

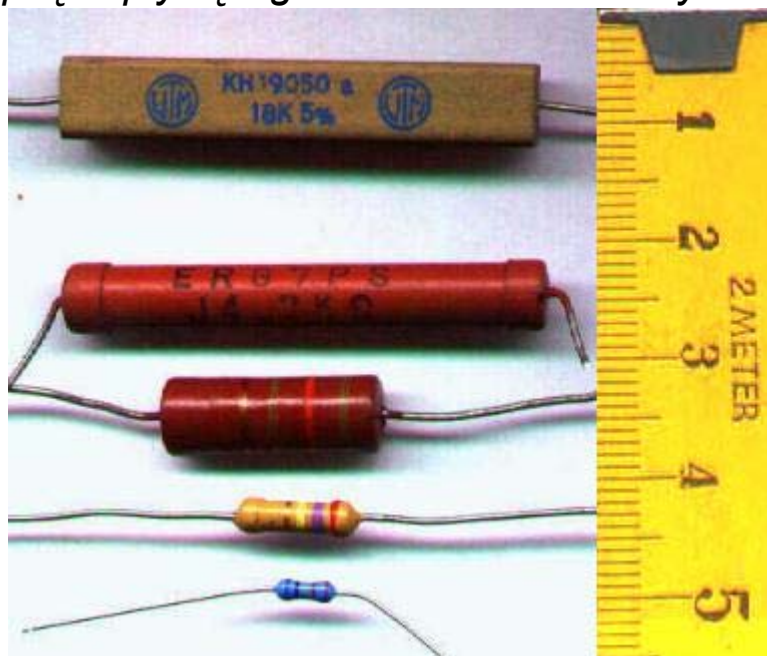
REZYSTORY

Krótki wstęp teoretyczny

Rezystor (opornik) jest elementem liniowym: występujący na nim spadek napięcia jest wprost proporcjonalny do płynącego przez niego prądu.

Jest również elementem stratnym: przy przepływie prądu energia elektryczna, wydzielana w postaci ciepła, jest bezpowrotnie tracona.

Służy do ograniczenia prądu płynącego w obwodzie lub uzyskania wymaganych napięć.



Budowa:

Rezystory składają się zwykle z korpusu izolacyjnego z wyprowadzeniami oraz z części oporowej.

Podstawowe zależności:

$$R = U/I, R = \xi \times l/A$$

gdzie:

R – rezystancja [Ω]

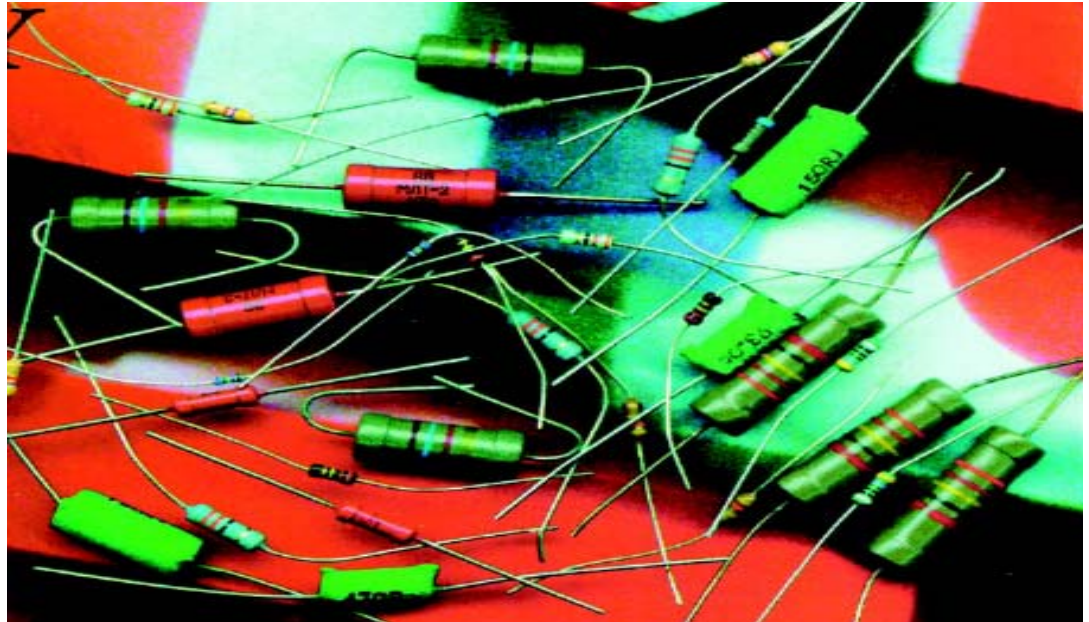
U – napięcie [V]

