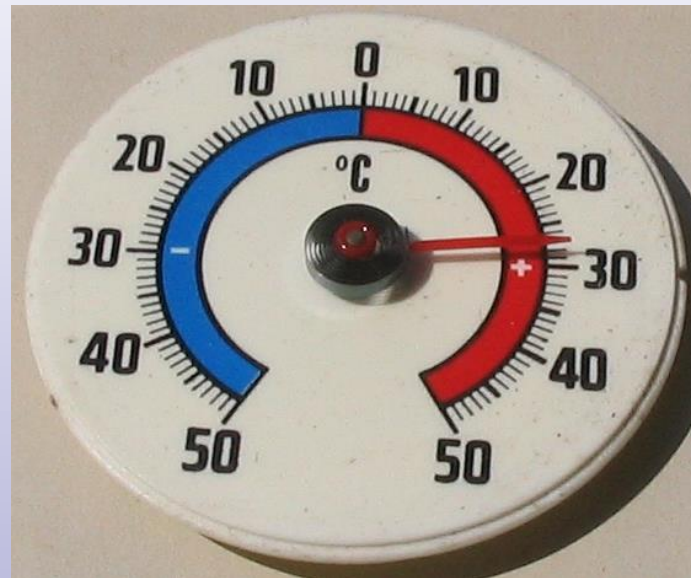


SNÍMAČE PRO MĚŘENÍ TEPLoty



- 10.1. Termočlánky
- 10.2. Odporové snímače
- 10.3. Termistory
- 10.4. Polovodičové snímače
- 10.5. Bezkontaktní metody měření teploty

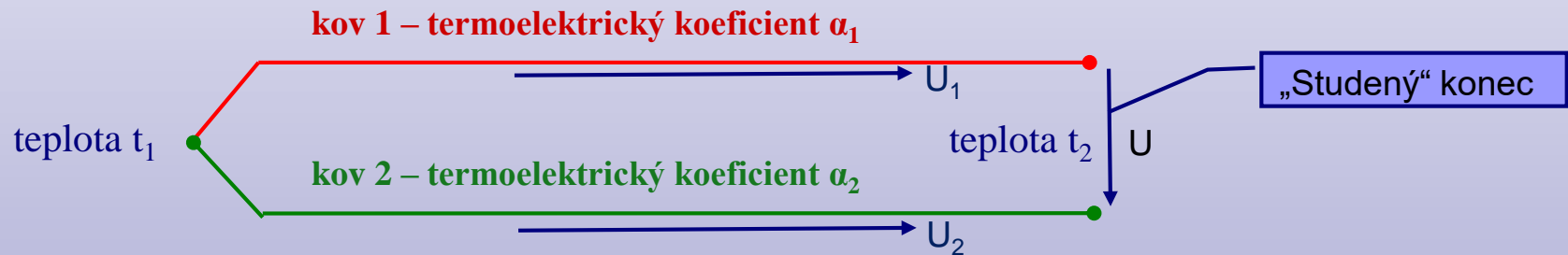
10.1. TERMOČLÁNKY

▪ Princip činnosti

- termoelektrický jev (Seebeckův jev – 1821 německý fyzik Thomas Johann Seebeck)
- přeměna teplotního gradientu na elektrickém vodiči přímo na elektrické napětí
 - velikost napětí závisí na termoelektrickém koeficientu materiálu vodiče
 - $U = \alpha (t_1 - t_2)$, jsou to řádově μV na $^\circ\text{C}$



- spojíme-li na jednom konci dva vodiče s různým termoelektrickým koeficientem:



- zjednodušeně platí $U = U_1 - U_2 = \alpha_1(t_1 - t_2) - \alpha_2(t_1 - t_2)$
 - pro větší rozsah teplot závislost není lineární
- takovéto spojení dvou vodičů se nazývá **TERMOČLÁNEK**
 - každé spojení dvou vodičů z různých materiálů vytvoří termočlánek
 - výsledné napětí je úměrné nikoliv teplotě ale rozdílu teplot na koncích vodičů

