Temperaturmessung

Zur Messung der Temperatur gibt es verschiedene Methoden:

Thermoelemente
Metall-Widerstände
HL-Widerstände

Thermoelemente: Seebeck-Effekt

Am Übergang zwischen 2 Metallen wird eine temperaturabhängige Spannung beobachtet.

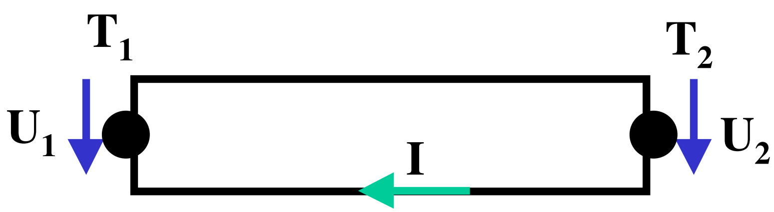
Am Kontakt gilt:

$$n(E) = \frac{D(E)}{e^{\frac{E-E_F}{kT}} + 1} \approx N e^{-\frac{E}{kT}} = N e^{-\frac{e\Phi}{kT}}$$

$$\frac{n_1}{n_2} = e^{-\frac{e\Delta U}{kT}}$$

$$\Delta U = \frac{kT}{e} \ln \frac{n_2}{n_1}$$

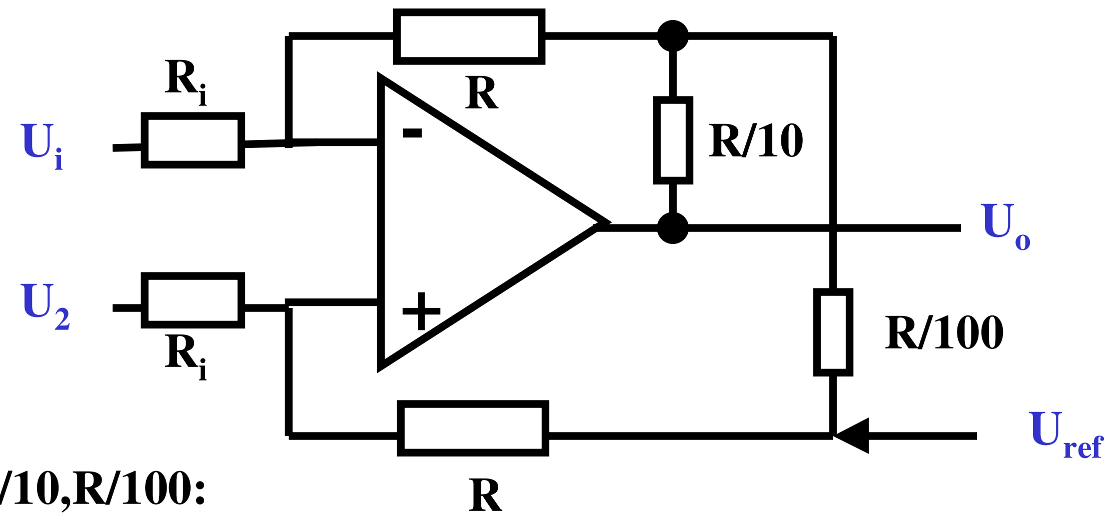
Hat man 2 Übergänge auf verschiedenen Temperaturen, kommt es zu einem Spannungsgefälle und damit zu einem Thermostrom.



$$U_2 - U_1 = \Delta U = a\Delta T + b\Delta T^2 + \ldots$$

Messung der Temperaturspannungsdifferenz

Erdungsfreier Differenzverstärker



Unter Vernachlässigung von U_{ref}, R/10,R/100:

$$\left.\begin{aligned} &1)\,U_2 = 0 \Rightarrow U_o = -\frac{R}{R_i}U_1 \\ &2)\,U_1 = 0 \Rightarrow U_o = \frac{R}{R_i}U_2 \end{aligned}\right\} \Rightarrow U_o = \frac{R}{R_i}(U_2 - U_1) = \frac{R\alpha}{R_i}(T_{ref} - T_{sense})$$

