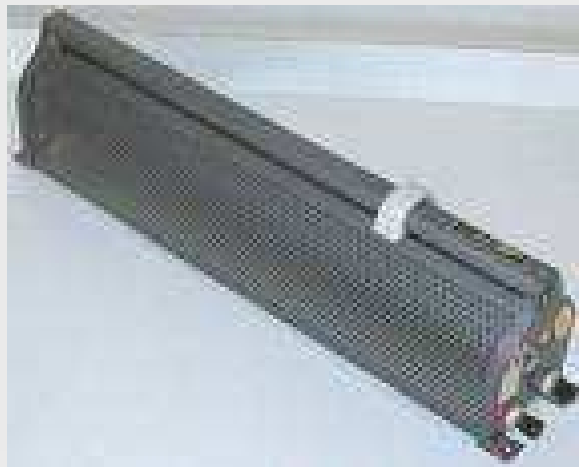


## 6. Rezistory

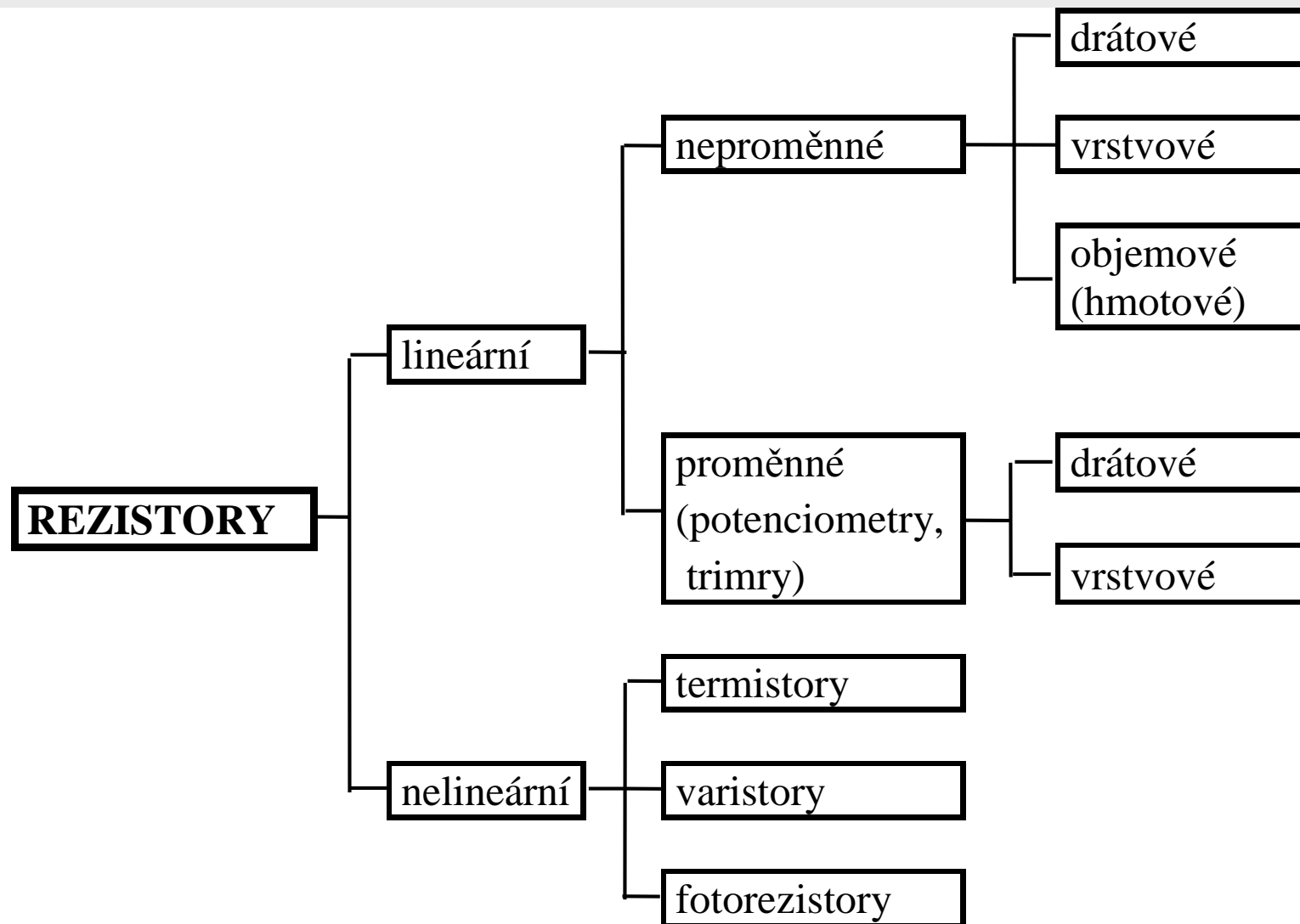
Rezistory jsou nejběžnější součástkou v elektronických zařízeních.



# Rezistory

Rezistor má v ideálním případě, nezávisle na pracovních podmínkách a fyzikálních parametrech okolního prostředí, vykazovat čistě reálný elektrický odpor.

To znamená, že napětí na svorkách rezistoru je přímo úměrné proudu, který jím protéká a v případě, že napětí a proud jsou střídavé, nemají proti sobe žádný fázový posun.



# Vlastnosti rezistoru jsou určeny:

- velikost elektrického odporu (jeho jmenovitá hodnota a tolerance)
- teplotní závislost elektrického odporu
- napěťová závislost elektrického odporu a maximální provozní napětí
- kmitočtová závislost elektrického odporu (impedance)
- maximální ztrátový výkon ohřívající rezistor
- stárnutí rezistoru (změna odporu v závislosti na čase)
- šum rezistoru

U rezistorů je nutné vyrábět prvky s velkým rozsahem hodnot ( $\Omega$  až  $G\Omega$ ) tak, aby byla každá dekáda rovnoměrně pokryta se zaručenou přesností (tolerancí).

Tomto vyhovuje nejvíce výběr z geometrické řady  $\sqrt[n]{10}$

Rezistory se vyrábějí v řadách E6, E12, E24, E96 a E192.

E12:  $\sqrt[12]{10} = 1,21$  tolerance=1/12 (10%); 12 hodnot

E24:  $\sqrt[24]{10} = 1,10$  tolerance=1/24 (5%); 24 hodnot

E96:  $\sqrt[96]{10} = 1,02$  tolerance=1/96 (1%); 96 hodnot

Např. 4 prvek z řady E24 se vypočte  $10^{4/24}=1,47$  (1,5)

Dovolené odchylky jmenovitých hodnot (s příslušným omezením podle typu) jsou od  $\pm 20\%$  u běžných rezistoru do  $\pm 0,1\%$  u metalizovaných stabilních rezistoru s nízkým teplotním součinitelem odporu.

<b>E3</b>	1,0	2,2	4,7										
<b>E6</b>	1,0	1,5	2,2	3,3	4,7	6,8							
<b>E12</b>	1,0	1,2	1,5	1,8	2,2	2,7	3,3	3,9	4,7	5,6	6,8	8,2	
<b>E24</b>	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	3,0	
<b>E24</b>	3,3	3,6	3,9	4,3	4,7	5,1	5,6	6,2	6,8	7,5	8,2	9,1	

**Např.**

E24:  $\sqrt[24]{10} = 1,10$  tolerance=1/24 (5%); 24 hodnot

**1,0 1,1 1,2 1,3 1,5 1,6 1,8 2,0 2,2 2,4 2,7 3,0**

**3,3 3,6 3,9 4,3 4,7 5,1 5,6 6,2 6,8 7,5 8,2 9,1**

**24 hodnot**

Jmenovitý odpor je na součástce vyznačen buď **písmenovým** nebo **barevným** kódem. „Doporučuje se součástku před osazením změřit.“ Vyloučí se tím použití vadné součástky.

R47 (0,47  $\Omega$ ); 1R0 (1,00  $\Omega$ ); 4K7 (4,7 k $\Omega$ );  
 M1 (0,1 M  $\Omega$ ) 100M (100 M $\Omega$ )



**HSC200 R14 J 0313**

HS	A	50	680R	J
Common Part	Mounting Style	Power Rating	Resistance Value	Tolerance
HS- Standard NHS - Low Inductance	A - Single Opposing mounting Feet B - Flange One Side C - Flange Two Sides	10 Watt = HSA5 16 Watt = HSA10 25 Watt = HSA25 50 Watt = HSA50 75 Watt = HSA75 etc	0.1ohm (100 mille ohms) R10 1ohm (1000 mille ohms) 1R0	F - 1% G - 2% E - 3% J - 5% K - 10%

Barevný kód se užívá pro označování jmenovitých hodnot odporu a jejich dovolených odchylek zvláště v těch případech, kdy se požaduje čtení údajů z různých směrů, případně kdy rozměry součástky nedovolují použití písmenového kódu.



**Hnědá; černá; černá; hnědá; hnědá.** Tím jsou vyjádřeny číslice **1; 0; 0; 1** a tolerance **+/- 1%**.

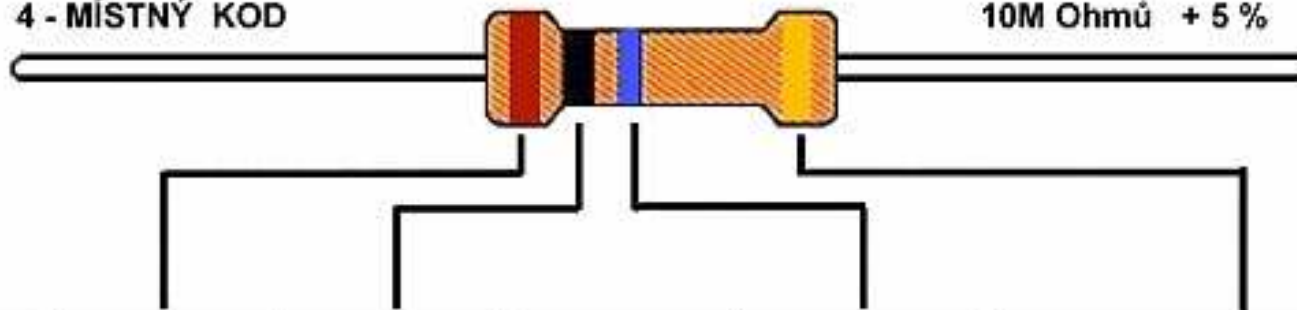
První tři číslice je vyjádření čísla 100, za ním následuje exponent čísla. Výsledek je  $100 \times 10 = 1000 \Omega$  s tolerancí +/- 1%.