I – natężenie prądu [A]

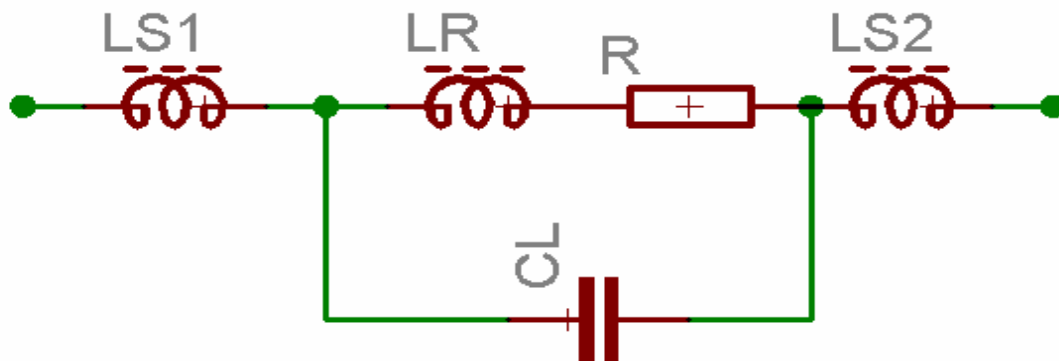
A – powierzchnia przekroju [m^2]

l – długość drutu [m]

ξ – oporność właściwa [$\Omega \cdot m^2/m$]



Model rezystora



gdzie:

R – rezystancja [Ω]

C_L – pojemność własna (upływność)

L_R – indukcyjność elementu oporowego

L_S – indukcyjność wyprowadzeń

Parametry rezystorów..

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 (klasa dokładności)

podawana w procentach możliwa odchyłka rzeczywistej wartości opornika od jego wartości nominalnej

Moc znamionowa

największa dopuszczalna moc wydzielana na rezystorze przy pracy ciągłej przy temperaturze mniejszej niż $+ 70^{\circ}\text{C}$

przekroczenie tej wartości może prowadzić do zmian innych parametrów rezystora lub jego uszkodzenia

Napięcie graniczne

maksymalne napięcie stałe lub amplituda napięcia zmiennego, jakie może być dołączone do rezystora w sposób ciągły, bez obawy o jego zniszczenie

Parametry rezystorów..

Temperaturowy współczynnik rezystancji - TWR, TCR

współczynnik określający zmiany rezystancji pod wpływem zmian temperatury opornika,
wartość TWR podaje się w %/K, ppm/K lub $10^{-6}/K$

Współczynnik szumów

określa szумы wprowadzane przez rezystor,
wartość podaje się zazwyczaj w $\mu V/V$

Nominalne wartości rezystancji według szeregów E

Szeregi E (oraz R) tworzone są według harmonicznego podziału każdej dekady.

Szeregi główne

E3	50%	10, 22, 47
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, 42, 47, 51, 56, 62, 68, 75, 82, 91

Szeregi E48, E96 oraz E192 określane są mianem szeregów precyzyjnych

Przykład:

Określenie E192 oznacza, że w dekadzie występuje 192 wartości.

Obliczając je, wychodzi się z liczby 10, którą dzieli się przez pierwiastek 192-stopnia z 10.

Wynikiem tego będzie 9.88, które dzieli się ponownie przez ten sam pierwiastek.

Po 192 dzieleniach dochodzi się do wartości 1.0.

