 + R_3 + R_1}{R_1 \cdot (R_2 + R_3)}$$

$$R = \frac{R_1 \cdot (R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3}$$

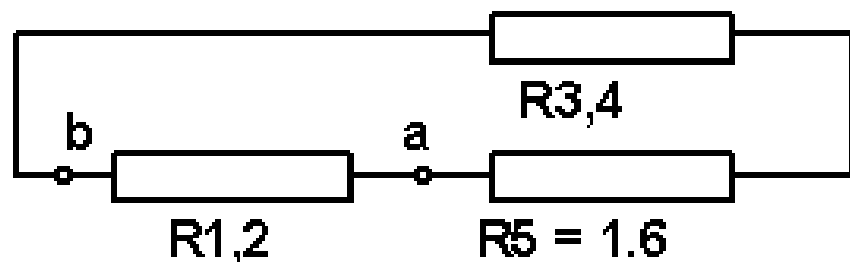


R4 jest połączony z ***R3***
równolegle a ***R1*** z ***R2*** szeregowo

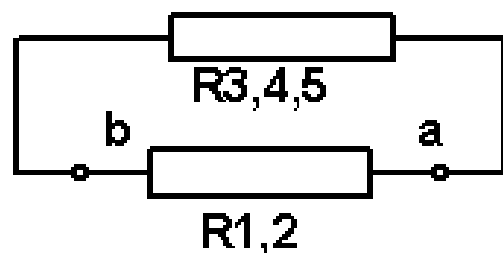
$$\frac{1}{R_{34}} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} = \frac{R_4 + R_3}{R_3 \cdot R_4}$$

$$R_{34} = \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4} = \frac{6 \cdot 4}{6 + 4} = 2,4$$

$$R_{12} = R_1 + R_2 = 2 + 4 = 6$$



$$R_{345} = R_{34} + R_5 = 2,4 + 1,6 = 4$$



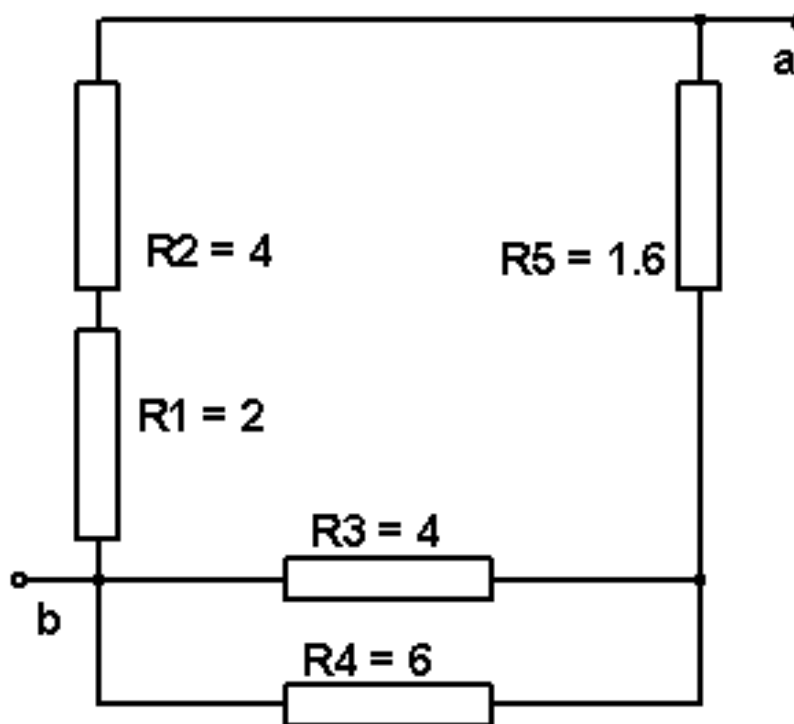
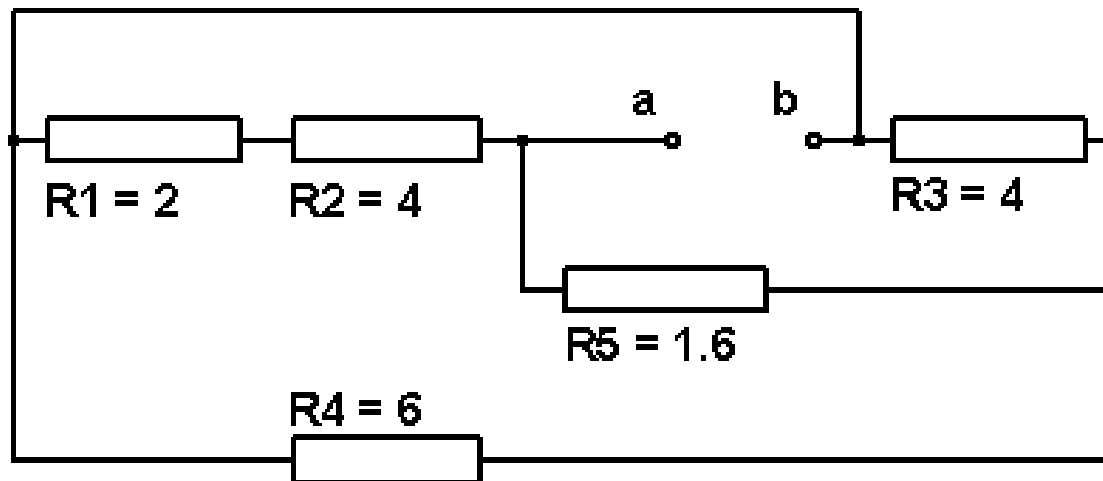
$$R_z = \frac{R_{12} \cdot R_{345}}{R_{12} + R_{345}} = \frac{6 \cdot 4}{6 + 4} = 2,4 \, \Omega$$