Pokud bude vynechán poslední pruh značící toleranci, je tolerance odporu +/- 20%. Ale někdy může být vyznačen ještě pátý pruh, který vyjadřuje teplotní koeficient. Aby to nebylo tak jednoduché, podle vojenské normy MIL-STD-199 může být vyznačen ještě šestý pruh, který vyjadřuje spolehlivost.

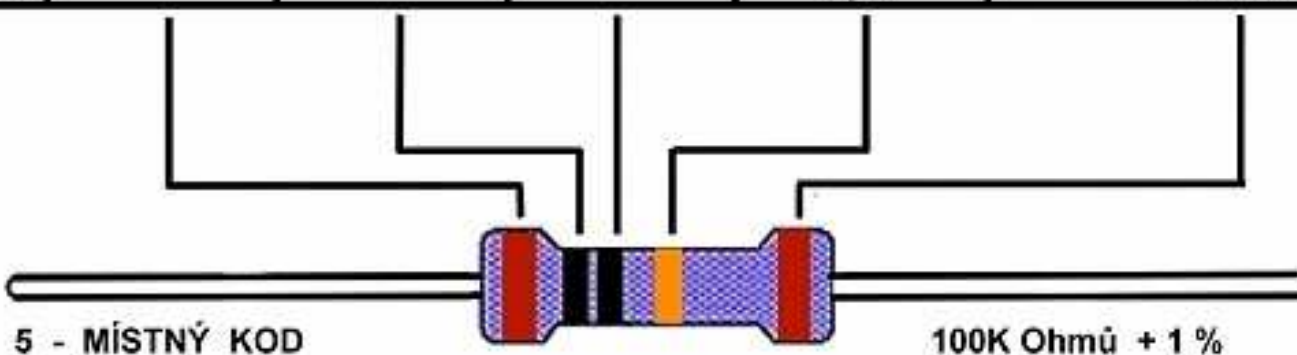


4 - MÍSTNÝ KOD

10M Ohmů + 5 %



BARVA	1. místo	2. místo	3. místo	násobitel	tolerance
ČERNÁ	0	0	0	1	
HNĚDÁ	1	1	1	10	± 1 %
ČERVENÁ	2	2	2	100	± 2 %
ORANŽOVÁ	3	3	3	1K	
ŽLUTÁ	4	4	4	10K	
ZELENÁ	5	5	5	100K	± 0,5 %
MODRÁ	6	6	6	1M	± 0,25 %
FIALOVÁ	7	7	7	10M	± 0,10 %
ŠEDÁ	8	8	8		± 0,05 %
BÍLÁ	9	9	9		
ZLATÁ				0,1	± 5 %
STŘÍBRNÁ				0,01	± 10 %



5 - MÍSTNÝ KOD

100K Ohmů + 1 %

## Značení součástek SMD

**Odpory jsou značeny pomocí čísla a exponentu:**

**270** značí číslo 27 a exponent 0.  
Hodnota je tedy  $27 \times 1 = 27 \Omega$  ( $100=1$ )

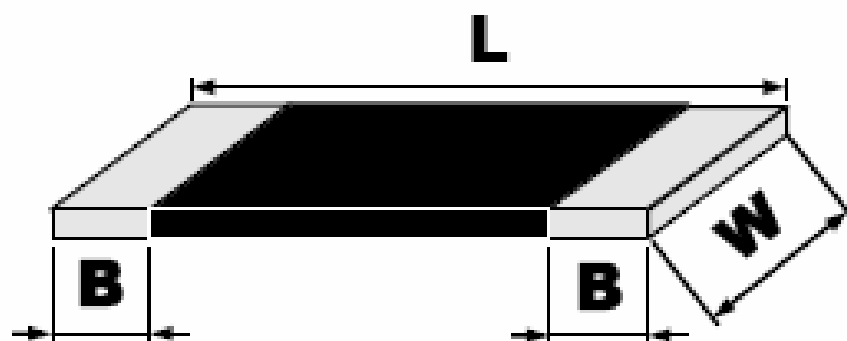
**271** číslo 27 a exponent 1. Hodnota je  $27 \times 10 = 270 \Omega$  ( $101=10$ )

**272** číslo 27 a exponent 2. Hodnota je  $27 \times 100 = 2\,700 \Omega = 2k7$  ( $102=100$ )



*„Zkrátka za číslo napíšeme tolik nul, kolik jich určuje exponent, nebo o tolik míst posuneme desetinou čárku vpravo“*

# Značení součástek SMD



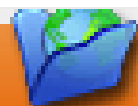
## Rezistory SMD

- [Rezistory SMD 0402 \[43\]](#)
- [Rezistory SMD 0603 1% \[82\]](#)
- [Rezistory SMD 0603 5% \[1\]](#)
- [Rezistory SMD 0805 1% \[93\]](#)
- [Rezistory SMD 0805 5% \[1\]](#)
- [Rezistory SMD 1206 1% \[94\]](#)
- [Rezistory SMD 1206 5% \[1\]](#)
- [Rezistory SMD 2010 \[122\]](#)
- [Rezistory SMD 2512 \[123\]](#)

odpory, kondenzátory

typ	značení EIA	L	W	B	T - výška	pozn.
10	<b>0603</b>	1,6 +/- 0,15	0,8 +/- 0,15	0,3 +/- 0,2	0,8 +/- 0,1	
21	<b>0805</b>	2,0 +/- 0,2	1,25 +/- 0,2	0,4 +/- 0,2	1,25 max	
31	<b>1206</b>	3,2 +/- 0,2	1,6 +/- 0,2	0,4 +/- 0,2	1,45 max	
31	<b>1206</b>	3,2 +/- 0,2	1,5 +/- 0,2	0,4 +/- 0,2	0,66 max	pod IO
32	<b>1210</b>	3,2 +/- 0,2	2,5 +/- 0,2	0,4 +/- 0,2	0,66 max	pod IO

Např.



## SORTIMENT

### Rezistory

#### Rezistory pevné

- Uhlíkové rezistory do 00.5W
- Uhlíkové rezistory do 01W
- Metalizované rezistory do 00.5W
- Metalizované rezistory do 01W
- Metalizované rezistory do 02W
- Metalizované rezistory do 05W
- Metal oxidové rezistory do 02W
- Metal oxidové rezistory do 05W
- Metal oxidové rezistory do 10W
- Metal oxidové rezistory do 20W

- Drátové rezistory do 02W
- Drátové rezistory do 05W
- Drátové rezistory do 10W
- Drátové rezistory do 20W
- Drátové rezistory do 50W
- SMD rezistory - 0201
- SMD rezistory - 0402
- SMD rezistory - 0603
- SMD rezistory - 0805
- SMD rezistory - 1206
- SMD rezistory - 2010
- SMD rezistory - 2512
- SMD rezistory MELF 0204
- SMD rezistory MELF 0207

#### Rezistorové sítě

#### Termistory

#### Varistory

#### Trimry

#### Potenciometry

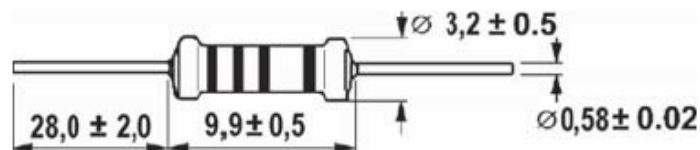
# Např.

## Metalizovaný rezistor – 1 W, vel. 0312, $\pm 1\%$

AAC

### Technické údaje:

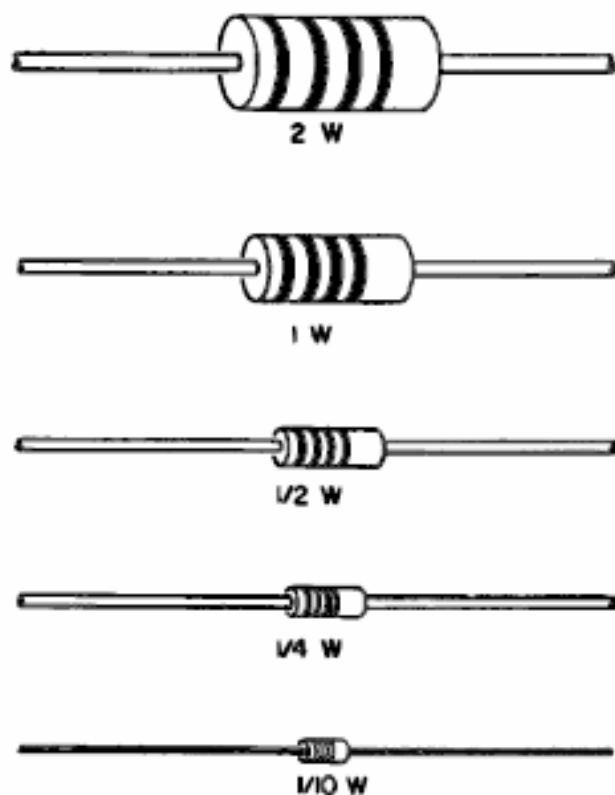
Označení pro objednání: ..... RR 1W hodnota  
 Jmenovité zatížení při 70 °C: ..... 1,0 W  
 Rozsah hodnot v: ..... E12 (1  $\Omega$  až 100 k $\Omega$ )  
 Tolerance: .....  $\pm 1\%$   
 Teplotní koeficient: .....  $\pm 50$  ppm (10  $\Omega$  – 1 M $\Omega$ )  
 Teplotní koeficient: .....  $\pm 100$  ppm (ostatní)  
 Maximální napětí trvale: ..... 500 V  
 Maximální napětí krátkodobě: ..... 1000 V  
 Teplotní rozsah: ..... -55 až +155 °C  
 Značení: ..... pěti proužkový barevný kód dle IEC 63  
 Balení: ..... 2000 ks  
 Minimální odběr z velkoobchodu: ..... 50 ks a další celé násobky pro každou hodnotu