10.1. TERMOČLÁNKY

▪ Princip činnosti

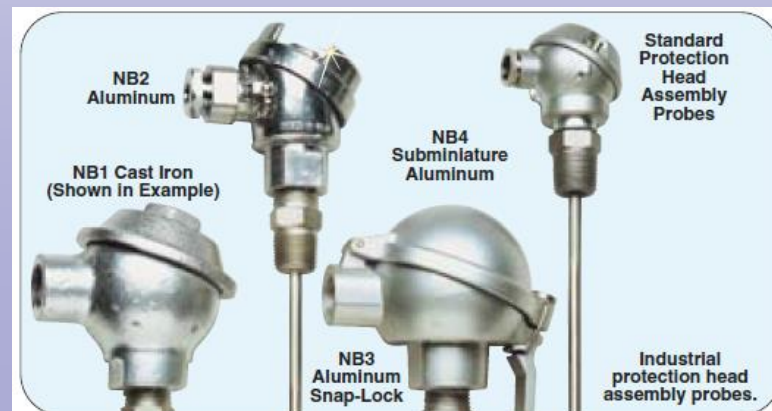
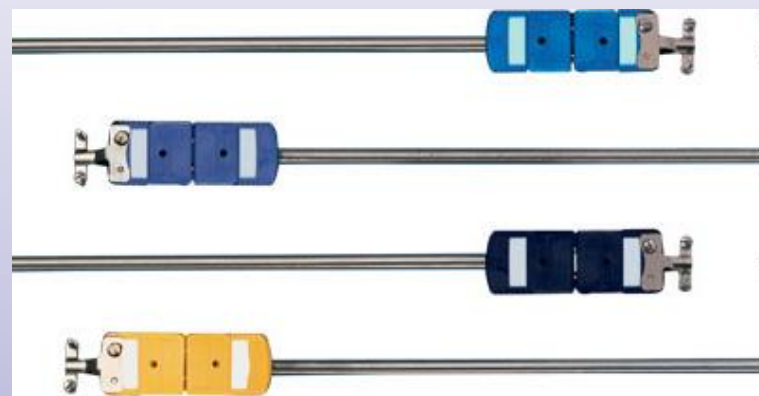
- v praxi se používá několik osvědčených kombinací materiálů
- jednotlivé kombinace (typy termočlánků) se označují se písmeny
- každý typ je vhodný pro jiný rozsah teplot
 - snaha o maximálně lineární průběh v daném rozsahu

	Kombinace slitin		rozsah (°C)		Kombinace slitin		rozsah (°C)
	Vodič +	Vodič –			Vodič +	Vodič –	
J	Fe (železo)	Cu-Ni (Konstantan)	0 až 750	S	Pt-10%Rh (platina- rhódium)	Pt (platina)	0 až 1450
K	Ni-Cr (nikl- chrom)	Ni-Al (nikl- hliník)	-200 až 1250	B	Pt-30%Rh (platina- rhódium)	Pt-6%Rh (platina- rhodium)	0 až 1700
T	Cu (měď)	Cu-Ni (Konstantan)	-200 až 350	G¹	W (wolfram)	W-26%Re (wolfram- rhenium)	0 až 2320
E	Ni-Cr (nikl- chrom)	Cu-Ni (Konstantan)	-200 až 900	C¹	W-5%Re (wolfram- rhenium)	W-26%Re (wolfram- rhenium)	0 až 2320
N¹	Ni-Cr-Si (microsil)	Ni-Si-Mg (nisil)	-270 až 1300	D¹	W3%Re (wolfram- rhenium)	W-25%Re (wolfram- rhenium)	0 až 2320
R	Pt-13%Rh (platina- rhódium)	Pt (platina)	0 až 1450				

10.1. TERMOČLÁNKY

■ Praktické provedení












































































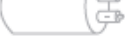













- mnoho různých provedení – od „holé dráty“ až po zapouzdřené sondy
- výběr typu dle rozsahu teplot
- lze dosáhnout i velmi miniaturních rozměrů snímače