Przykład

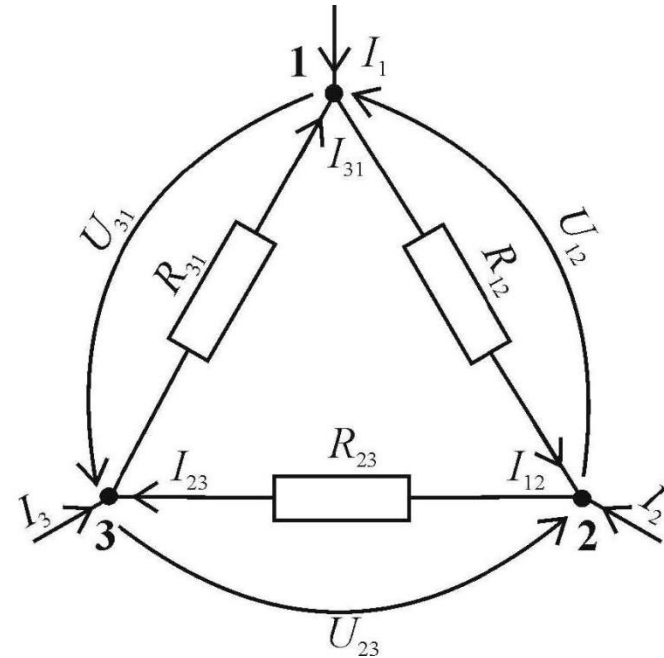
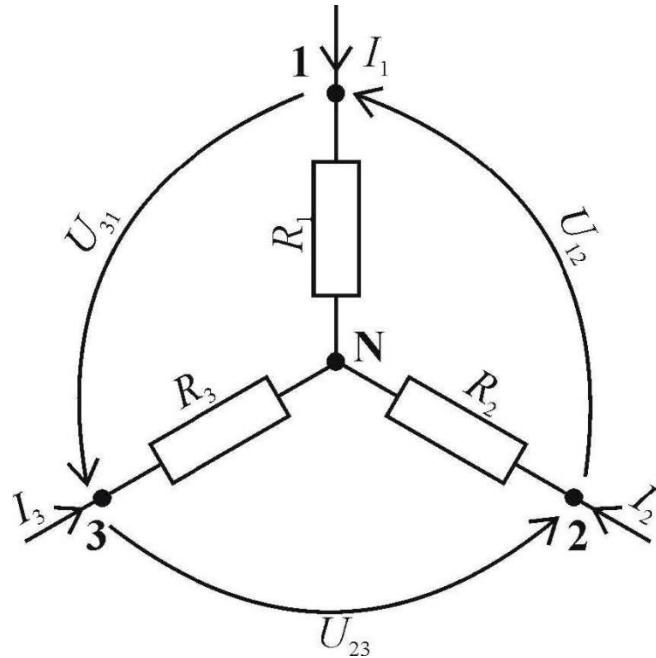
Obliczyć opór
między zaciskami
a i b