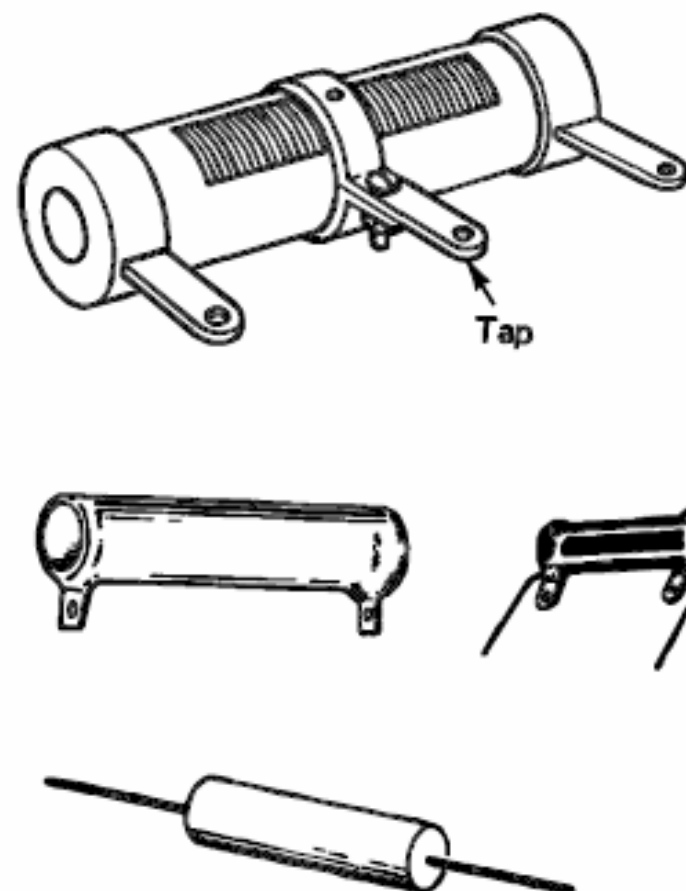
Typ	Sklad. číslo	MC	Popis
RR W1 1R	114-487	1,50	1R
RR W1 1R2	114-488	1,50	1R2
RR W1 1R5	114-489	1,50	1R5
RR W1 1R8	114-490	1,50	1R8
RR W1 2R2	114-491	1,50	2R2
RR W1 2R7	114-492	1,50	2R7
RR W1 3R3	114-493	1,50	3R3
RR W1 3R9	114-494	1,50	3R9
RR W1 4R7	114-495	1,50	4R7
RR W1 5R6	114-496	1,50	5R6
RR W1 6R8	114-497	1,50	6R8
RR W1 8R2	114-498	1,50	8R2
RR W1 10R	114-442	1,50	10R
RR W1 12R	114-443	1,50	12R
RR W1 15R	114-444	1,50	15R
RR W1 18R	114-445	1,50	18R
RR W1 22R	114-446	1,50	22R
RR W1 27R	114-447	1,50	27R
RR W1 33R	114-448	1,50	33R
RR W1 39R	114-449	1,50	39R
RR W1 47R	114-450	1,50	47R
RR W1 82R	114-451	1,50	82R
RR W1 56R	114-452	1,50	56R
RR W1 100R	114-453	1,50	100R
RR W1 120R	114-454	1,50	120R
RR W1 150R	114-455	1,50	150R
RR W1 180R	114-456	1,50	180R
RR W1 220R	114-457	1,50	220R
RR W1 270R	114-458	1,50	270R

Typ	Sklad. číslo	MC	Popis
RR W1 330R	114-439	1,50	330R
RR W1 390R	114-459	1,50	390R
RR W1 470R	114-460	1,50	470R
RR W1 680R	114-461	1,50	680R
RR W1 820R	114-462	1,50	820R
RR W1 1K	114-463	1,50	1K
RR W1 1K5	114-464	1,50	1K5
RR W1 1K8	114-465	1,50	1K8
RR W1 2K2	114-466	1,50	2K2
RR W1 2K7	114-467	1,50	2K7
RR W1 3K3	114-468	1,50	3K3
RR W1 3K9	114-469	1,50	3K9
RR W1 4K7	114-470	1,50	4K7
RR W1 5K6	114-471	1,50	5K6
RR W1 6K8	114-472	1,50	6K8
RR W1 8K2	114-473	1,50	8K2
RR W1 10K	114-474	1,50	10K
RR W1 12K	114-475	1,50	12K
RR W1 15K	114-476	1,50	15K
RR W1 18K	114-477	1,50	18K
RR W1 22K	114-478	1,50	22K
RR W1 27K	114-479	1,50	27K
RR W1 33K	114-480	1,50	33K
RR W1 39K	114-481	1,50	39K
RR W1 47K	114-482	1,50	47K
RR W1 56K	114-483	1,50	56K
RR W1 68K	114-484	1,50	68K
RR W1 82K	114-485	1,50	82K
RR W1 100K	114-486	1,50	100K

# Rezistory – lineární, neproměnné

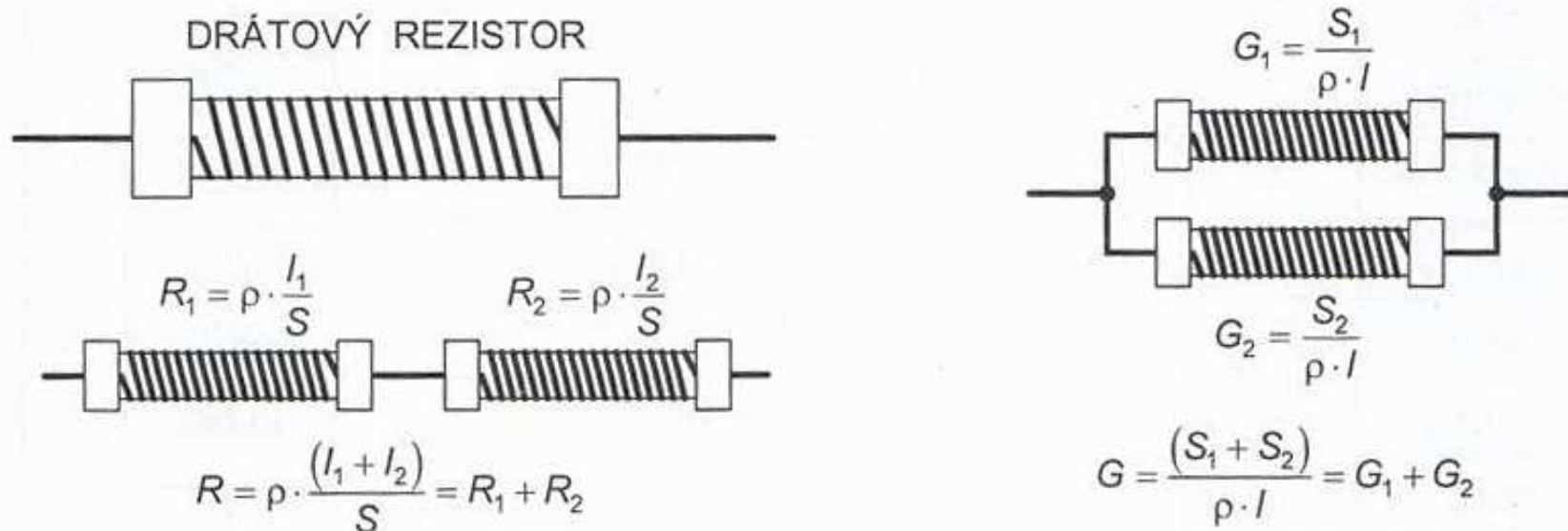


Obr. 9.2. Vrstvové rezistory pro různé výkony (přibližně skutečná velikost)



Obr. 9.3. Drátové rezistory (není v měřítku - mohou být i značných rozměrů)

# Rezistory – princip



Obr. 2.7 Sériové a paralelní spojování rezistorů

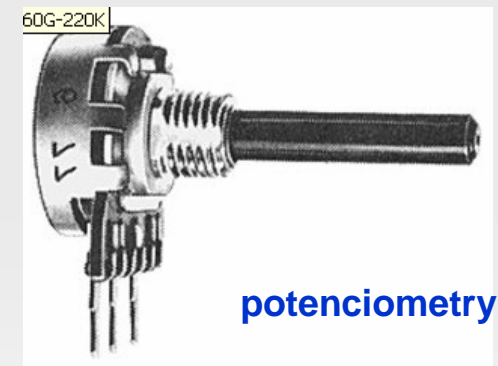
$\rho$  je měrný odpor ( $\Omega$ ),  $S$  je průřez ( $\text{m}^2$ ) a  $l$  je délka (m)

- **Lineární** (mají lineární VA charakteristiku a tedy i prakticky konstantní elektrický odpor)

- **Neproměnné**



- **Proměnné** (nastavitelné změnou délky odporové dráhy)