Inne szeregi

- **Szereg R**

powstaje identycznie jak ciąg E z tym, że jego podstawą jest szereg R40 (pierwiastek 40 stopnia z 10 jako dzielnik)

stosuje się czasami do rezystorów mocy

- **Szereg dekadowy**

przyjmuje wartości : 1,0 ; 1,5; 2,0 itd.

obecnie stosowany w dalszym ciągu w rezystorach precyzyjnych

Oznaczanie rezystorów

Kod barwny

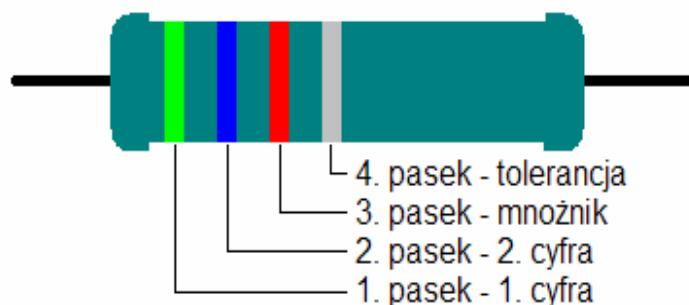
pasków lub kropek jest trzy, cztery lub sześć

- jeśli jest ich trzy, to wszystkie trzy oznaczają oporność, a tolerancja wynosi $\pm 20\%$
- jeśli jest ich cztery, to trzy pierwsze oznaczają oporność, a czwarty – tolerancję
- jeśli jest ich sześć, to jest to opornik precyzyjny i trzy pierwsze oznaczają cyfry oporności, czwarty – mnożnik, piąty – tolerancję, szósty – temperaturowy współczynnik rezystancji (ten pasek może znajdować się na samym brzegu opornika)

- pierwszą cyfrę oznacza pasek bliższy końca, a między mnożnikiem i tolerancją jest czasem większy odstęp
- oporniki wyższych klas dokładności posiadają dodatkowy trzeci pasek cyfr.
- stare oporniki są oznakowane:
 - 1 cyfra – kolor opornika
 - 2 cyfra – kolor paska
 - mnożnik – kolor kropki

Kolor	Wartość		Mnożnik	Tolerancja $\pm \%$	Współczynnik temp. $\pm \text{ppm/K}$
	1 pasek	2 pasek	3 pasek	4 pasek	Ostatni pasek
czarny	0	0	$\times 1 \Omega$	20	200
brązowy	1	1	$\times 10 \Omega$	1	100
czerwony	2	2	$\times 100 \Omega$	2	50
pomarańczowy	3	3	$\times 1 \text{ k}$	3	15
żółty	4	4	$\times 10 \text{ k}$	0 - +100	25
zielony	5	5	$\times 100 \text{ k}$	0,5	
niebieski	6	6	$\times 1 \text{ M}$	0,25	10
fioletowy	7	7	$\times 10 \text{ M}$	0,01	5
szary	8	8		0,05	1
biały	9	9			
złoty			$0,1 \Omega$	5	
srebrny			$0,01 \Omega$	10	
brak				20	

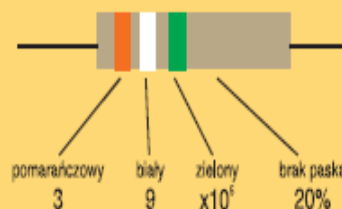
Oznaczanie rezystorów



Oznaczenie opornika 5,6kΩ 10 %

PRZYKŁADY (kod barwny)

pierwszy pasek blisko końca rezystora



3,9 MΩ 20%

TRZY PASKI

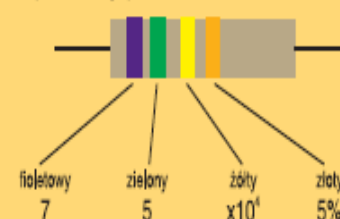
ostatni pasek szerszy o 50...100%



29,4 kΩ 1%

PIĘĆ PASKÓW

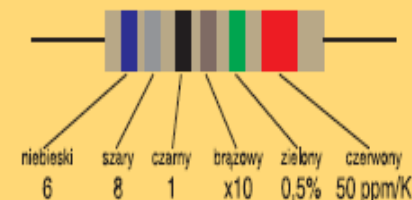
pierwszy pasek blisko końca rezystora



750 kΩ 5%

CZTERY PASKI

ostatni pasek szerszy o 50...100%



6,81 kΩ 0,5% 50 ppm/K

SZEŚĆ PASKÓW

Oznaczanie rezystorów

Rezystory oznacza się również symbolami literowymi:

$$0R1 = 0,1 \, \Omega$$

$$0E1 = 0,1 \, \Omega$$

$$4k7 = 4,7 \, k\Omega$$

$$22M = 22 \, M\Omega$$

Czasami stosuje się kody 3- lub 4- cyfrowe, w których dwa lub trzy pierwsze znaki są cyframi o najwyższym znaczeniu, a ostatnia cyfra oznacza liczbę zer :

$$100 = 10 \, \Omega$$

$$101 = 100 \, \Omega$$

$$103 = 10 \, k\Omega$$

$$4754 = 4,75 \, M\Omega$$

Rodzaje rezystorów

Rezystory węglowe, warstwowe

- *warstwa węgla o danej wartości rezystancji naparowana na rurkę ceramiczną*
- *stosowanie nacięć spiralnych w warstwie węglowej w celu osiągnięcia właściwej wartości rezystancji*



Rezystory warstwowe metalowe

- *warstwa metalu o danej wartości rezystancji naparowana na rurkę ceramiczną*
- *proces produkcji podobny do rezystorów węglowych*



Precyzyjne rezystory drutowe

- *drut o wysokiej rezystancji (nikrotal CrNi, kantal CrAlFe, lub konstantan CuNi) nawinięty na korpus z ceramiki, szkła lub włókna sztucznego*
- *są izolowane plastikiem, silikonem, glazurą lub zamknięte w obudowie aluminiowej*



Rodzaje rezystorów

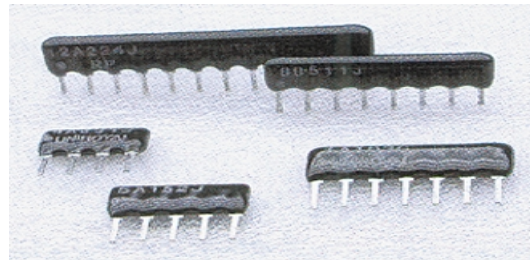
Precyzyjne rezystory SMD

- *przeznaczone do montażu powierzchniowego*



Matryce rezystorowe „drabinki”

- *są produkowane w wersji grubo- i cienkowarstwowej*
- *ceramiczny korpus z nadrukowanymi rezystorami i wyprowadzeniami*



Krótkie porównanie typów

	rezystory warstwowe węglowe	rezystory warstwowe metalowe	rezystory drutowe
Właściwości wysokoczęstotliwościowe	<i>złe, wynikają z dużej pojemności własnej ok. 0,2 pF</i>	<i>dobrze, niska pojemność własna</i>	<i>złe, duża indukcyjność (0,1-10uH), duża pojemność własna (0,2 - 10 pF)</i>
TWR	<i>wysoki: od -200 ppm/K do -1000 ppm/K</i>	<i>niski: od 5 do 100 ppm/K</i>	<i>niski: od 1 do 100 ppm/K</i>
poziom szumów	<i>wysoki</i>	<i>niski</i>	<i>bardzo niski</i>
zależność napięciowa	<i>poniżej 100 ppm/V</i>	<i>poniżej 1 ppm/V</i>	<i>poniżej 1 ppm/V</i>
stabilność długotrwała	<i>słaba</i>	<i>dobra</i>	<i>dobra</i>
dodatkowe cechy	<i>bardzo tanie w produkcji</i>	<i>niska wytrzymałość na przeciążenia impulsowe</i>	<i>zastosowania wymagające wysokiej jakości i precyzji</i>

Rezystory węglowe, warstwowe



Dane techniczne:

Wielkość:	0204
Moc:	0,125 W przy +70 °C
Tolerancja:	±5 %
Max nap. robocze:	200 V=
Napięcie izol.:	300 V=
Zakres temperatur:	−55 do +155 °C
Wymiary	
korpus:	Ø1,6×dł3,7 mm
drut:	Ø0,4×dł30 mm



Dane techniczne:

Wielkość:	0207
Moc:	0,25 W przy +70 °C
Tolerancja:	±5 %
Max nap. robocze:	300 V=
Napięcie izol.:	500 V=
Zakres temperatur:	−55 do +155 °C
Wymiary	
korpus:	Ø2,4×dł6,4 mm
drut:	Ø0,6×dł28 mm



Dane techniczne:

Wielkość:	0411
Moc:	0,5 W przy +70 °C
Tolerancja:	±5 %
Max nap. robocze:	350 V=
Napięcie izol.:	700 V=
Zakres temperatur:	−55 do +155 °C
Wymiary	
korpus:	Ø3,5×dł9,5 mm
drut:	Ø0,6×dł30 mm

Rezystory warstwowe metalowe



Dane techniczne:

Wielkość:	0207
Moc:	0,5 W przy +70 °C
Tolerancja:	±5 %
Współcz. temp.:	±350 ppm/°C
Napięcie izol.:	500 V=
Rezyst. izolacji:	$>1 \times 10^9 \Omega$
Zakres temperatur:	-55 do +200 °C
Wymiary	
korpus:	∅2,5 × dł6,5 mm
drut:	∅0,6 × dł30 mm

Precyzyjne rezystory drutowe



Dane techniczne:

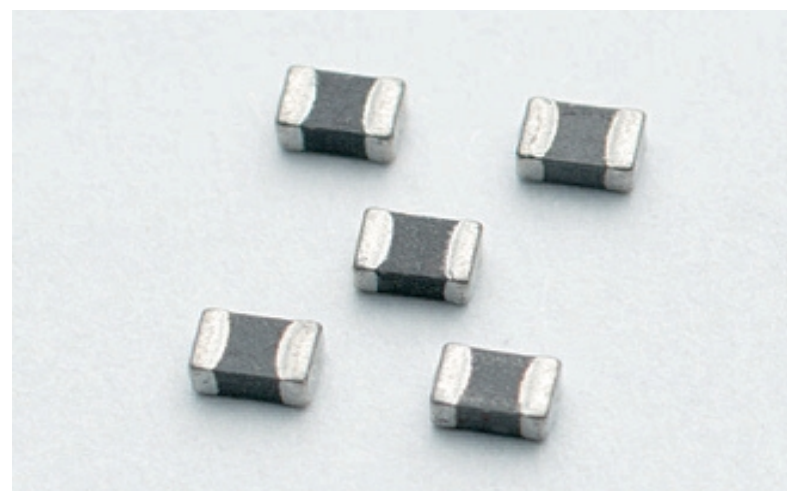
Moc:	0,33 W przy +85 °C
Tolerancja:	±0,1 % przy +25 °C
Współcz. temp.:	±5 ppm/°C max
Stabilność:	±35 ppm/rok
Max nap. robocze:	200 V=
Napięcie izol.:	1000 V _{rms}
Rezyst. izolacji:	>1×10 ⁹ Ω
Zakres temperatur:	−55 do +125 °C
Wymiary	
korpus, ≤500 kΩ:	∅6,35×dł12,7 mm
korpus, 1 MΩ:	∅6,35×dł19,1 mm
drut:	∅0,6×dł38 mm

Precyzyjne rezystory SMD



Dane techniczne:

Rozmiar: 0603,
Dł $1,6 \times$ Sz $0,8 \times$ W $0,45$ mm
Moc: 0,063 W przy +70 °C
Tolerancja: $\pm 0,1$ %
Współcz. temp.: ± 25 ppm/°C
Max nap. rob.: 50 V=
Zakres temp.: -55 do +125 °C
Opakowanie: Taśma 8 mm na rolce 7"- 5000 szt.



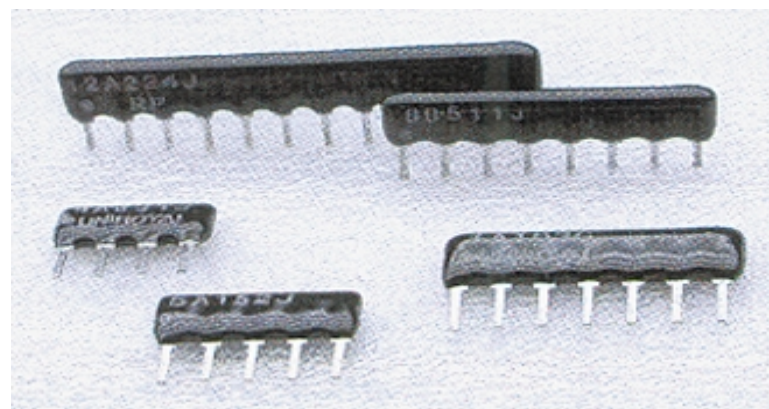
Dane techniczne:

Rozmiar: 0805,
Dł $2,0 \times$ Sz $1,25 \times$ W $0,5$ mm
Moc: 0,1 W przy +70 °C
Tolerancja: $\pm 0,1$ %
Współcz. temp.: ± 25 ppm/°C
Max nap. rob.: 100 V=
Zakres temp.: -55 do +125 °C
Opakowanie: Taśma 8 mm na rolce 7"- 5000 szt.