10.1. TERMOČLÁNKY

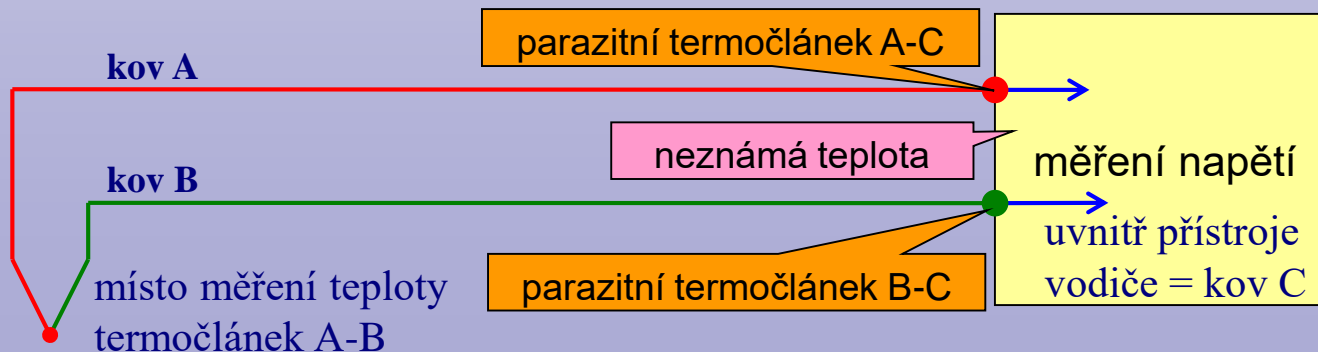
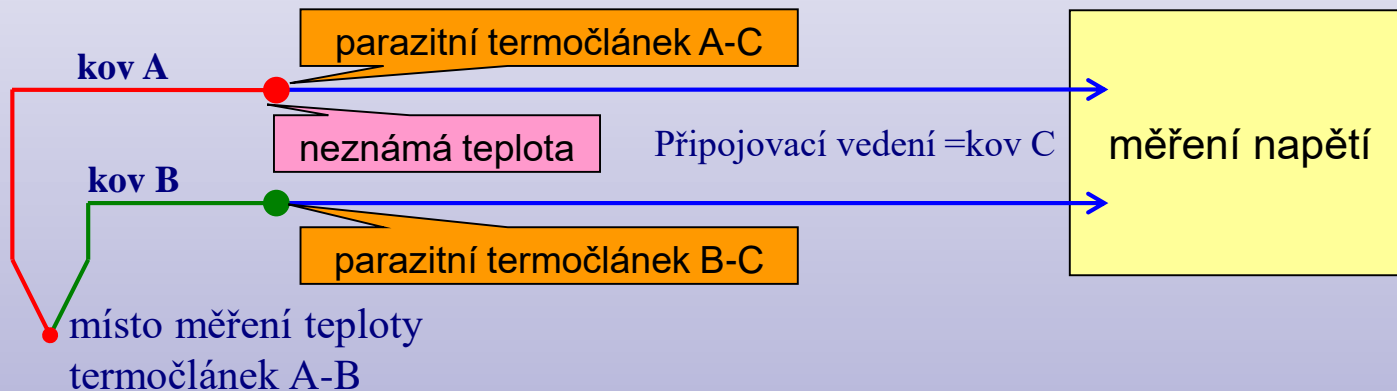
Praktické provedení

- jednotlivé typy termočláneků se označují barevně
 - nejednoznačné – různé normy různé barevné značení

Termočlánek	 DIN IEC 584		 DIN 43710		 ANSI MC 96.1		 BS 4937		 NFC 42-324	
	Materiál ⊕ ⊖	Označení EXT COM	Označení EXT COM	Označení EXT COM	Označení EXT COM	Označení EXT COM	Označení EXT COM	Označení EXT COM		
T	Cu - CuNi	TX 		TX 	TX 	TX 	TX 	TX 		
U	Cu - CuNi		UX 							
J	Fe - CuNi	JX 		JX 	JX 	JX 	JX 	JX 		
L	Fe - CuNi		LX 							
E	NiCr - CuNi	EX 		EX 	EX 	EX 	EX 	EX 		
K	NiCr - Ni	KX 		KX 	KX 	KX 	KX 	KX 		
	NiCr - Ni	 KCA	 KCA					 WC		
	NiCr - Ni	 KCB				 VX	 VC			
N	NiCrSi - NiSi	NX  NC								
R S	PtRh 13 - Pt	 RCB			 SX	 SX		 SC		
	PtRh 10 - Pt	 SCB								
B	PtRh30 - PtRh6				 BX			 BC		