(wartości rezystancji
wyrażono w omach)

Ten sam układ
narysowany
inaczej



Transfiguracja gwiazda-trójkąt



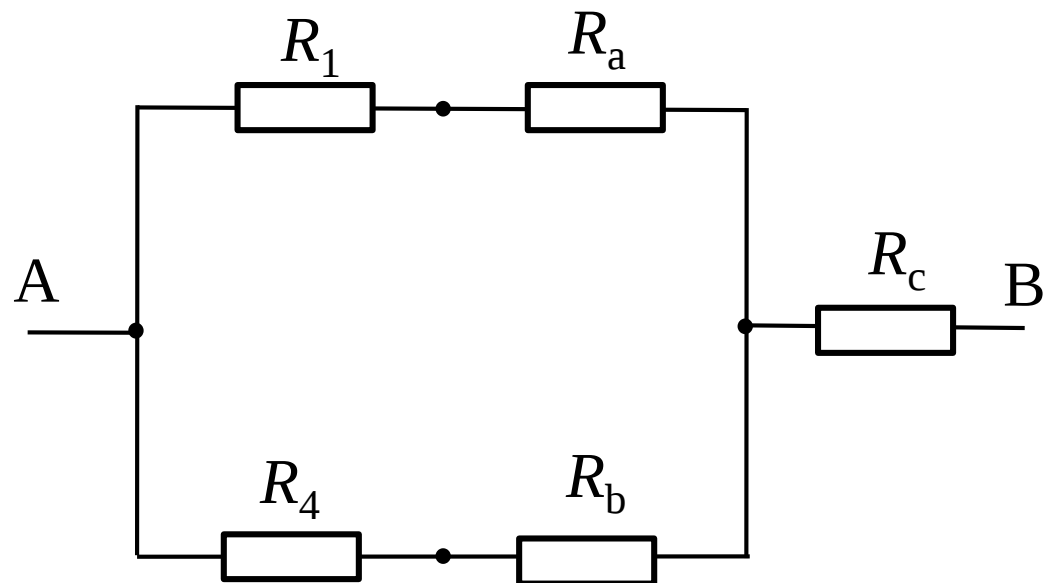
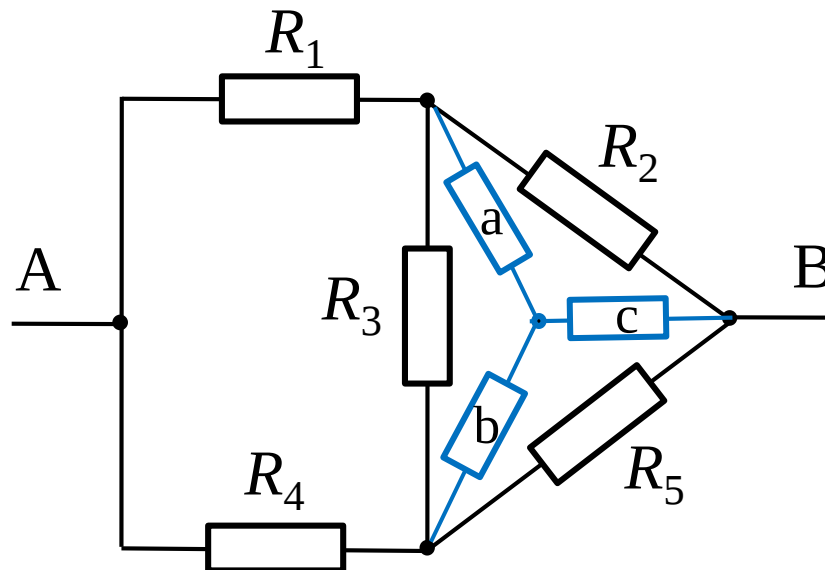
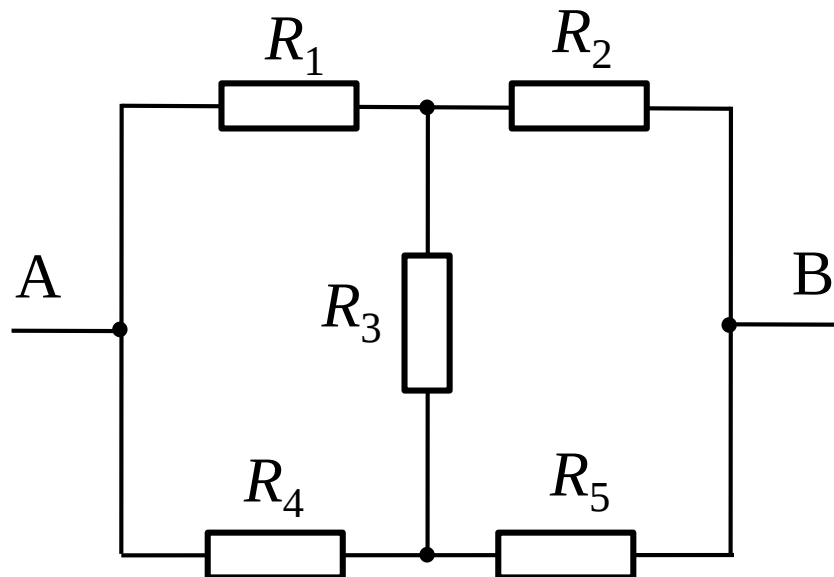
Równoważność obu obwodów oznacza równość prądów I_1 , I_2 , I_3 , oraz napięć U_{12} , U_{23} oraz U_{31} .

