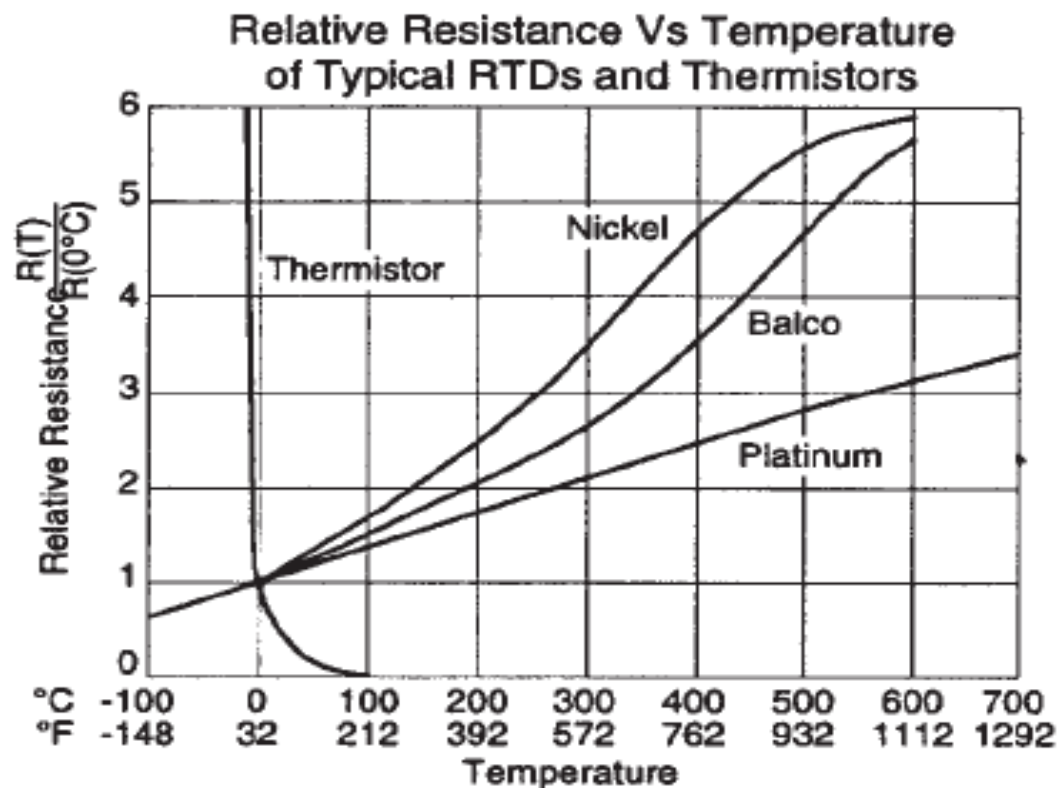

Elektronske komponente in senzorji

Senzorji temperature

Senzorji temperature

Termočleni:

- Prednosti
 - Ne potrebujejo vzbujanja
 - Enostavni
 - Poceni
 - Robustni
 - Široko temperaturno področje
- Slabosti:
 - nelinearni
 - nizkonapetostni
 - potrebujejo referenco (ledno)
 - najmanj stabilni
 - najmanj občutljivi



Primerjava senzorjev temperature

Element type	Temperature range	Benefits	Base resistance	TCR ($\Omega/^{\circ}\text{C}$)	Sensitivity (Avg. $\Omega/^{\circ}\text{C}$, 0 to 100°C)
Platinum	-259 to 1235°C -259 to 630°C	Greater range Best stability	100Ω at 0°C 100Ω at 0°C	0.003926 0.00391 0.00385 0.00385	0.392 0.391 0.385 3.85
Copper	-200 to 850°C	Good linearity	100Ω at 0°C	0.00427	0.039
Nickel	-200 to 850°C -100 to 260°C	Best linearity	1000Ω at 0°C 10Ω at 25°C	0.00627 0.00518	0.806 3.133
Nickel Iron	-100 to 260°C -100 to 204°C	Low cost High sensitivity Low cost High sensitivity	120Ω at 0°C 604Ω at 0°C 1000Ω at 23°C 2000Ω at 23°C	0.00518 0.00527	4.788 9.578