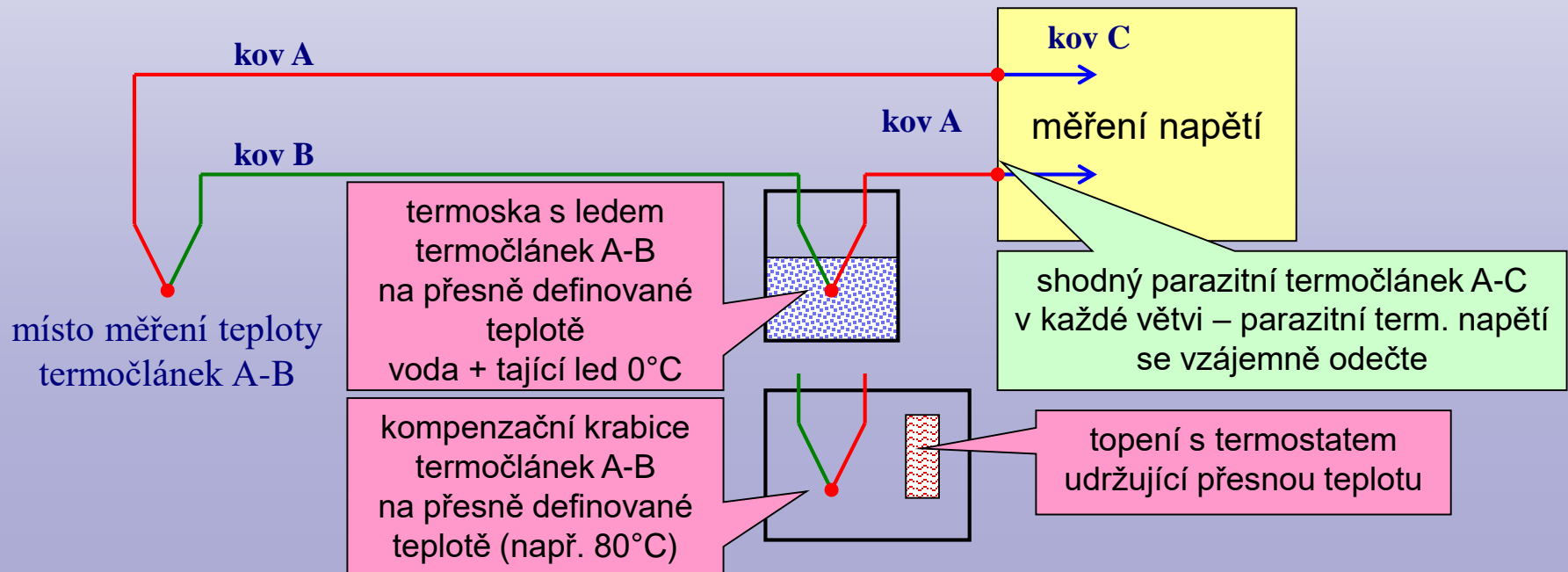
10.1. TERMOČLÁNKY

- **Zásady zapojení**
 - je nutné se vyvarovat vzniku parazitních termočlánků
 - každé dva různé kovy vytvoří termočlánek !
 - je nutné znát teplotu druhého konce vodičů termočlánku
 - napětí je úměrné rozdílu teplot obou konců !
- **Příklady nesprávných zapojení:**



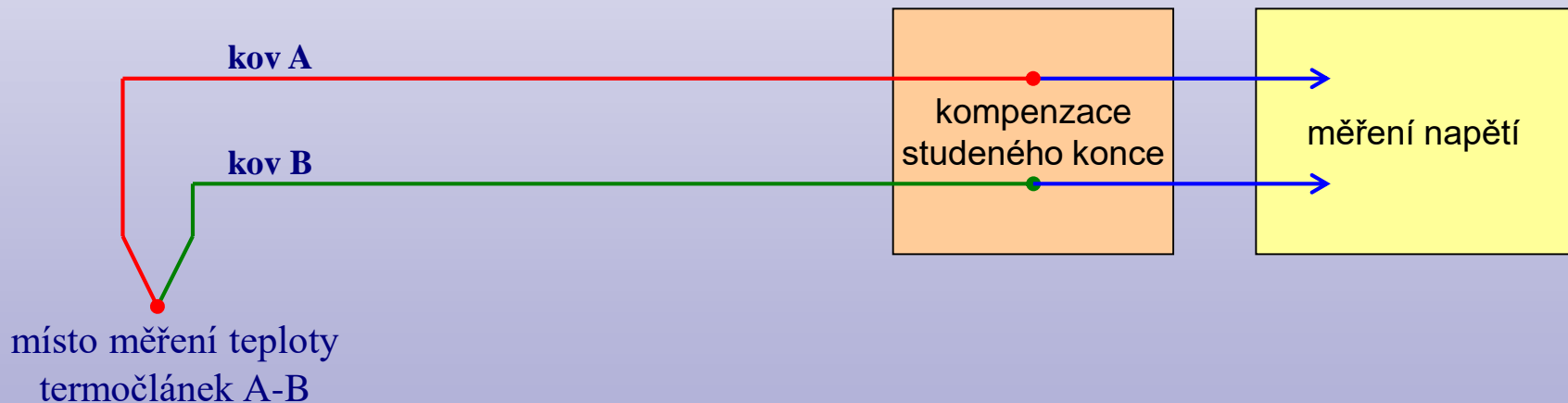
10.1. TERMOČLÁNKY

- **Zásady zapojení**
- **Správné zapojení - historické řešení:**
 - termoska s tajícím ledem – přesně známá teplota studeného konce 0°C
 - jen pro laboratorní použití (měří dobře jen po dobu tání ledu)
 - „kompenzační krabice“ – místo s přesně definovanou a udržovanou teplotou
 - pro průmyslové použití
 - na této teplotě druhý shodný termočlánek
 - přesně definovaná teplota studeného konce
 - u měřidla dva shodné parazitní termočláanky, jejichž napětí se vzájemně odečte



10.1. TERMOČLÁNKY

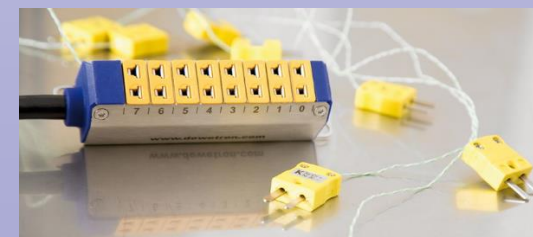
- **Zásady zapojení**
- **Správné zapojení – současné řešení:**
 - kompenzátor studeného konce
 - elektronický obvod měří teplotu v místě parazitních termočlánků
 - upravuje napětí tak, aby eliminoval parazitní termočlánky
 - pro jeden konkrétní typ termočlánku
 - univerzální, programovatelný pro více typů termočlánku