Gwiazda w
trójkąt

Trójkąt w
gwiazdę

$$R_1 = \frac{R_{31} \cdot R_{12}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}, \quad R_2 = \frac{R_{12} \cdot R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}, \quad R_3 = \frac{R_{23} \cdot R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

Przykład



$$R_1 = R_4 = 2 \, \Omega$$

$$R_2 = 6 \, \Omega$$

$$R_3 = 4 \, \Omega$$

$$R_5 = 8 \, \Omega$$

Siła elektromotoryczna (SEM)

Źródła napięcia stałego (SEM)

Ogniwa elektrochemiczne

Prądnice

Fotoogniwa

Termopary

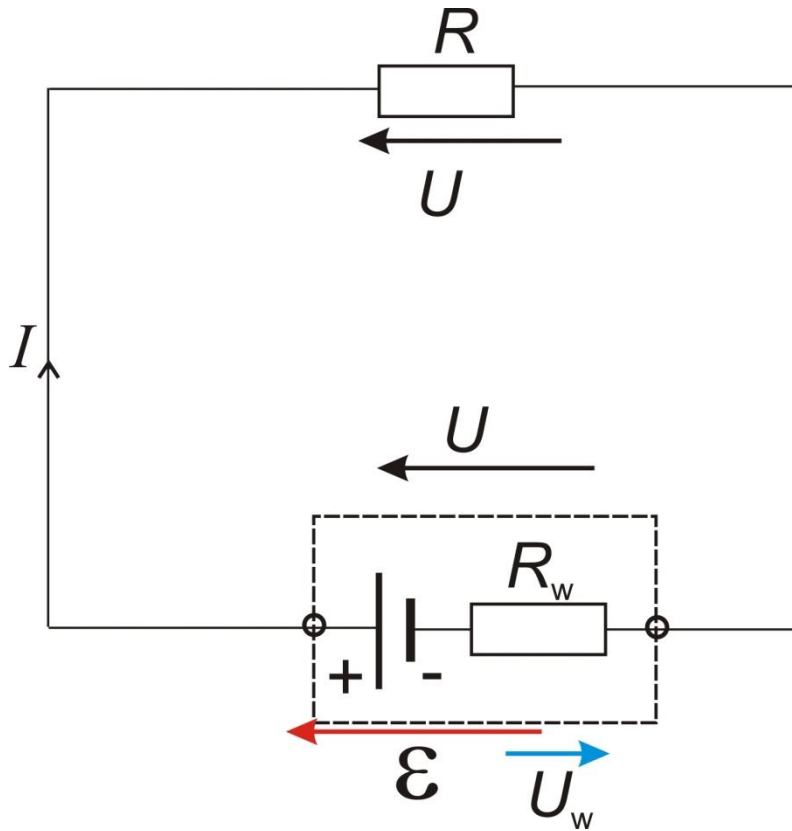
Ogniwa paliwowe

idealne

rzeczywiste

Siła elektromotoryczna (SEM), rzeczywiste źródło napięcia

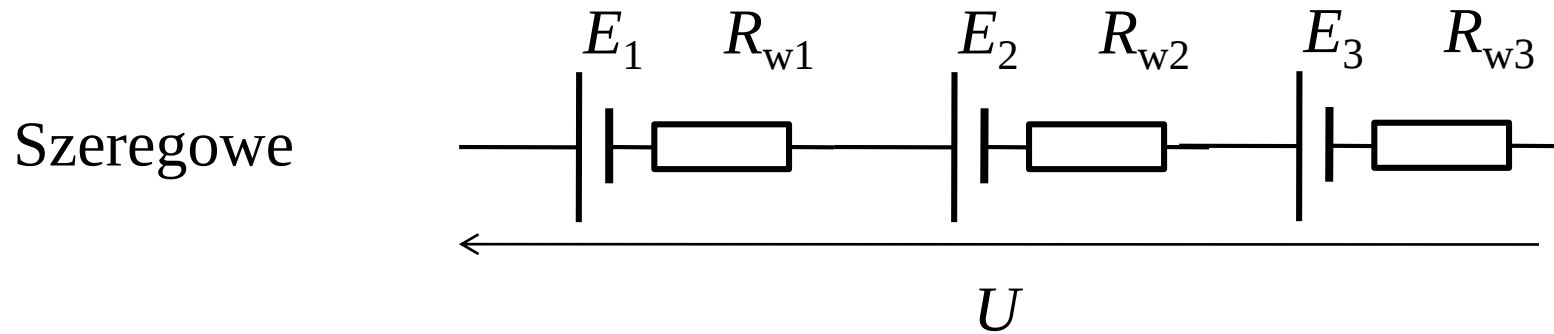
$$J/C = V$$



II. Prawo Kirchhoffa

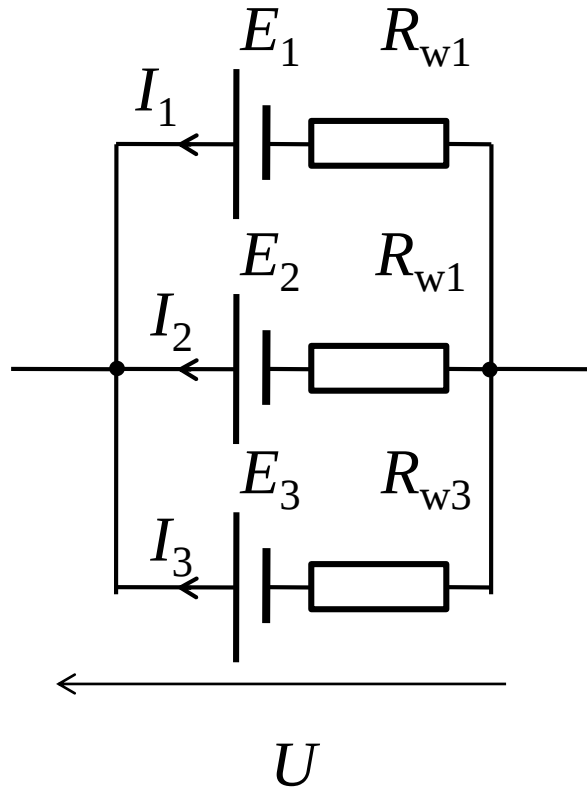
$$\sum_{i=1}^n \mathcal{E}_i + \sum_{i=1}^n U_i = 0$$