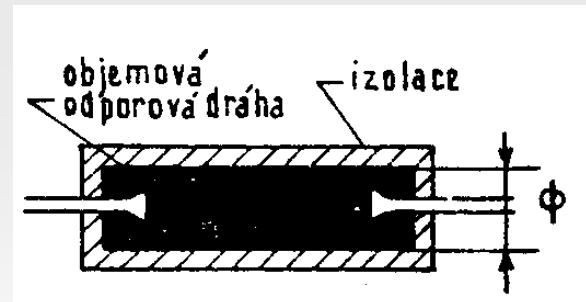
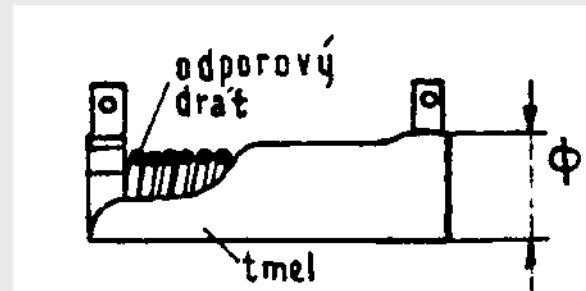
- **Nelineární** (hodnota odporu je závislá na vnějších fyzikálních vlivech (teplota, připojené napětí, mechanická deformace))



## 6. Rezistory

Podle způsobu vytvoření dráhy dělíme na:

- Vrstvové
- Drátové
- Hmotové



Nejrozšířenější jsou rezistory **VRSTVOVÉ**.

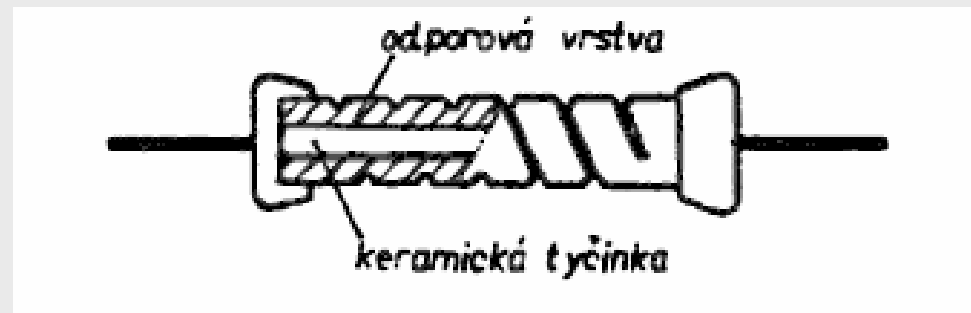


Jejich základním mechanickým prvkem je nosné tělísko, vyrobené většinou ze speciálního elektrotechnického *porcelánu*, na kterém je nanesena funkční vrstva.

Napařená vrstva u levnějších rezistorů bývá *uhlíková*, borouhlíková nebo borosilikátová. U "lepších" rezistorů se používá vrstev z *kovových slitin*. Nejobvyklejším materiálem je tedy pyrolyticky nanesený **uhlík**, případně **kovové slitiny Ni-Cr, Si-Fe-Cr, oxidové vrstvy SnO, SbO a nitridu tantalu**.

Konečná ohmická hodnota odporu se získá výbrusem šroubovice na válcové ploše tělíska rezistoru, nebo vytvořením dělicích rysek.

Vývody funkční vrstvy jsou realizovány převážně buď nalisovanými kovovými čepičkami s přivařenými vývody nebo drátové vývody jsou připájeny na kontaktní kovovou vrstvu.

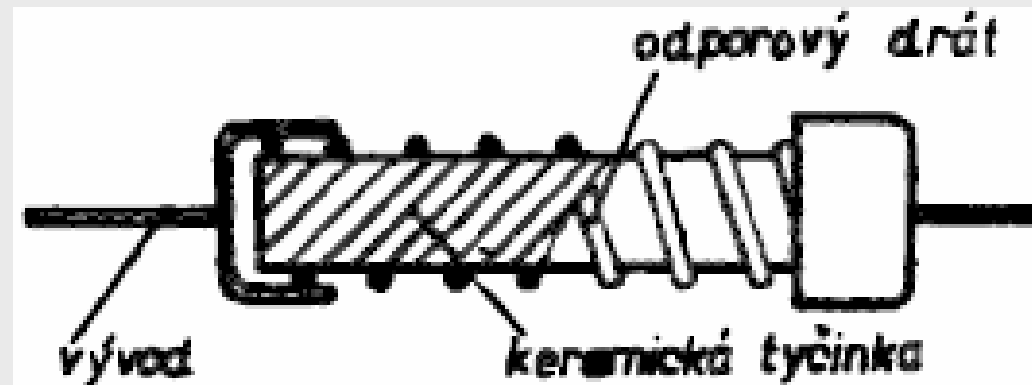


Povrch rezistoru se opatruje speciálními ochrannými laky nebo smalty, případně se rezistor zalisuje do umělé pryskyřice. Povrchová vrstva chrání funkční vrstvu mechanicky, v izolovaném provedení zajišťuje elektrickou pevnost mezi odporovou vrstvou a povrchem součástky a dále chrání rezistor před vlhkostí. Pro náročné klimatické podmínky je nutno rezistor izolovat hermeticky.

Pro větší výkonová zatížení se používají **drátové** rezistory. Zhotovují se obvykle vinutím odporového drátu na nosné keramické tělísko. Odporový drát je kovový - konstantan, nikelin ap.

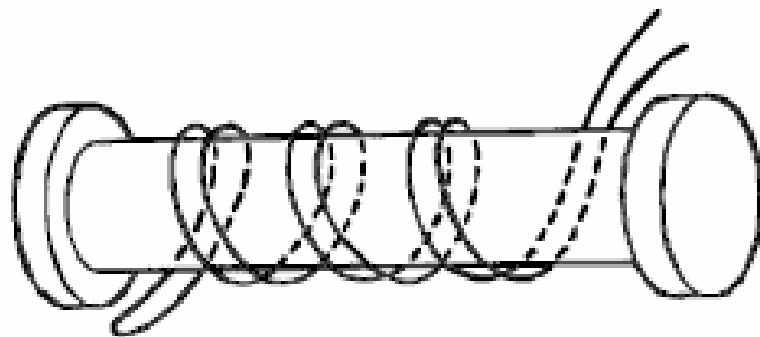
Drátové rezistory mají kladný teplotní součinitel elektrického odporu

(jejich elektrický odpor roste s teplotou). Vývody jsou přivařeny ke koncům odporového drátu, případně jsou tvořeny páskovými objímkami.

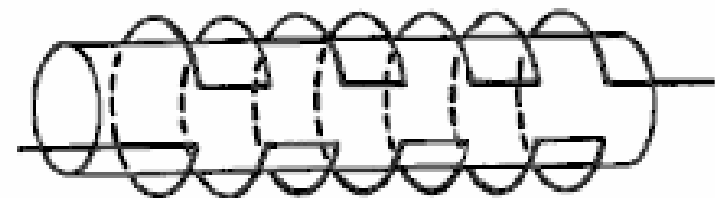


Povrch drátových rezistoru se chrání speciálním lakem, smaltem nebo tmelem, případně rezistory jsou zatmeleny do keramického pouzdra, vyplněného křemenným pískem.

**Drátové rezistory** se užívají i jako přesné rezistory, odporový drát se vine bifilárne nebo jiným způsobem, který umožní potlačit indukčnost (nevýhoda klasických vrstevových rezistoru).



a)



b)

**Obr. 9.4.** Vinutí s potlačenou indukčností: a) bifilární, b) Chaperonovo

## Parametry lineárních rezistorů-neproměnných

### **Jmenovitá hodnota odporu** $R_N$ [ $\Omega$ ]

udávaná výrobcem na tělese rezistoru číselným nebo barevným kódem. Hodnoty odpovídají zvoleným číslům geometrických řad E6, E12, E24 u běžných rezistorů, případně i E48, E96 a E192 u přesných rezistorů.

### **Dovolená odchylka** [% $R_N$ ]

vyjadřuje toleranci jmenovité hodnoty a má vztah ke zvolené řadě, při čemž např. řadě E6 odpovídá dovolená odchylka až 20%. Další řady mají odchylku vyznačenu na tělese rezistoru písmenovým nebo barevným kódem: řada E12, tolerance 10% (ozn. A); E24, 5%, (B); E48, 2%, (C); E96, 1%, (D); E192, 0,5%, (E).

# Parametry lineárních rezistorů-neproměnných

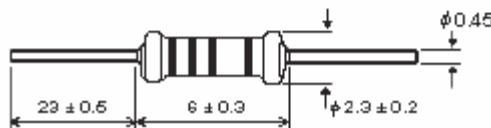
## Jmenovité zatížení $P_N$ [W]

udává nejvyšší přípustnou hodnotu dlouhodobého zatížení rezistoru při dané teplotě okolí  $\vartheta_a$  (obvykle 25°C). S tím souvisí i zatěžovací charakteristika udávající provozní zatížení rezistoru v závislosti na teplotě okolí.