Betrachtung mit U_{ref}

$$1)\,U_2 = 0 \Rightarrow U_o = -\frac{R}{R_i}U_1$$

$$2)\,U_1 = 0 \Rightarrow I_2 = R_i U_2 = RU_{ref} \Rightarrow U_o = \frac{R}{R_i}U_2 - U_{ref}$$

$$\Rightarrow U_o = \frac{R}{R_i}(U_2 - U_1) - U_{ref} = \frac{R\alpha}{R_i}(T_{ref} - T_{sense}) - U_{ref}$$

$$= a + bT_{sense}$$

Pt Temperaturfühler PT100

Die Zahl in PTnnn gibt den Widerstand bei T=0°C an.

$$R = R_0\left(1+\alpha T\right)$$

$$\alpha = 3.91\cdot 10^{-3}\,\frac{1}{K}$$

Temperaturbereich: -200 - + 1000 °C

Sehr kleine Widerstandsänderungen

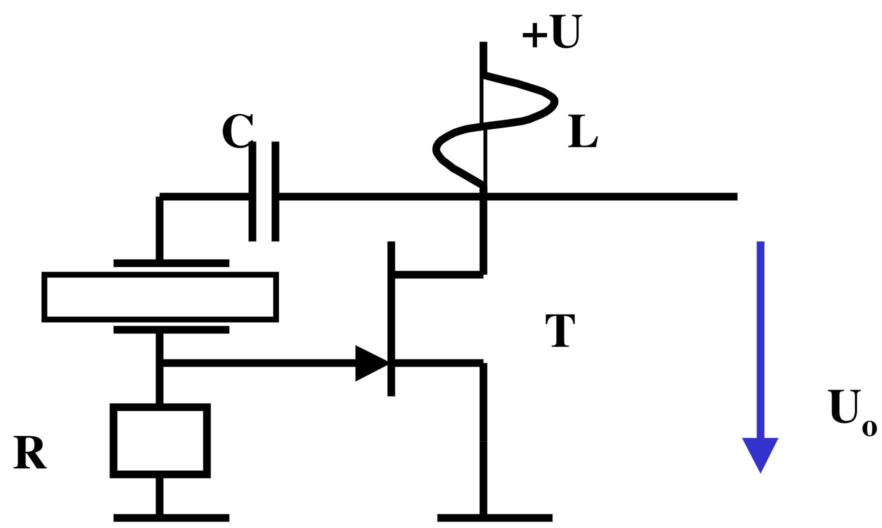
Messung: 4-Draht-Messung , Kelvin Schaltung

Vorteil: Größtmögliche Zuverlässigkeit
gute Genauigkeit (0.02 - 0.1 °C)
Nachteil: teuer

Bemerkung: bestmögliche Genauigkeit: Quarzthermometer
Genauigkeit: 10^{-4} °C
Prinzip: Temperaturabhängige Verstimmung eines Quarzoszillators

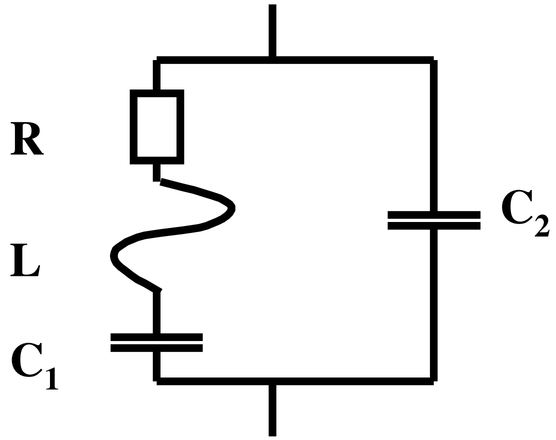
Quarzoszillator

Pierce Oszillator



Bsp.:
L=2.5mH
C=1nF
R=10MΩ
T=2N5485

Ersatzschaltbild eines Quarzes (piezoelektrischer Sensor)