Platinasti upori

- Platina je postala standardna kovina za realizacijo uporovnih termometrov zaradi širokega temperaturnega področja uporabe in velike stabilnosti.
- Platinasti upori so na voljo v različnih nazivnih vrednostih
($R_n @ 0^\circ\text{C}$) $10\ \Omega$, $25\ \Omega$, $100\ \Omega$, $1000\ \Omega$
- Prevladujoč tip platinastega merilnega upora je PT100 ($R_n @ 0^\circ\text{C} = 100\ \Omega$).
- Uporabo definira IEC 751.
- Prednosti tega elementa so kemijska stabilnost, enostavnost proizvodnje in odlična ponovljivost

Callendar – Van Dusen enačba

$$R = R_0 \cdot (1 + A \cdot T + B \cdot T^2 + (T - 100) \cdot C \cdot T^3)$$

$$R = R_0 \cdot \left(1 + \alpha \cdot \left(T - \delta[0.01 \cdot T - 1] \cdot 0.01 \cdot T - \beta[0.01 \cdot T - 1] \cdot (0.01 \cdot T)^3\right)\right)$$

- α , β in δ so kalibracijski koeficienti, odvisni od čistosti Platine. Ti koeficienti so tudi odvisni od države proizvajalke.
- Najvplivnejša konstanta je α , ki ima vrednost $0.003921/^{\circ}\text{C}$ za ameriško krivuljo umerjanja (U.S. calibration curve) oziroma $0.003851/^{\circ}\text{C}$ za evropsko krivuljo umerjanja (EU calibration curve)
- Uporovni elementi **se razlikujejo** glede na krivuljo umerjanja!
- Za ameriško krivuljo umerjanja:
 $\delta = 1.49$, $\beta = 0$ za $T < 0$ in $\beta = 0.11$ za $T > 0$.

Callendar – Van Dusen enačba

$$R = R_0 \cdot (1 + A \cdot T + B \cdot T^2 - 100 \cdot C \times T^3 + C \cdot T^4)$$

$$R = R_0 \cdot \left(1 + \alpha \cdot \left(T - \delta[0.01 \cdot T - 1] \cdot 0.01 \cdot T - \beta[0.01 \cdot T - 1] \cdot (0.01 \cdot T)^3\right)\right)$$

CALENDAR-VAN DUSEN CONSTANTS†

Alpha, α ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)	.003750 $\pm$.00003	.003850 $\pm$.0001
Delta, δ ($^{\circ}\text{C}$)	1.605 $\pm$ 0.009	1.4999 $\pm$ 0.007
Beta, β^* ($^{\circ}\text{C}$)	0.16	0.10863
A ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)	3.81×10^{-3}	3.908×10^{-3}
B ($^{\circ}\text{C}^{-2}$)	-6.02×10^{-7}	-5.775×10^{-7}
C ($^{\circ}\text{C}^{-4}$)*	-6.0×10^{-12}	-4.183×10^{-12}

*Both $\beta = 0$ and $C = 0$ for $T > 0^{\circ}\text{C}$

VIR: [Wiki](#)

Lastnosti PT100 elementa

INTERNATIONAL STANDARDS

Standard	Comment	
IEC 751	Defines Class A and B performance for 100 Ω 0.00385 alpha Pt RTDs.	
DIN 43760	Matches IEC 751.	
BS-1904	Matches IEC 751.	
JIS C1604	Matches IEC 751. Adds 0.003916 alpha.	
ITS-90	Defines temperature scale and transfer standard.	
Parameter	IEC 751 Class A	IEC 751 Class B
R_0	100 $\Omega \pm 0.06\%$	100 $\Omega \pm 0.12\%$
Alpha, α	.00385 $\pm$.000063	.00385 $\pm$.000063
Range	-200°C to 650°C	-200°C to 850°C
Res., R_T^*	$\pm (.06 + .0008 T - 2E-7T^2)$	$\pm (.12 + .0019 T - 6E-7T^2)$
Temp, T^{**}	$\pm (0.3 + 0.002 T)^\circ\text{C}$	$\pm (0.3 + 0.005 T)^\circ\text{C}$

*Units are Ω s. Values apply to 100 Ω Pt RTDs only. Scale by ratio of the R_0 s to apply to other ice point resistances.

*Applies to all 0.00385 alpha Pt RTDs independent of ice point, R_0 .

Lastnosti PT100 elementa

IEC751 določa spremembo upornosti s temperaturo, nazivno vrednost upornosti pri referenčni temperaturi in dovoljene tolerance.