### Technické údaje:

Jmenovité zatížení při 70 °C:	0,6 W
Rozsah:	E24 (1Ω až 10 MΩ)
Tolerance:	±1 %
Teplotní koeficient:	±50 ppm (5 Ω až 2,4 MΩ), ostatní ±100 ppm
Maximální trvalé napětí:	350 V
Maximální napětí:	700 V
Průrazná pevnost:	>700 V
Rozsah pracovních teplot:	−55 až +165 °C
Značení: pěti proužkový barevný kód dle IEC 63 (pátý proužek = hnědá = 1 %)	
Balení:	5000 ks
Minimální odběr z velkoobchodu:	50 ks a další celé násobky pro každou hodnotu

ISO 9002



## Parametry lineárních rezistorů-neproměnných

### Teplotní součinitel odporu TKR [%/°C]

(někdy označován  $\alpha_R$ ) udává vratnou změnu odporu rezistoru v závislosti na teplotě definovanou na 1 °C

$$TKR = \frac{1}{R} \cdot \frac{\Delta R}{\Delta \vartheta} \cdot 100.$$

### Napět'ový součinitel odporu $k_U$ [%/V]

udává změnu odporu při změně přiloženého napětí o 1 V

$$k_U = \frac{1}{R} \cdot \frac{\Delta R}{\Delta U} \cdot 100.$$



# Parametry lineárních rezistorů-neproměnných

## Šum rezistoru

je způsoben vznikem rušivých střídavých napětí na odporové dráze. U rezistorů se uplatňuje **tepelný Johnsonův) šum**. Na vývodech nezatíženého rezistoru vzniká šumové napětí

$$U_n^2 = 4 \cdot k \cdot \Theta \cdot R_N \cdot \Delta f ,$$

kde je  $k$  ... Boltzmannova konstanta,

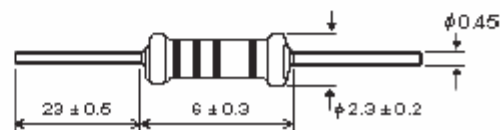
$\Theta$ ... absolutní teplota,

$R_N$ ... jmenovitá hodnota odporu,

$\Delta f$ ... frekvenční pásmo, ve kterém je šum měřen.

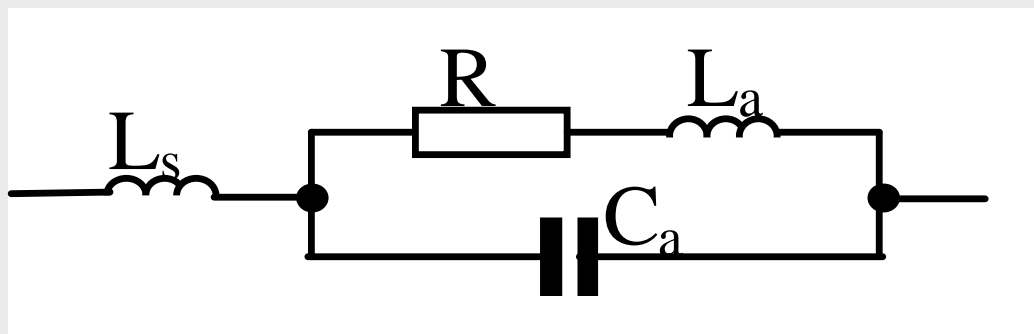
**Technické údaje:**

Jmenovité zatížení při 70 °C: ..... 0,6 W  
 Rozsah: ..... E24 (1Ω až 10 MΩ)  
 Tolerance: ..... ±1 %  
 Teplotní koeficient: ..... ±50 ppm (5 Ω až 2,4 MΩ), ostatní ±100 ppm  
 Maximální trvalé napětí: ..... 350 V  
 Maximální napětí: ..... 700 V  
 Průrazná pevnost: ..... >700 V  
 Rozsah pracovních teplot: ..... -55 až +165 °C  
 Značení: pět proužkový barevný kód dle IEC 63 (pátý proužek = hnědá = 1 %)  
 Balení: ..... 5000 ks  
 Minimální odběr z velkoobchodu: 50 ks a další celé násobky pro každou hodnotu

**ISO 9002**
**Characteristics - Electrical**  
**HSC - 100 Watts to 300 Watts**

	HSC100	HSC150	HSC200	HSC250	HSC300
Dissipation @ 25°C with Heatsink (Watts):	100	150	200	250	300
Without Heatsink:	50	55	50	60	75
Ohmic Value Min (Ohms):	R05	R10	R10	R10	R10
Max:	100K	100K	50K	68K	82K
Maximum Working Voltage (DC or ACrms) Volts:	1900	2500	1900	2200	2500
Dielectric Strength (AC Peak) Volts:	5000	5000	5600	5600	5600
Stability (% resistance change, 1000 hours) (%):	2	2	3	3	3
Standard Heatsink - Area (mm²):	99500	99500	375000	476500	578000
Thickness (mm):	3	3	3	3	3
Number of Mounting Holes:	4 hole	4 hole	6 hole	6 hole	6 hole

# Náhradní schéma rezistoru



Náhradní schéma rezistoru slouží k popisu chování rezistoru ve vysokofrekvenční oblasti, kde

**R** je rezistance odporové dráhy,

**L<sub>s</sub>** je indukčnost přívodů,

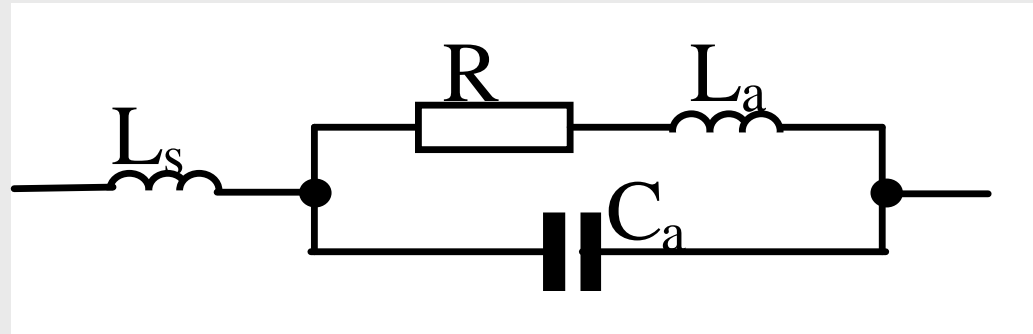
**L<sub>a</sub>** a **C<sub>a</sub>** jsou indukčnost a kapacita odporové dráhy.

U nejobvyklejších **vrstevných rezistorů** bývají hodnoty

$C_a \sim 100 \text{ pF}$ ,  $L_s \sim 10^{-2} \mu\text{H}$ ,  $L_a \sim (10^{-2} ; 10^2) \mu\text{H}$ ,

*Pozn. přitom vyšší hodnoty  $L_a$  platí pro rezistory se šroubovicovou drážkou.*

# Náhradní schéma rezistoru



**Drátové rezistory** s velkými hodnotami indukčností a kapacit jsou nevhodné pro vf obvody. Pro potlačení indukčností u přesných drátových rezistorů a odporových normálů se používá již zmíněného bifilárního vinutí.

## Rozdělení lineárních neproměnných rezistorů :

a) **Rezistory pro všeobecné použití** - v obvodech zesilovačů, filtračních členů, děličů napětí atd. Jsou vyráběny v hodnotách  $100 - 10^6 \Omega$ , pro zatížení  $0,25 - 2 \text{ W}$  (výkonové až  $100 \text{ W}$ ) a provozní napětí do  $750 \text{ V}$ .

b) **Stabilní rezistory** (přesné s malým TKR) pro obvody měřicích zařízení, odporové dekády, útlumové články, počítače atd. Jsou vyráběny v hodnotách  $100 - 10^6 \Omega$ , s malými odchylkami a s vysokou stabilitou parametrů v omezeném oboru zatížitelnosti  $P < 1 \text{ W}$ .

c) **Miniaturní rezistory** pro subminiaturizaci elektronických obvodů s polovodičovými součástkami. Jsou vyráběny v hodnotách  $100 - 10^6 \Omega$  pro jmenovité zatížení  $0,125 \text{ W}$  až  $0,5 \text{ W}$  a nižší pracovní napětí  $150$  až  $300 \text{ V}$ .

d) **Vysokoohmové rezistory** pro elektrometrická měření velmi malých napětí a proudů. Jsou vyráběny v hodnotách od  $10^7 \Omega$  do  $10^{14} \Omega$  a to pro velmi malá napěťová zatížení (mají velký součinitel  $k_U$ ).

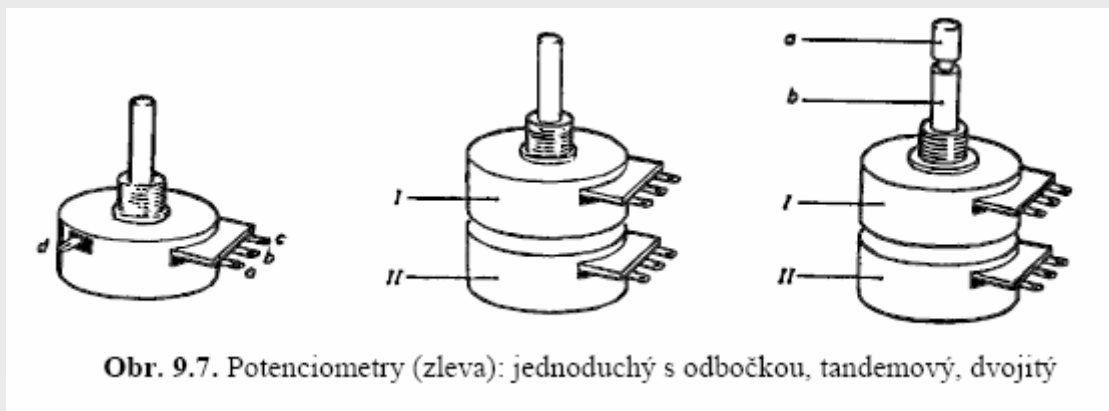
## Rozdělení lineárních neproměnných rezistorů :

e) **Vysokonapět'ové rezistory** pro speciální použití v obvodech vn do 15 kV. Jsou vyráběny v hodnotách do  $10^{10}\Omega$  a jmenovitá zatížení 1 až 2 W.

f) **Rezistory s potlačenou indukčností** pro vf obvody vysílačů, přijímačů, radiolokační a měřicí zařízení pro  $f > 100$  MHz. Jsou vyráběny s nižšími hodnotami  $R_N < 4\text{ k}\Omega$  , v uspořádání bez drážky nebo jako hmotové k omezení indukčnosti a kapacity.