Łączenie szeregowe SEM



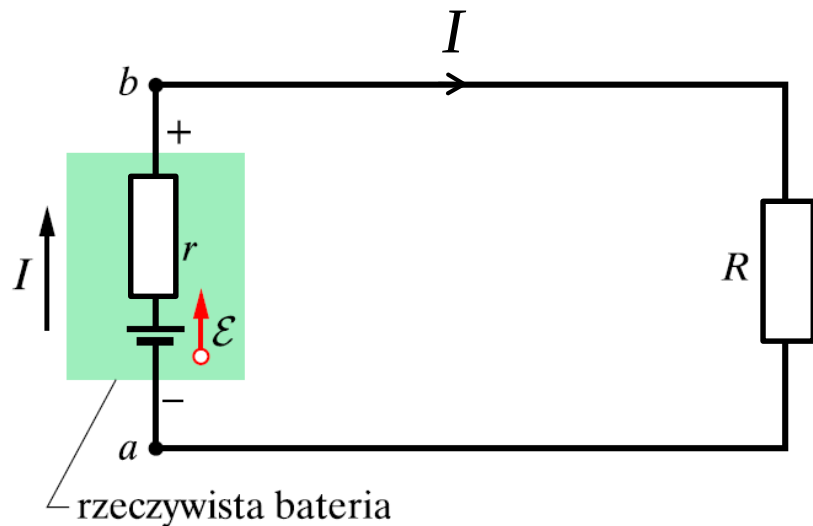
$$U = E_1 + E_2 + E_3 - I(R_{w1} + R_{w2} + R_{w3})$$

Łączenie równoległe SEM



$$U = E_1 - I_1 R_{w1} = E_2 - I_2 R_{w2} = E_3 - I_3 R_{w3}$$

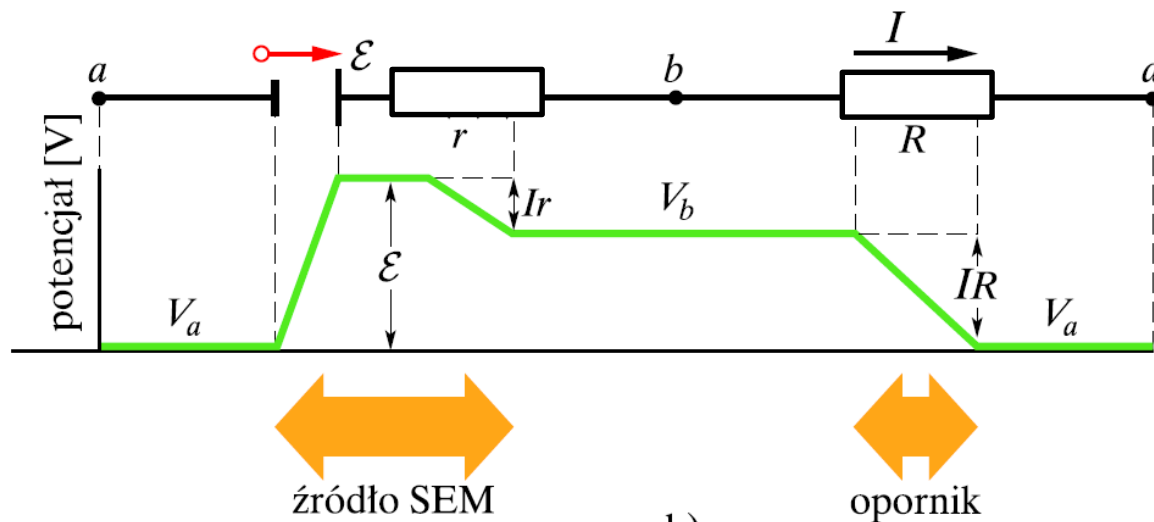
SEM w obwodzie zamkniętym



II Prawo Kirchhoffa

Algebraiczna suma zmian potencjału napotykanym przy pełnym obejściu dowolnego zamkniętego obwodu (oczka) równa się zero.

