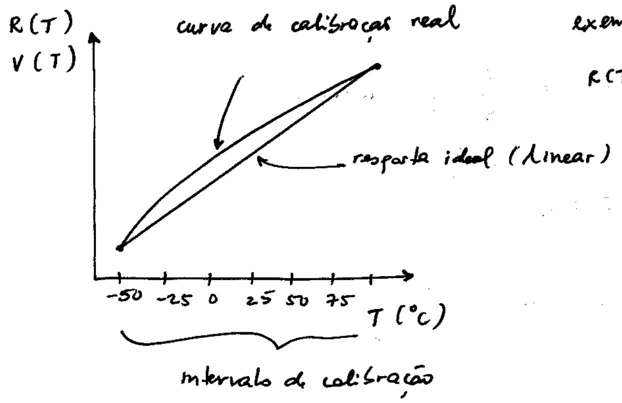
AULA 3 - SENSORES DE TEMPERATURA

curva de calibração estática



exemplo:

$$R(T) = R_0 \left[1 + A(T - T_0) + B(T-T_0)^2 \right]$$

resposta dinâmica do sensor

Situação: variação súbita da temperatura do meio que rodeia o sensor ⟶ gradiente de temperatura entre o sensor e o meio ambiente

$$dQ = \alpha \, A \, (T_1 - T) \, dt$$

- dQ – quantidade de calor transferido
- α – conductividade térmica da interface
- A – área de contacto

$$dQ = c \, m \, dT$$

- c – calor específico
- m – massa do sensor

RTDs - gama de funcionamento -200°C — 800°C

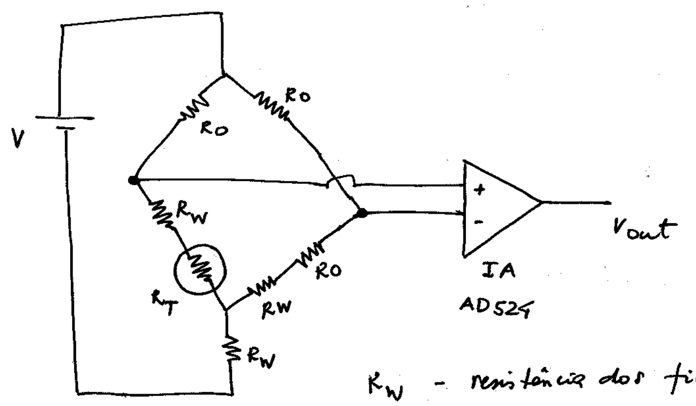
curva de calibração

$$-200°C — 0°C \qquad R = R_0 [1 + AT + BT^2 + CT^3 \qquad]$$

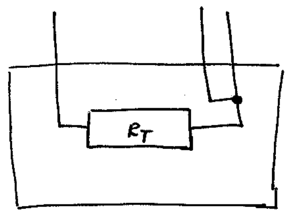
$$0°C — 600°C \qquad R = R_0 [1 + AT + BT^2]$$

<u>sensor mais utilizado</u> : sensor de PLATINA

<u>circuito de condicionamento de sinal:</u> ponte de Wheatstone



R_W - resistência dos fios de ligação



encapsulamento

curva de calibração empírica

$$\frac{1}{T} = A + B \ln R_T + C \ln^3 R_T$$

R_T do termistor fortemente não linear com T

→ linearização da curva característica do termistor

$$R_T = R_0 \exp \frac{\beta (T_0 - T)}{T_0 T}$$

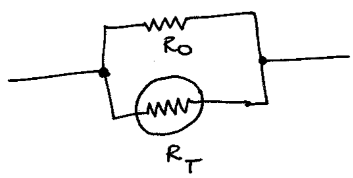
em torno de T_0 :

$$R_T \cong R_0 \exp \frac{\beta (T_0 - T)}{T_0^2}$$

$$R_T \simeq R_0 \exp \alpha \Delta T \quad \text{com} \quad \Delta T = T - T_0$$

$$\alpha = -\frac{\beta}{T_0^2}$$

solução $R_T \parallel R_0$



$$R_{eq} = \frac{R_0 R_T}{R_0 + R_T}$$

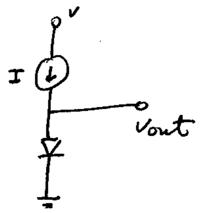
$$R_{eq} = \frac{R_0 R_T}{R_0 + R_T} = \frac{R_0^2 \exp \alpha \Delta T}{R_0 + R_0 \exp \alpha \Delta T} \cong \frac{R_0^2 (1 + \alpha \Delta T + \frac{\alpha^2}{2} \Delta T^2)}{R_0 (2 + \alpha \Delta T + \frac{\alpha^2}{2} \Delta T^2)}$$