# Lineární rezistory proměnné

Proměnné odpory (**potenciometry**, příp.. reostaty) jsou tvořeny odporovou dráhou a běžcem. Mechanický pohyb běžce je obvykle rotační (potenciometry otočné) nebo přímočarý (posuvné typy).



Konstrukčně jsou potenciometry provedeny jako jednoduché (s jedním systémem) nebo dvojité (se dvěma samostatnými systémy), případně tandemové (se dvěma systémy souběžné ovládanými jednou osou).

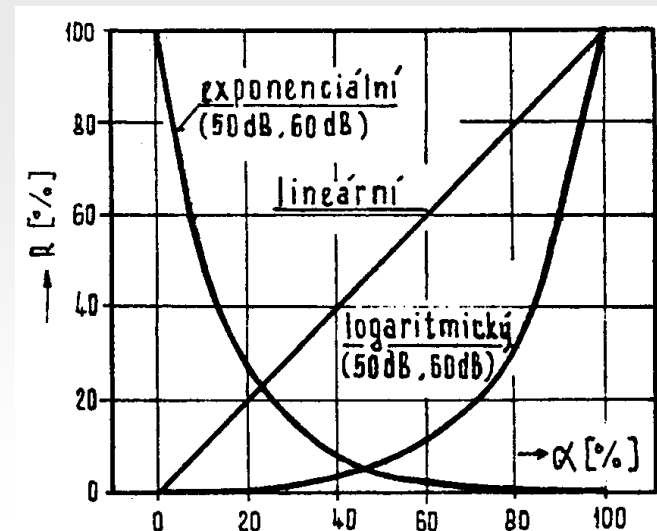
# Lineární rezistory proměnné

Vyrábějí se buď jako vrstvové, drátové nebo z vodivých plastu. U vrstvových potenciometru je na podkladovém materiálu (tvrzený papír, keramika) nanesena vodivá vrstva (z polovodičového laku nebo cermentu).

Požadovaného průběhu odporové dráhy se dosahuje vhodným tvarem vrstvy, případně jejím složením. Podle závislosti odporu na úhlu natočení hřídele rozlišujeme potenciometry

- s **lineárním** (označení **N**),
- **logaritmickým** (**G**)
- a **exponenciálním** (**E**)

průběhem odporu.





# Lineární rezistory proměnné

Pro jmenovitá zatížení od jednotek do **stovek W** se používají **drátové potenciometry**; na jejich výrobu se používá drátu s velkým měrným odporem, který je navinutý na kostru. Pro zatížení do **několika W** byly v drátové potenciometry vytlačeny **potenciometry z vodivých plastu**.

## Rozdělení lineárních proměnných rezistorů :

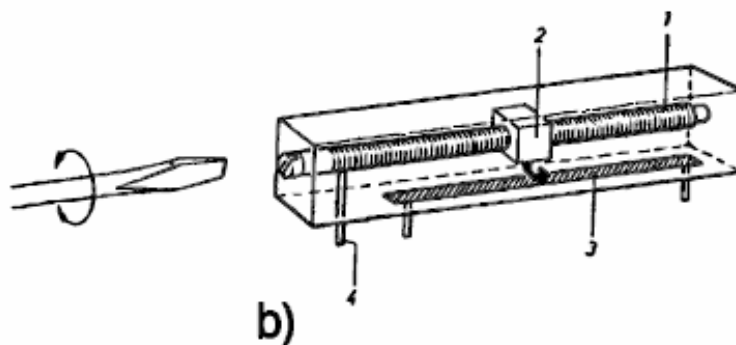
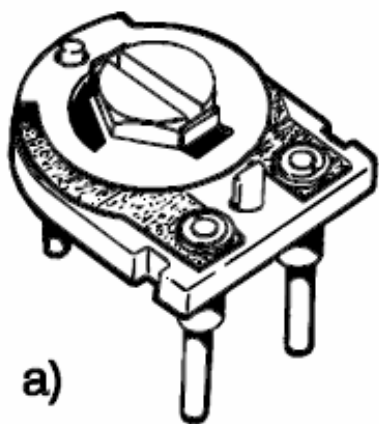
Uspořádání proměnných rezistorů vychází z provedení odporové dráhy.

U **drátových** nastavitelných rezistorů se požadované hodnoty odporu nastavují posuvem jezdce po odporové dráze. Jezdec je tvořen jednoduchou sponou nebo kombinací spony se šroubovým pohybem.

**Vrstvové** bývají posuvné nebo otočné. Odporová dráha je umístěna na izolační podložce (pertinax, keramika).<sup>33</sup>

# Lineární rezistory proměnné

Odporové **trimry** mají odporovou dráhu stejného složení jako vrstevné potenciometry. Konstrukčně však se od nich liší; nejsou určeny k mnohonásobnému přestavování polohy běžce (obvykle pomocí nástroje - šroubováku).



Obr. 9.8. Měnitelné rezistory (trimry) do plošných spojů: a) keramický, b) víceotáčkový cementový

Zatímco výrobce udává u vrstevných potenciometru mechanickou trvanlivost  $10^3 - 10^4$  pracovních cyklu, u trimru je tato hodnota podstatně nižší (20 - 50 cyklu)<sub>34</sub>

## ■ Potenciometry

- Uhlíkové potenciometry 12mm - mono
- Uhlíkové potenciometry 12mm - stereo
- Uhlíkové potenciometry 12mm - se spínačem
- Uhlíkové potenciometry 16mm - mono
- Uhlíkové potenciometry 16mm - stereo
- Uhlíkové potenciometry 16mm - se spínačem
- Uhlíkové potenciometry 20mm - mono
- Uhlíkové potenciometry 20mm - stereo
- Uhlíkové potenciometry 20mm - se spínačem
- Tahové potenciometry - mono
- Tahové potenciometry - stereo
- Drátové potenciometry do 10W
- Drátové potenciometry do 20W
- Drátové potenciometry do 50W
- Víceotáčkové potenciometry

# Lineární rezistory proměnné - potenciometry

Vrstvové potenciometry mají  
jmenovité hodnoty odporu pole řady  
E3 (připouští se i rada E6);

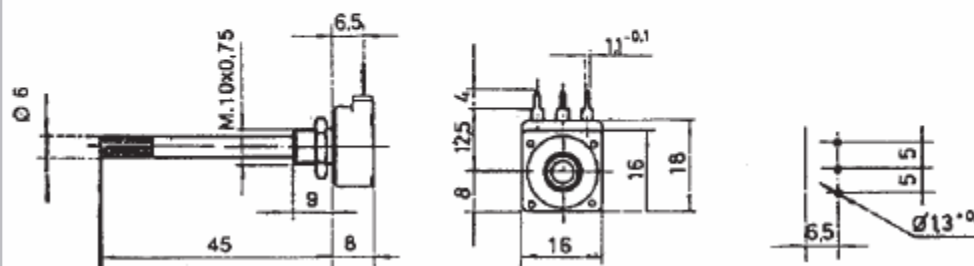
## Potenciometry s plastovým pouzdem

PC16ML...