10.1. TERMOČLÁNKY

▪ Zásady zapojení - shrnutí

- vždy je nutno řešit zapojení studeného konce – elektronický kompenzátor
 - typ kompenzátoru musí odpovídat typu termočládku
 - může být samostatný, vestavěný v konektoru nebo součást měřidla
 - zároveň může být integrován i zesilovač a linearizace charakteristiky
- celé vedení od termočládku i všechny konektory mezi termočládkem a kompenzátozem musí být z materiálů termočládku
- typ izolace vodičů může ovlivnit použitelný teplotní rozsah



10.1. TERMOČLÁNKY

▪ **Základní charakteristika:**

- různé typy termočláneků pro různá teplotní pásma
- rozsah běžných typů cca -200°C až 1200°C
- speciální typy - extrémní -270°C a 2300°C
 - ne celý rozsah najednou, jen s použitím různých typů termočláneků
 - nutno použít odpovídající izolaci vodičů – problematičké u vysokých teplot

detaily např. na www.omegaeng.cz
www.dewetron.cz
www.orbit.merret.cz

▪ **Výhody:**

- velký teplotní rozsah
- široký výběr typů
- velký výběr provedení - holé dráty, sondy
- lze dosáhnout velmi miniaturního snímače
 - snímač = v podstatě jen dva tenké na konci svařené vodiče

▪ **Nevýhody:**

- nutnost kompenzace studeného konce dle typu termočláneku
- nutnost propojovacího vedení a konektorů dle typu termočláneku

10.2. ODPOROVÉ SNÍMAČE

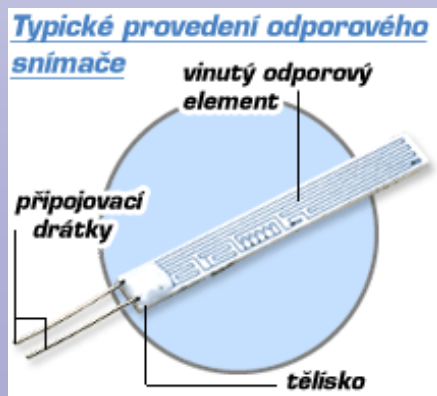
▪ Princip činnosti

- využívají závislost odporu na teplotě:

$$R = R_0 (1 + \alpha \Delta t) \quad \text{kde} \quad R_0 \text{ je odpor při } 0^\circ\text{C}$$

α je teplotní součinitel
 Δt je rozdíl teploty od 0°C

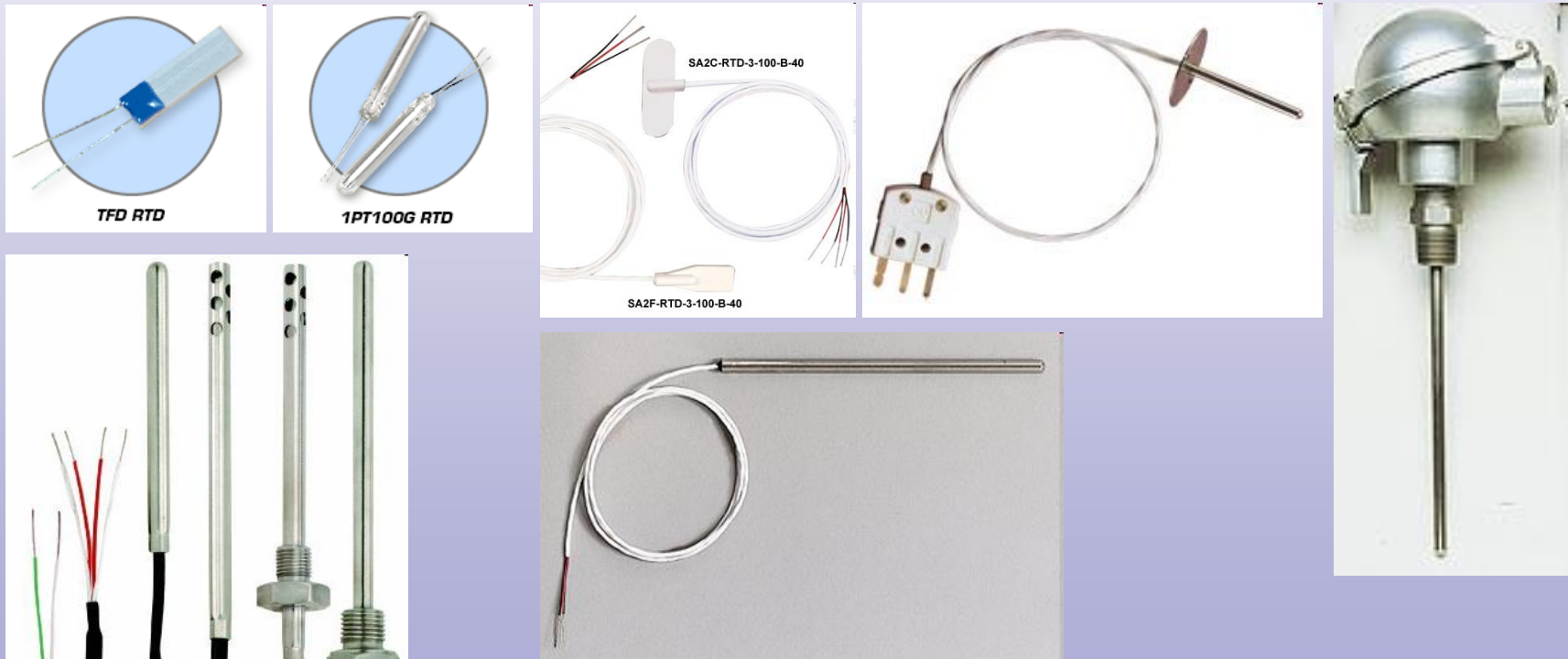
- pro větší rozsahy teplot platí složitější nelineární závislost
- lze využít různých materiálů (nikl, měď) ale prakticky výhradně se používá **platina**
 - dlouhodobá stabilita, odolnost proti vlivům prostředí ovlivňujících odpor
 - záleží na čistotě použité platiny
 - jedny z nejpřesnějších snímačů teploty
- snímač = odporový drátek navinutý na tělisku