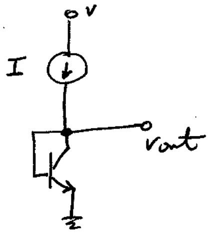
$$\simeq \frac{R_0}{2} \left[1 + \frac{\alpha}{2} \Delta T \right]$$

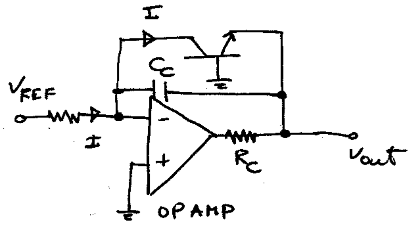
$$f(\Delta x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{f^{(n)}(0)}{n!} \Delta x^n$$

$$\frac{\partial}{\partial \Delta T} \left(\frac{1 + \alpha \Delta T + \frac{\alpha^2}{2} \Delta T^2}{2 + \alpha \Delta T + \frac{\alpha^2}{2} \Delta T^2} \right) \Bigg|_{\Delta T = 0} = \frac{1 + \alpha^2 \Delta T}{2 + \alpha \Delta T + \frac{\alpha^2}{2} \Delta T^2} - \frac{(1 + \alpha \Delta T + \frac{\alpha^2}{2} \Delta T^2)(2 + \alpha^2 \Delta T)}{(2 + \alpha \Delta T + \frac{\alpha^2}{2} \Delta T^2)^2} \Bigg|_{\Delta T = 0}$$

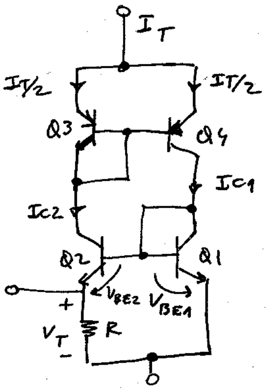
circuito de condicionamento de sinal







sensor de temperatura em circuito integrado (Ic)



$$V_{BE3} = V_{BE4}$$

$$\Rightarrow \frac{I_T}{2} = I_{C1} = I_{C2}$$

$$\frac{I_{C1}}{I_{C2}} = \frac{I_{E1}}{I_{E2}} = \frac{I_S \exp\left(\frac{q V_{BE1}}{k_B T}\right)}{I_S \exp\left(\frac{q V_{BE2}}{k_B T}\right)}$$

$$\underbrace{V_{BE1} - V_{BE2}}_{V_T} = \frac{k_B T}{q} \ln\left(\frac{I_{C1}}{I_{C2}}\right)$$

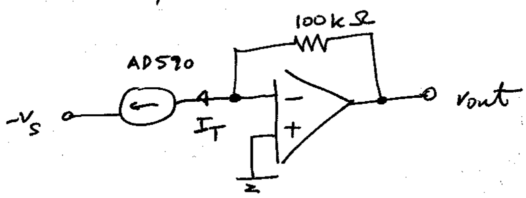
$$R \frac{I_T}{2} = \frac{k_B T}{q} \ln\left(\frac{I_{C1}}{I_{C2}}\right)$$

logo $$I_T = \frac{2 k_B}{q} T \ln\left(\frac{I_{C1}}{I_{C2}}\right)$$

$$I_T \propto T$$

exemplos AD 590 (saída em corrente)

LM 135, LM 235, LM 735 (saída em tensão)



termopares - materiais usados

tip T	Cobre	- constanton	-270 - 370 °C	
tipo J	ferro	- constanton	-200 - 760 °C	
tip E	10% Niquel / cromium	- constanton	-200	— 900 °C
tip K	10% niquel / cromio	— 5% Ni / Al / Si	-200 °C	— 1260 °C
R e S	Pt / Rh	versus Pt	0 — 1480 °C	
B	30% Pt / Rh	versus 6% Pt / Rh	870 °C	— 1700 °C

Wobschall
pag 72

Condicionamento de sinal