Matryca rezystorowa, SIL

Dane techniczne:

Moc:	Patrz odp. wykonanie
Tolerancja:	$\pm 2\%$
Współcz. temp.:	$\pm 200 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$
Maks. nap. robocze:	100 V=
Zakres temp.:	$-55 \text{ do } +125^\circ\text{C}$
Wymiary:	Wys. zabudowy 5,08 mm

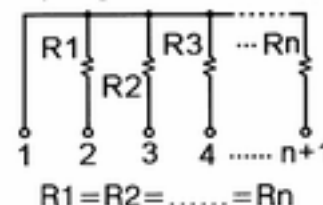


Typ RNLA

Wykonanie SIL, n- rezystorów z jednym wspólnym wyprowadzeniem dla wszystkich. Wszystkie rezystory mają taką samą rezystancję.

Moc: 0,125 W na rezystor przy $+70^\circ\text{C}$

A (Single common type)

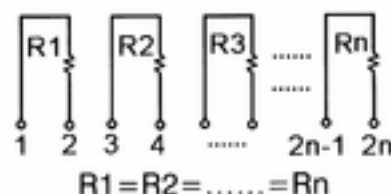


Typ RNLB

Wykonanie SIL, n- indywidualnych rezystorów z oddzielnymi wyprowadzeniami każdego z nich. Wszystkie rezystory mają jednakową rezystancję.

Moc: 0,2 W na rezystor przy $+70^\circ\text{C}$

B (Isolated type)



Matryca rezystorowa, DIL

Dane techniczne:

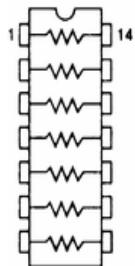
Moc:	Patrz odp. wykon.
Tolerancja:	$\pm 2\%$
Współcz. temp.: (-55 do $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$)	$\pm 100\text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$
Wzgl. wsp. temp.:	$\pm 50\text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$
Maks. nap. robocze:	100 V=
Zakres temperatur:	-55 do $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$



Typ 899-3

Obudowa 14-pin DIL zawierająca 7 rezystorów. Oddzielne wyprowadzenia każdego rezystora. Wszystkie rezystory w matrycy mają taką samą rezystancję.

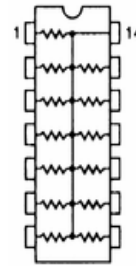
Obudowa:	14-pin DIL
Ilość rezystorów:	7
Moc	
na rezystor:	$0,25\text{ W}$
całkowita:	$1,8\text{ W}$ przy $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$



Typ 899-1

Obudowa 14-pin DIL zawierająca 13 rezystorów. Jedno wspólne wyprowadzenie dla wszystkich rezystorów. Wszystkie rezystory w matrycy mają taką samą rezystancję.

Obudowa:	14-pin DIL
Ilość rezystorów:	13
Moc	
na rezystor:	$0,125\text{ W}$
całkowita:	$1,8\text{ W}$ przy $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$



Zastosowanie

We wzmacniaczach jako obciążenia elementów aktywnych

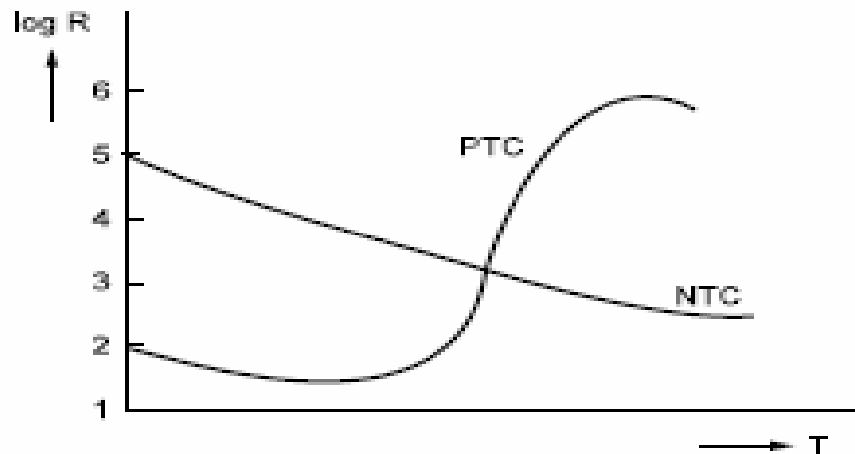
W obwodach ustalających punkt pracy elementów aktywnych