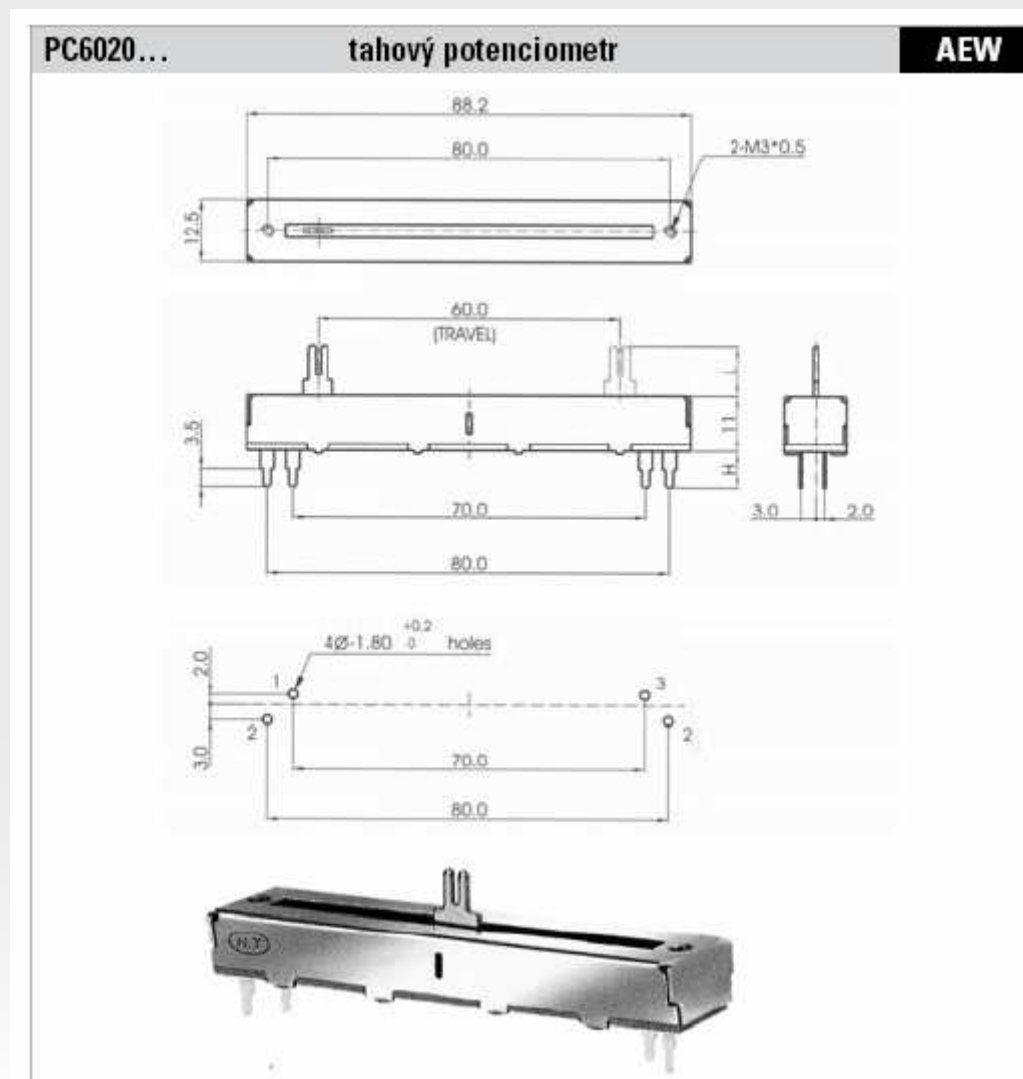
AEO

### Technické parametry:

Odporová dráha: .....lineární  
Jmenovité zatížení: .....0,25 W  
Maximální napětí: .....250 V  
Tolerance: .....20 %  
Úhel otočení mechanicky: .....300° ±5°  
Úhel otočení elektricky: .....280° ±20°  
Pracovní teplota: .....-25 až +70 °C  
Balení: .....50 ks  
Označení pro objednání: ..... PC16ML hodnota = jednoduchý



# Lineární rezistory proměnné



## Trimry

- Uhlíkové trimry 06mm - ležaté
- Uhlíkové trimry 06mm - stojaté
- Uhlíkové trimry 10mm - ležaté
- Uhlíkové trimry 10mm - stojaté
- Uhlíkové trimry 15mm - ležaté
- Uhlíkové trimry 15mm - stojaté
- Uhlíkové trimry ostatní
- Cermentové trimry 06mm - ležaté
- Cermentové trimry 06mm - stojaté
- Cermentové trimry 10mm - ležaté
- Cermentové trimry 10mm - stojaté
- Cermentové trimry 15mm - ležaté
- Cermentové trimry 15mm - stojaté
- Cermentové trimry ostatní
- Cermentové trimry víceotáčkové - ležaté
- Cermentové trimry víceotáčkové - stojaté
- SMD cermentové trimry 3314
- SMD cermentové trimry 4312
- SMD cermentové trimry 4315

# Lineární rezistory proměnné - trimry

## Rezistorové trimry uhlíkové – 6,6 mm

### Technické údaje:

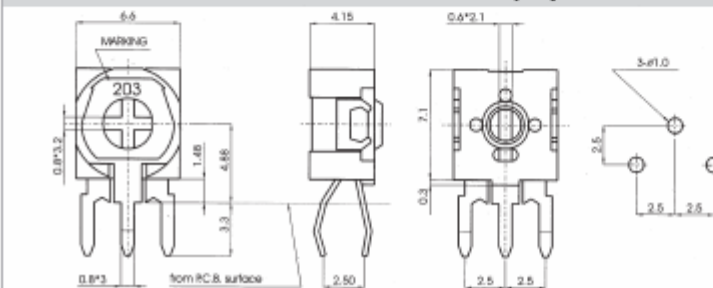
PT625, PT655

Odporová dráha:..... uhlíková  
Průběh:..... lineární  
Úhel otáčení mech.:.....  $210^\circ \pm 20^\circ$   
Rozsah hodnot:.....  $500 \Omega$  až  $1 \text{ M}\Omega$   
Řada hodnot:..... 1 – 2,5 – 5  
Tolerance:.....  $\pm 30 \%$   
Teplotní rozsah: .....  $-10$  až  $70^\circ \text{C}$   
Maximální zatížení při  $40^\circ \text{C}$ : ..... 0,1 W  
Maximální napětí:..... 50 V DC  
Minimální odběr z velkoobchodu: ..... 10 ks pro každou hodnotu

PT625...

6,6 mm stojatý

ADC



# Lineární rezistory proměnné

Pro velmi přesné nastavení odporů v měřicí a regulační technice se používá speciálních víceotáčkových potenciometrů se spirálově uspořádanou odporovou dráhou.

## 7/8" (22mm) Precision Wirewound Potentiometer



**Note:** The color of this product is changing to blue, during the internal period you may receive either black or blue.

### ADDITIONAL FEATURES

- Special Resistance Tolerances to 1%
- Rear Shaft Extensions and Support Bearing
- Non Turn Lug
- Dual Gang Configuration and Concentric Shafts
- High Torque and Center Tap
- Special Markings and Front Shaft Extensions
- Servo Unit available and Slipping Clutch

### ELECTRICAL SPECIFICATIONS

PARAMETER	MODEL 533	MODEL 534	MODEL 535
Resistance Range			
Standard Values	50Ω to 20KΩ	100Ω to 100KΩ	50Ω to 50KΩ
Capability Range	5Ω to 60KΩ	10Ω to 200KΩ	5Ω to 100KΩ
Standard Tol	± 5%	± 5%	± 5%
Linearity (Independent)	± 0.25%	0.20%	± 0.25%
Noise	100Ω ENR	100Ω ENR	100Ω ENR

# Parametry proměnných rezistorů:

**Jmenovitá hodnota odporu  $R_N$** , měřená mezi krajními body odporové dráhy. Hodnoty jsou uspořádány v řadách E6 a E12, někdy též podle normy výrobce.

**Průběh odporové dráhy** v závislosti na úhlu natočení nebo posuvu běžce.

Přípustné odchylky hodnoty odporu od stanoveného průběhu jsou často uváděny **tolerančním polem**.

**Provozní zatížení  $P_N$  [W]** je s výjimkou drátových potenciometrů obvykle malé a udává se obdobně jako u neproměnných rezistorů.

**Šelest sběrače** je udáván poměrem střídavého napětí mezi sběračem a krajním vývodem odporové dráhy při pohybu běžce, ke stejnosměrnému napětí na zatíženém potenciometru. Typická hodnota je menší než 2,5 mV/V.<sup>39</sup>



# Nelineární rezistory (Rezistory s výraznou závislostí na fyzikálních veličinách)

Tato skupina zahrnuje rezistory s výraznou závislostí odporu na některé fyzikální veličině, např.

- na teplotě - termistory,
- na napětí - varistory,
- na magnetickém poli - magnetorezistory,
- na mechanickém napětí - tenzometry,
- na osvětlení - fotorezistory atp.

Jsou založeny obvykle na působení objemových jevů v polovodičových polykrystalických materiálech vyvolaných jmenovanými vnějšími vlivy.



**Termistor** (THERMal rezISTOR) je součástka s velkou závislostí elektrického odporu na teplotě se záporným (negistory) nebo kladným (pozistory) teplotním součinitelem elektrického odporu.

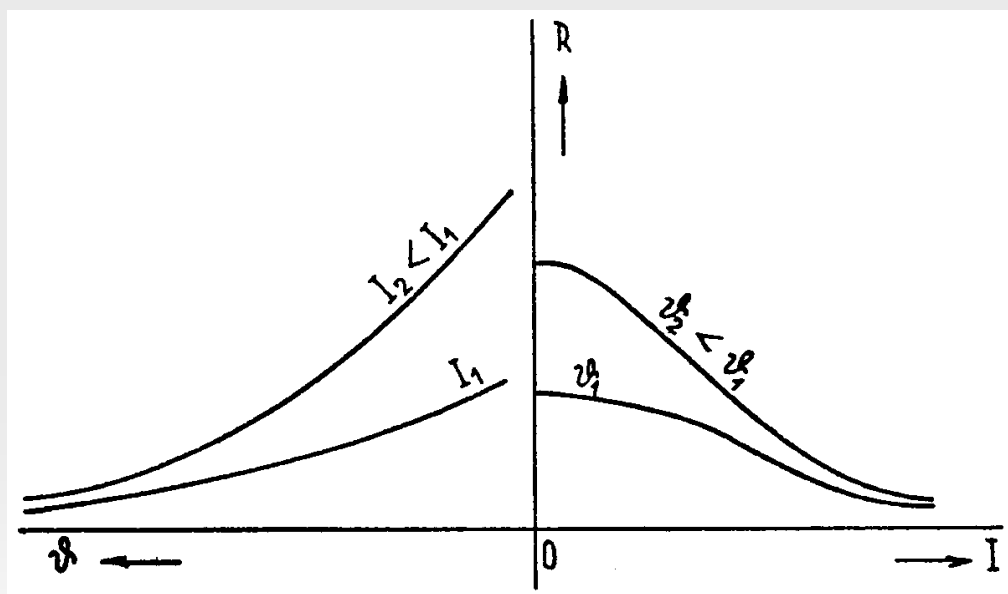
*Termistory s NTC* ( Negative Thermal Coefficient) - negistory jsou vyráběny z poly-krystalických oxidů kovů (Mn, Ni, Co, Fe, Ti), pracují s teplotním vybuzením (generací) volných nosičů proudu (odpor s růstem teploty klesá). Změna el. odporu při změně teploty  $\Delta\Theta$  ( v okolí  $\Theta_a$  ) lze odvodit přibližný vztah:

$$R_{\Theta} = R_{\Theta_a} \cdot \left[ B \cdot \left( \frac{1}{\Theta} - \frac{1}{\Theta_a} \right) \right]$$

, kde je  $R_{\Theta_a}$  - odpor termistoru při vztažené teplotě  $\Theta_a$  (zpravidla 25 °C),  $B$  - tepelná citlivost termistoru daná jeho materiálem a uspořádáním (tvarem).