10.2. ODPOROVÉ SNÍMAČE

▪ Praktické provedení

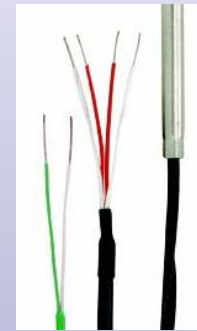
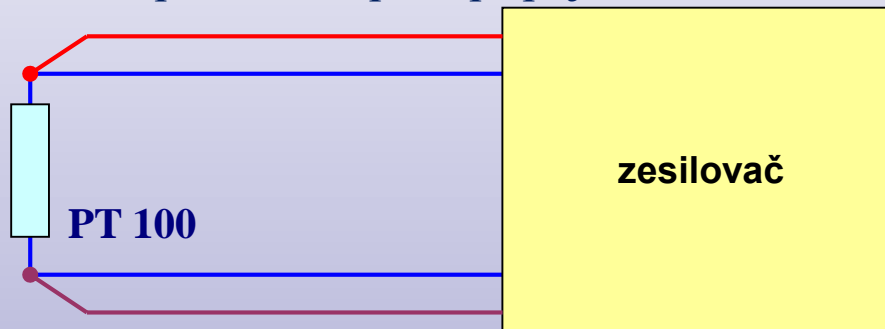
- typická hodnota odporu snímače při 0°C je 100Ω
 - podle toho se tyto snímače běžně označují jako **PT100**
- někdy i jiná hodnota odporu (50, 200, 500, 1000 a 2000Ω)
- mnoho různých typů provedení – tělíška, sondy



10.2. ODPOROVÉ SNÍMAČE

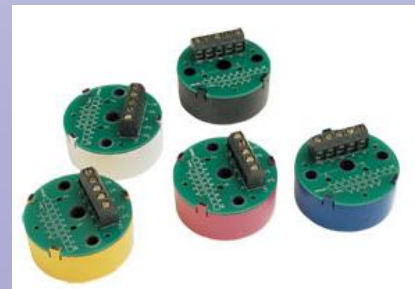
▪ Zásady zapojení

- dvou vodičové
 - bez kompenzace odporu připojovacích vodičů
 - jen pro krátké délky připojovacích vodičů
 - i materiál připojovacích vodičů mění odpor s teplotou
- třívodičové nebo čtyřvodičové
 - kompenzace odporu připojovacích vodičů



• vyhodnocovací elektronika

- může být samostatná, vestavěná v konektoru nebo součást měřidla



10.2. ODPOROVÉ SNÍMAČE

▪ **Základní charakteristika:**

- rozsah běžných typů cca -50°C až 400°C
- speciální typy -200°C až 600°C

- nutno použít odpovídající materiál sondy a izolace vodičů

detaily např. na www.omegaeng.cz

www.orbit.merret.cz

▪ **Výhody:**

- nejpřesnější snímače teploty
- široký výběr typů
- velký výběr provedení – tělíška, sondy