$$\mathcal{E} - U_r - U_R = 0$$



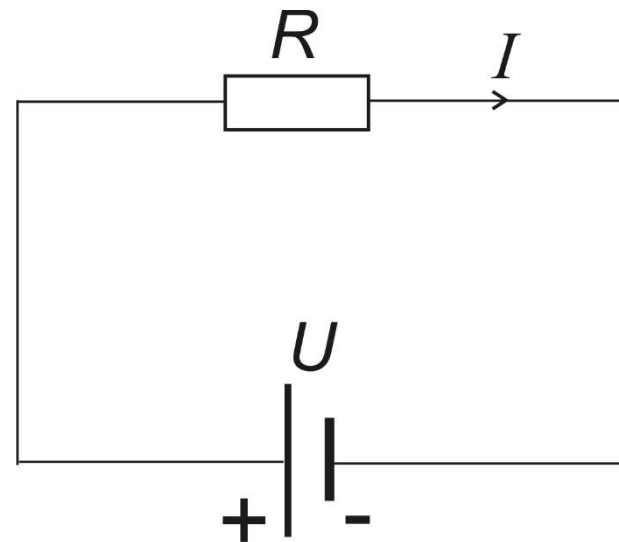
$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$$

Praca i moc prądu stałego

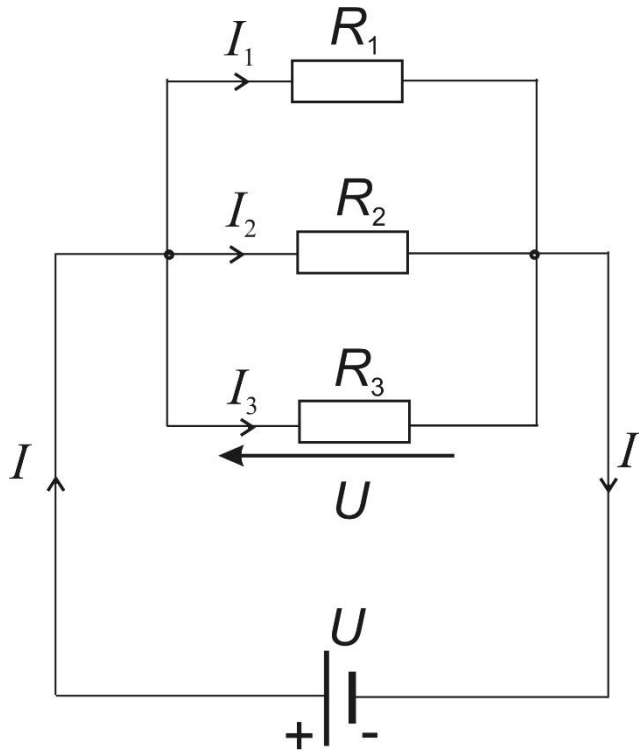
$$W = qU \quad I = q/t$$

$$W = UI t \quad [\text{W s}] \text{ lub } [\text{k W h}]$$

$$P = UI \quad [\text{W} = \text{V A}]$$



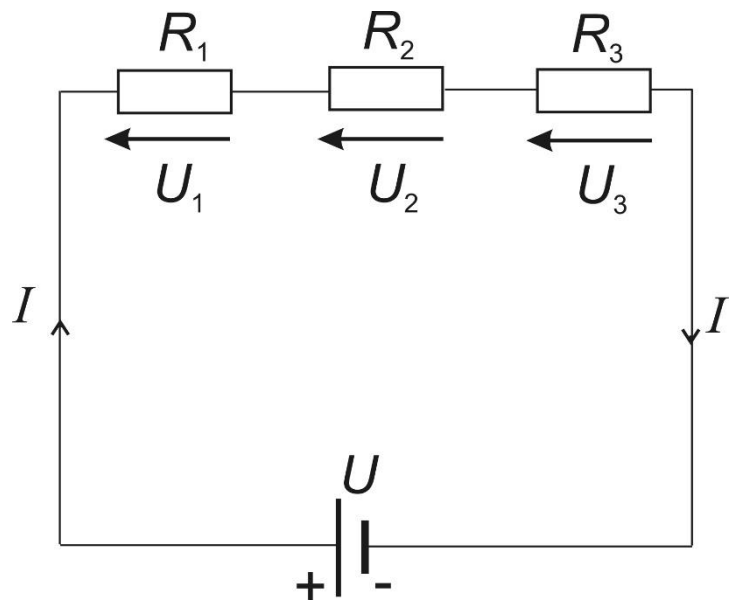
Moc wydzielana na opornikach połączonych równolegle



$$I = \frac{P}{U}$$

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

Moc wydzielana na opornikach połączonych szeregowo



$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

Pomiary napięć i prądów