# Termistory

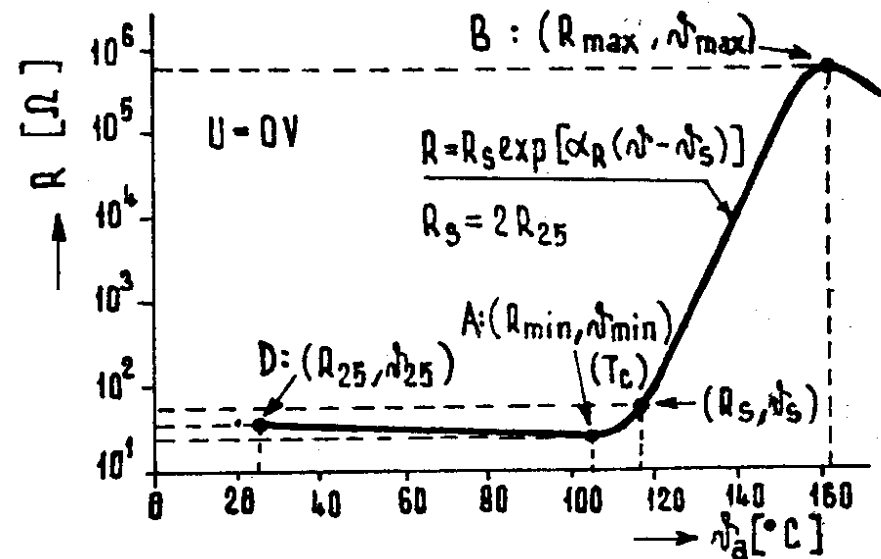
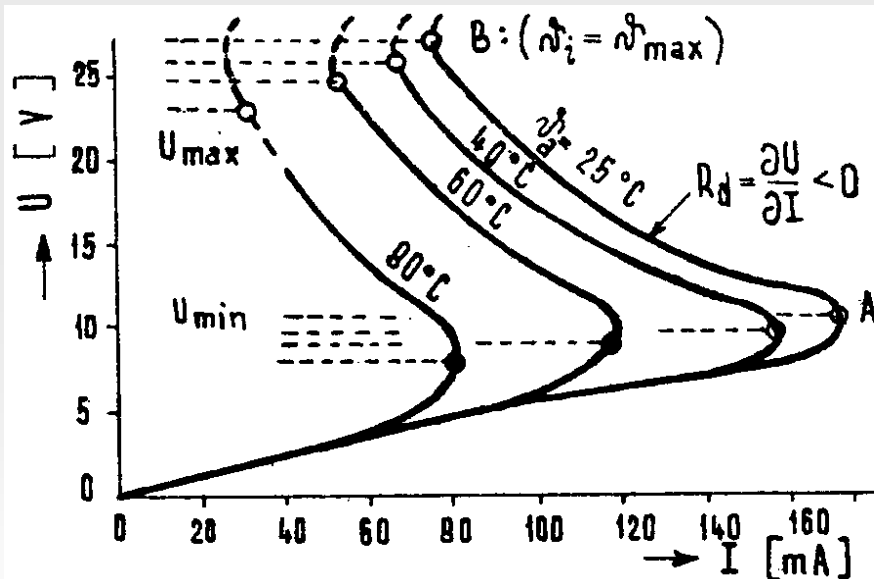
Základní vlastnosti termistoru s NTC lze popsat průběhem VA charakteristiky, vyjadřující změny elektrických vlastností termistoru při ohřevu způsobeném protékajícím elektrickým proudem za konstantní teploty okolí.



Typická závislost odporu termistoru NTC na teplotě a protékajícím proudu.

# Termistory

Termistory s PTC (Positive Thermal Coefficient) - pozistory, jsou vyráběny na bázi polovodičových feroelektrických materiálů ( $\text{BaTiO}_3$ ,  $\text{BaO}$ ,  $\text{TiO}_3$  aj.) a pracují v určitém teplotním okolí  $\Theta^\circ\text{C}$ . Po překročení  $\Theta^\circ\text{C}$  vzniká u těchto polykrystalických materiálů anomální stav projevující se strmým nárůstem odporu.



Př. do skupiny termistorů PTC lze zařadit i křemíkové krystalové snímače teploty.

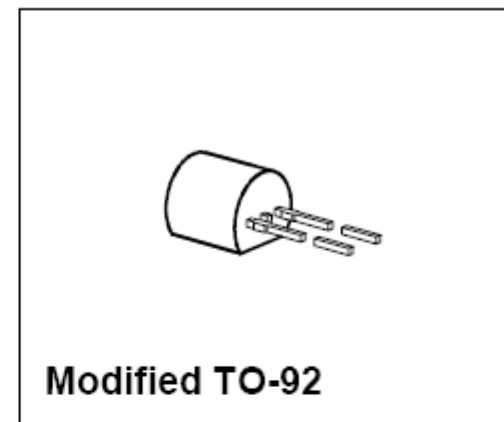
## Silicon Spreading Resistance Temperature Sensor in Leaded Plastic Package

KT 100  
KTY 10

# Termistory

### Features

- Temperature dependent Resistor with Positive Temperature Coefficient
- Small plastic package
- Fast response
- High reliability due to multilayer gold contacts
- n-conducting silicon crystal
- Polarity independent due to symmetrical construction
- Available selected in  $\pm 1\%$  tolerance groups

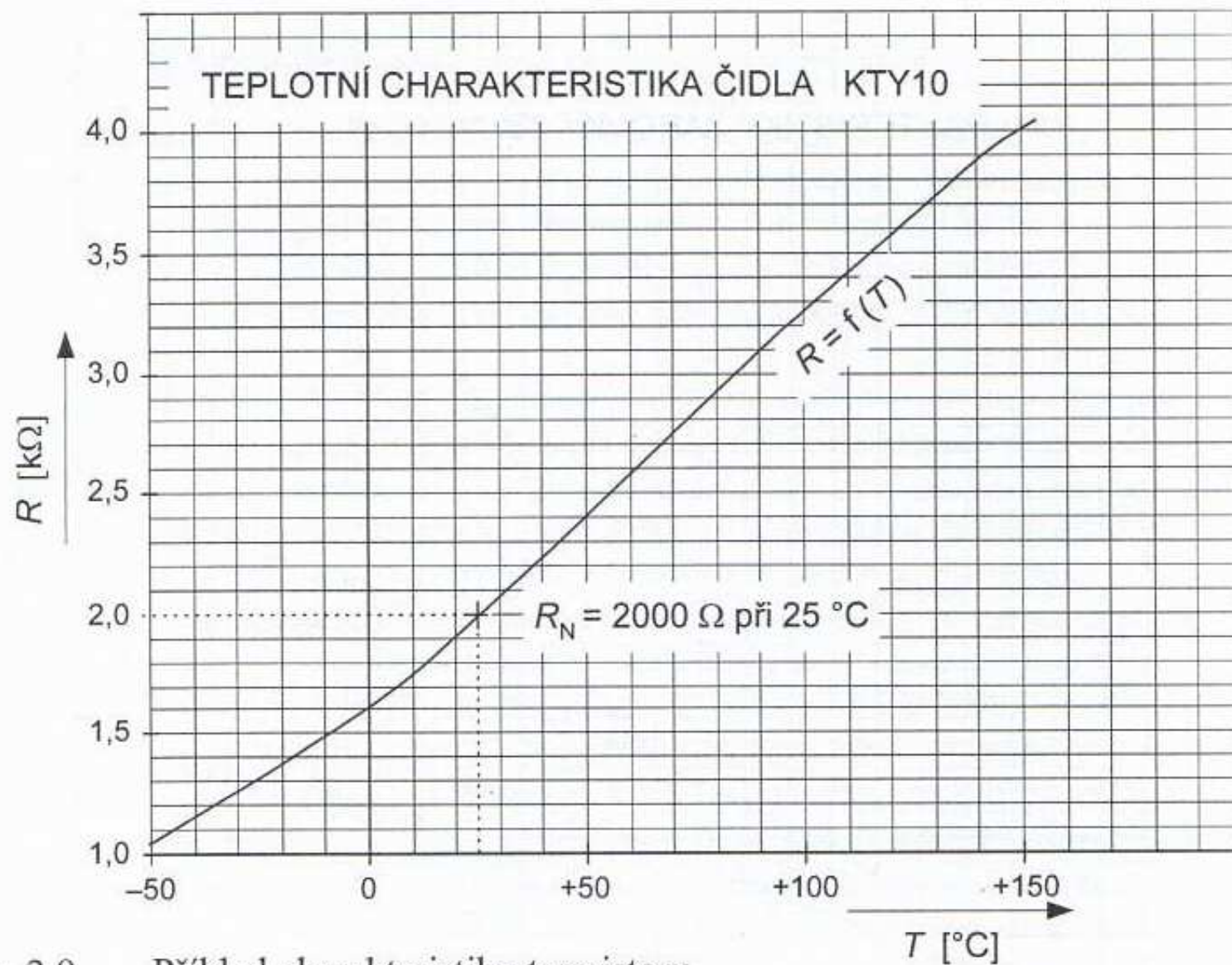


### Electrical Characteristics

at  $T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise specified

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit
		min.	typ.	max.	
Temperature sensor resistance $I_B = 1\text{ mA}$	$R_{25}$				$\Omega$
KT 100		1940	—	2060	
KTY 10-5		1950	—	1990	
KTY 10-6		1980	—	2020	
KTY 10-62		1990	—	2010	
KT 10-7		2010	—	2050	
Thermal time constant (63% of $\Delta T_A$ )					s
in still air	$\tau_{\text{air}}$	—	40	—	
in still oil (Freon FC40/PP7)	$\tau_{\text{oil}}$	—	4	—	

# Termistory



Obr. 2.9 Příklad charakteristiky termistoru