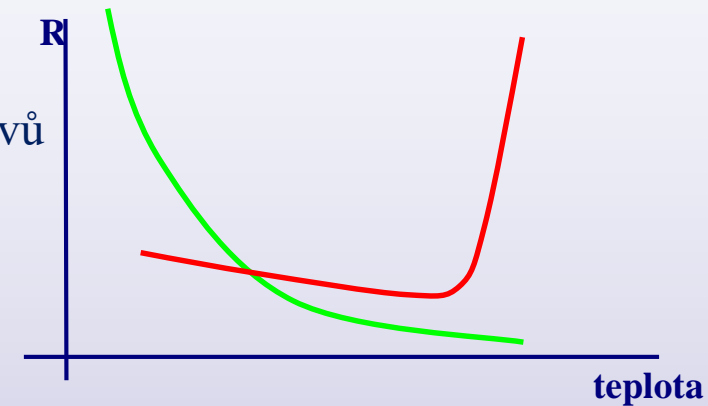
▪ **Nevýhody:**

- nižší teplotní rozsah než termočlánky
- vyšší cena

10.3. TERMISTORY

▪ Princip činnosti

- využívají závislost odporu materiálu na teplotě
- vyrobeny práškovou technologií ze směsi oxidů kovů
- velmi nelineární závislost
 - kladná – pozistor nebo záporná - negastor



▪ Praktické provedení

- součástka k zapájení do tištěného spoje
- může být vestavěna do sondy



- nutno použít speciální elektroniku na linearizaci závislosti



10.3. TERMISTORY

- **Základní charakteristika:**

detaily např. na www.omegaeng.cz

- teplotní rozsah -50°C až 150°C

- **Výhody:**

- minimální cena
- velký výběr provedení – součástka nebo kompletní sonda

- **Nevýhody:**

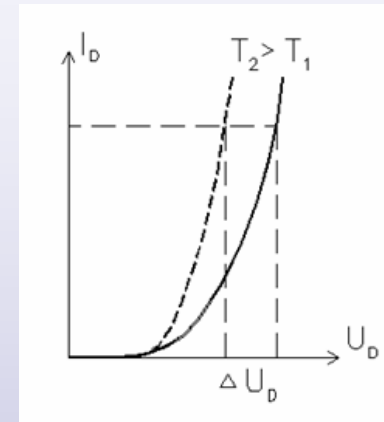
- nižší teplotní rozsah
- velmi nelineární charakteristika

- v současné době velmi často nahrazováno polovodičovým snímačem teploty

10.4. POLOVODIČOVÉ SNÍMAČE

- **Princip činnosti**
 - využívají teplotní závislost P-N přechodu (dioda)
 - nelineární závislost

- **Praktické provedení**
 - součástka k zapájení do tištěného spoje
 - výrobní technologie integrovaných obvodů
 - integrovaná elektronika
 - teplotně závislý odpor nebo unifikovaný výstup v různých formátech
 - může být vestavěna do sondy



10.4. POLOVODIČOVÉ SNÍMAČE

- **Základní charakteristika:**
 - teplotní rozsah -50°C až 150°C

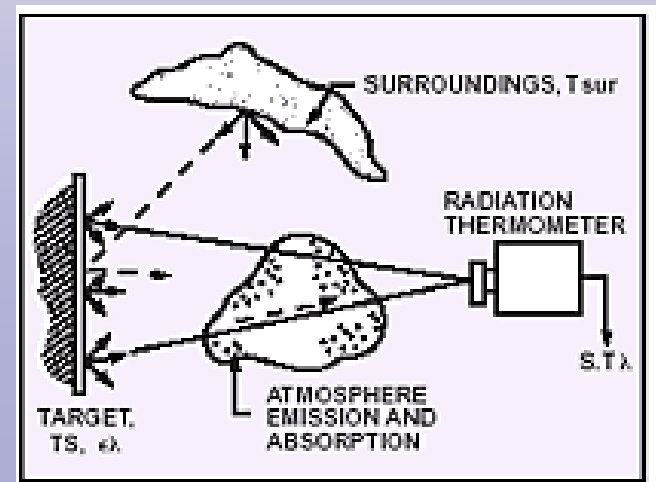
- **Výhody:**
 - minimální cena
 - velký výběr provedení – součástka nebo kompletní sonda
 - integrovaná elektronika
 - linearizovaný výstup
 - možnost volby různých formátů výstupů

- **Nevýhody:**
 - nižší teplotní rozsah

10.5. BEZKONTAKTNÍ SNÍMAČE TEPLoty

▪ Princip činnosti

- snímá se bezdotykově infračervené vyzařování měřeného objektu
- okolnosti ovlivňující činnost
 - zorný úhel (velikost sledovaného objektu a vzdálenost)
 - emisivita povrchu sledovaného objektu
 - poměr vyzařené energie konkrétního povrchu při dané teplotě k energii vyzařené ideálně černým tělesem při shodné teplotě
 - čím „lesklejší“ objekt, tím nižší emisivita – obtížné (nemožné) měření touto metodou
 - vliv okolního prostředí (odražené záření jiných zdrojů, pohltivost atmosféry)