Jako elementy sprzężenia zwrotnego

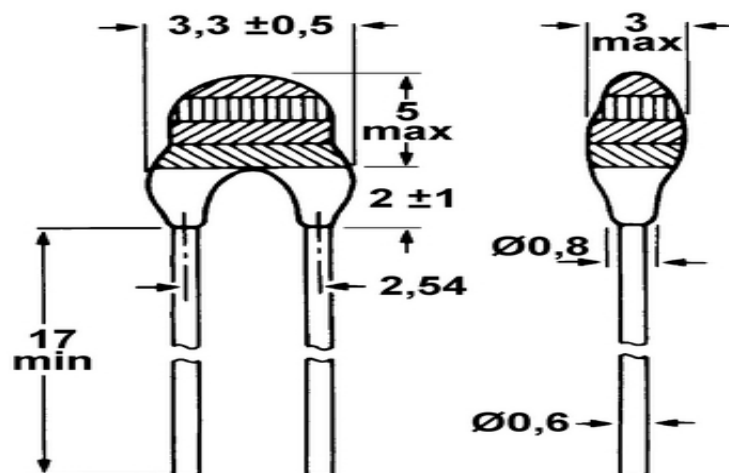
W układach logicznych jako końcowe obciążenia linii i szyn oraz jako rezystory podciągające

TERMISTORY

- Nieliniowe rezystory, których rezystancja zależna jest silnie od temperatury materiału oporowego
- Termistory NTC (Negative Temperature Coefficient)
 - posiadają ujemny współczynnik temperaturowy
 - zbudowane z polikrystalicznych półprzewodników, które stanowią mieszaniny związków chromu, manganu, żelaza, kobaltu i niklu
 - rezystancja termiczna zmienia się według wzoru : $R = A * e^{B/T}$
 - wytrzymałe na przeciążenia impulsowe, wytrzymują wysokie temperatury
 - stosuje się je do pomiarów i regulacji temperatury, kompensacja temperaturowa itp.
- Termistory PTC (Positive Temperature Coefficient)
 - posiadają dodatni współczynnik temperaturowy
 - produkowane w podobny sposób jak termistory NTC, ale ich podstawą jest BiTiO_3
 - stosuje się jako zabezpieczenia przeciw nadmiernemu prądowi

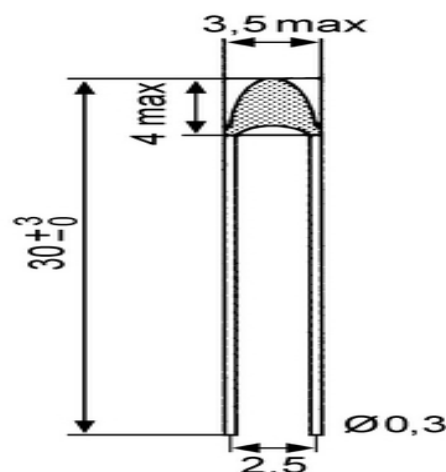


Termistory NTC



Dane techniczne:

Max moc:	59,5 mW
Tolerancja rezyst.:	$\pm 1 \%$
Tol.współcz.B:	$\pm 1 \%$
Zakres temp.:	-40 do +110 °C
Współcz.mocy:	0,7 mW/°C



Dane techniczne:

Maks. moc:	0,25 W (0 do +55 °C)
Tolerancja rezyst.:	$\pm 5 \%$
Zakres temperatur:	-40 do +125 °C
Wsp. mocy:	7 mW/°C
Term. stała czasowa:	11 s
Czas odpowiedzi:	1,2 s

Termistory PTC

do ochrony przeciążeniowej