Območje merjenja temperature ($-200^{\circ}\text{C} \dots 961.78^{\circ}\text{C}$) obsega dve podpodročji: $-200^{\circ}\text{C} \dots 0^{\circ}\text{C}$ and $0^{\circ}\text{C} \dots 961.78^{\circ}\text{C}$

- Področje negativnih temperatur opišemo s polinomom tretje stopnje

$$R(T) = R_0 \cdot (1 + A \cdot T + B \cdot T^2 + C \cdot [T - 100^{\circ}\text{C}] \cdot T^3)$$

- Za področje uporabe od $0^{\circ}\text{C} \dots 850^{\circ}\text{C}$ lahko poenostavimo opis s polinomom druge stopnje

$$R(T) = R_0 (1 + A \cdot T + B \cdot T^2)$$

pri čemer so koeficienti:

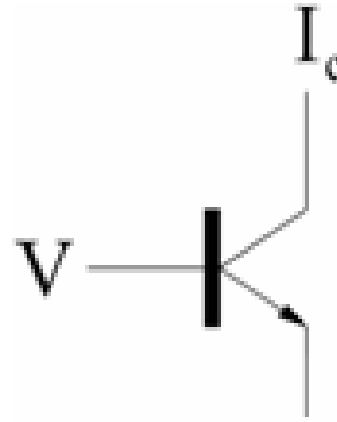
$$A = 3.9083 \cdot 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$$

$$B = -5.775 \cdot 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-2}$$

$$C = -4.183 \cdot 10^{-12} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-4}$$

Polprevodniški senzorji temperature

- Običajno izkoriščajo napetostno-tokovno temperaturno odvisnost
- Diodo tvorimo z uporabo BE spoja BJT.
- VBE napetost BJT je odvisna od kolektorskega toka I_C .
- $k \rightarrow$ Boltzmannova konstanta ($1.38 \cdot 10^{-23}$ J/K), T absolutna temperatura,
- q osnovni naboj elektrona ($1.6 \cdot 10^{-19}$ C),
- $I_S \rightarrow$ zaporni tok BE diode (odvisen od geometrije in temperature)
- Pri enačbi smo predpostavili napetost kolektorja nekaj 100 mV in zanemarili Earlyev efekt

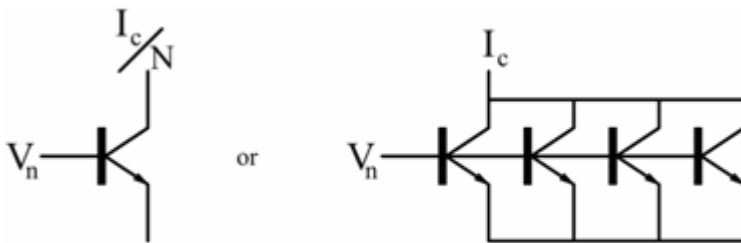


$$V = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{I_c}{I_s} \right)$$

I_S je močno odvisen od temperature, zato tako vezje ni uporabno za meritev.

PTAT senzor temperature

- Če tok tranzistorja zmanjšamo za faktor N (lahko vzamemo N identičnih tranzistorjev) se tok I_C razdeli enakomerno mednje.
- Izraz za razliko med dvema BE napetostima je proporcionalen absolutni temperaturi (ang. proportional to absolute temperature) in neodvisen od I_S .



$$V_N = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{I_c}{NI_s} \right)$$

VIR: [CLASSIC BANDGAP TEMPERATURE SENSOR](#) (Kester)

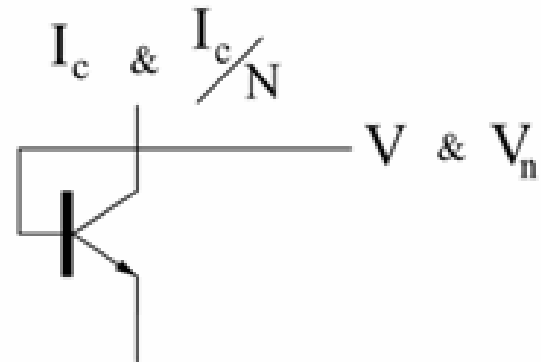
PTAT sensor temperature

$$V - V_N = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{I_c}{I_s} \right) - \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{I_c}{NI_s} \right)$$

$$V - V_N = \frac{kT}{q} \left(\ln \left(\frac{I_c}{I_s} \right) - \ln \left(\frac{I_c}{NI_s} \right) \right)$$