10.5. BEZKONTAKTNÍ SNÍMAČE TEPLoty

▪ Praktické provedení

- bodový snímač
 - měří teplotu v jednom bodě
- plošný snímač (termokamera)
 - stejný princip jako obyčejná kamera, jen CCD čip snímá v infračervené oblasti spektra
 - měří teplotu celého objektu
 - software pro vizualizaci
 - převádí teplotu na barevnou škálu



10.5. BEZKONTAKTNÍ SNÍMAČE TEPLoty

▪ Praktické provedení bodových snímačů

- čidla – pro pevné zabudování
 - většinou integrovaná elektronika, standardní výstup 0-10V nebo 4-20mA
 - vzdálenost čidla od povrchu a průměr měřeného bodu
 - pevně dané
 - nastavitelné pomocí optiky (zoom)
- ruční přístroje
 - často s laserovým zaměřovačem pro snadné určení měřeného místa
 - display pro zobrazení hodnoty, možnost uložení dat, přenosu do PC, ...



10.5. BEZKONTAKTNÍ SNÍMAČE TEPLoty

- **Základní charakteristika bodových snímačů:**
 - základní teplotní rozsah -50°C až cca 1000°C
 - speciální typy až do 2200°C
 - přesnost 1% z rozsahu nebo $\pm 1^{\circ}\text{C}$
 - odezva v řádech desítek až nižších stovek ms
 - speciální typy jednotky ms (nižší přesnost)
 - lze použít pro pevné i kapalné látky

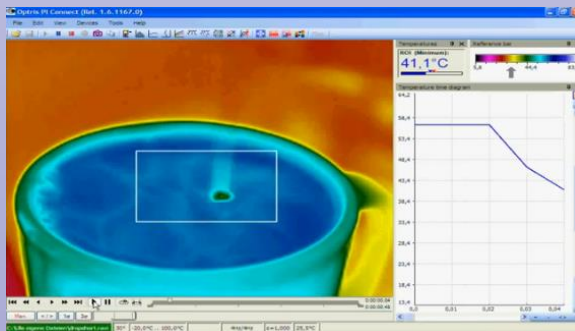
- **Výhody:**
 - bezkontaktní měření
 - velký výběr provedení
 - čidlo pro zabudování nebo ruční sonda
 - integrovaná elektronika
 - možnost volby různých formátů výstupů

- **Nevýhody**
 - jen pro objekty s vhodnou emisivitou
 - omezená rychlost měření
 - cena

detaily např. na www.omegaeng.cz
www.microepsilon.cz

10.5. BEZKONTAKTNÍ SNÍMAČE TEPLoty

- **Praktické provedení plošných snímačů**
 - termokamera pro pevné zabudování
 - vzdálenost kamery od objektu a velikost objektu
 - pevně dané
 - nastavitelné pomocí optiky
 - přenos dat do počítače se softwarem pro vyhodnocení
 - ruční přístroje
 - display pro zobrazení teplotního pole, možnost uložení dat, přenosu do PC, ...
 - software pro vizualizaci převádí teplotu na barevnou škálu



10.5. BEZKONTAKTNÍ SNÍMAČE TEPLoty

▪ **Základní charakteristika termokamer:**

detaily např. na www.spektravision.cz

- rozsah od cca -40°C až do 2000°C
- přesnost 1% z rozsahu nebo $\pm 1^{\circ}\text{C}$
- snímková frekvence stovky Hz
- široká škála rozlišení (320x240, ... 1024x768 bodů,...)
- přenos dat do PC pomocí USB, software pro vizualizaci a zpracování

▪ **Výhody:**

- bezkontaktní měření
- velký výběr provedení
 - kamera pro zabudování nebo ruční přístroj
- software pro vyhodnocení
 - možnost detekce teploty vybraných bodů

▪ **Nevýhody**

- jen pro objekty s vhodnou emisivitou
- omezená rychlost měření
- cena dle rozlišení, rychlosti a možností softwaru

KONTROLNÍ OTÁZKY

- termočlánky
 - princip funkce, praktické provedení (str. 2, 3, 4)
 - zásady zapojení (str. 6, 7, 8, 9)
 - charakteristika, výhody, nevýhody (str. 10)
- odporové snímače teploty
 - princip funkce, praktické provedení (str. 11, 12)
 - zásady zapojení (str. 13)
 - charakteristika, výhody, nevýhody (str. 14)
- termistory
 - princip funkce, praktické provedení (str. 15)
 - charakteristika, výhody, nevýhody (str. 16)
- polovodičové snímače
 - princip funkce, praktické provedení (str. 17)
 - charakteristika, výhody, nevýhody (str. 18)
- bezkontaktní snímače teploty
 - princip funkce, praktické provedení (str. 19, 20)
 - bodové snímače - charakteristika, výhody, nevýhody (str. 21, 22)
 - termokamery - charakteristika, výhody, nevýhody (str. 23, 24)