$$V - V_N = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{\left(\frac{I_c}{I_s} \right)}{\left(\frac{I_c}{NI_s} \right)} \right)$$

$$V - V_N = \frac{kT}{q} \ln(N)$$

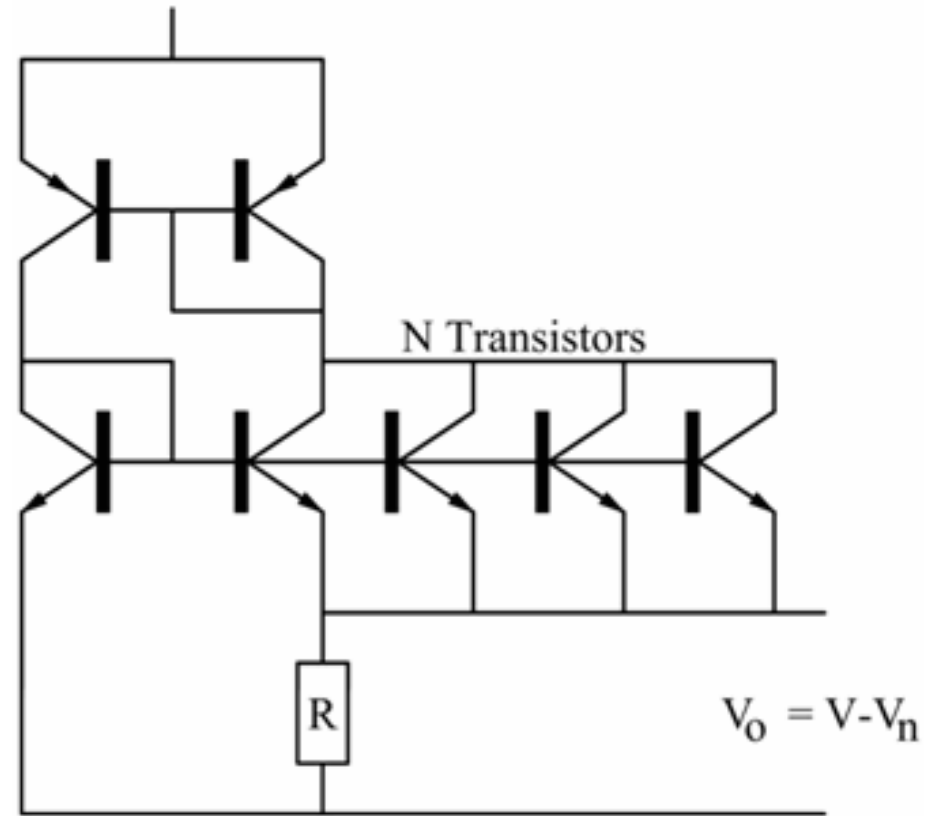


VIR: [CLASSIC BANDGAP TEMPERATURE SENSOR](#) (Kester)

PTAT senzor temperature

Sestavljen iz:

- $N+1$ NPN BJT,
- temperaturno stabilen upor in
- tokovno zrcalo iz dveh PNP BJT .
- Celoten tok vezja je proporcionalen absolutni temperaturi $\rightarrow$ upor R ta tok preslika v izhodno napetost $V-V_N$.



VIR: [CLASSIC BANDGAP TEMPERATURE SENSOR](#) (Kester)

PTAT senzor temperature

Predstavljeno vezje uporablja osnovni "band-gap" temperaturni senzor.

- Vezje ni popolno, saj se obnaša stabilno, če so vsi tranzistorji izključeni in izhoda ni.
- Običajno dodamo vezje, ki zagotavlja vklop teh tranzistorjev ob vklopu napajanja.
- Temperaturni senzorji AD590, AD592, AC2626 uporabljajo točno tako vezje (s štartnim vezjem). Njihova prenosna karakteristika je tokovna ($1 \mu\text{A/K}$), če je napetost senzorja $[4...30]$ V.
- Temperaturni senzorji z napetostnim izhodom (TMP-01),
- Temperaturni senzorji z napetostnim izhodom in ničelno napetostjo (TMP-35/36/37),
- Temperaturni senzorji s PWM izhodom (TMP-03/04/06),
- Temperaturni senzorji z digitalnim izhodom
- Več informacij:
Timko: [A two-terminal IC temperature transducer](#)