Quarze haben 2 Resonanzfrequenzen (vom Parallel- und Serienschwingkreis

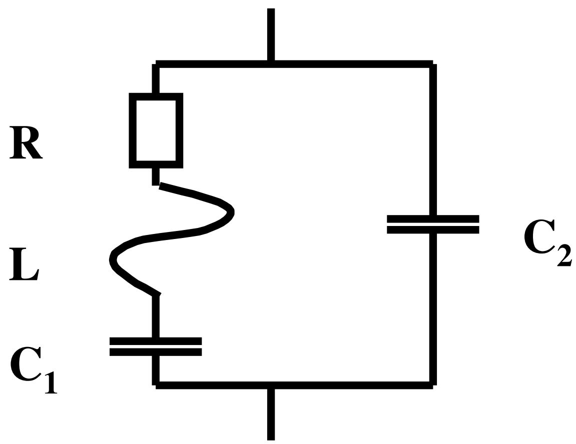
Güte: $Q = \frac{\Delta f}{f} = 10^4$

Resonanzfrequenzen: 10kHz - 10MHz

Stabilität: 1 ppm

Eigenschaften des Schwingquartzes

Ersatzschaltbild:

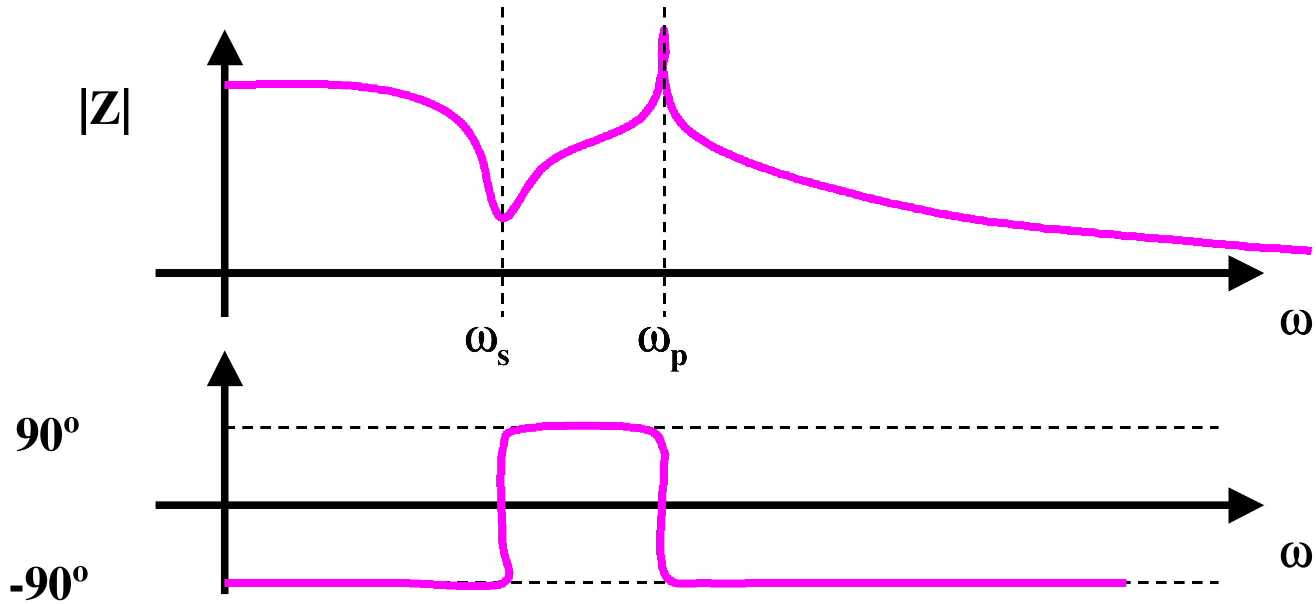


Schwingquartze besitzen 2 Resonanzen:

Serienresonanz $\omega_s = \frac{1}{\sqrt{LC_1}}$

Parallelresonanz $\omega_p = \frac{1}{\sqrt{LC_p}}$ mit $C_p = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$

Graphisch:



Piezoelektrische Sensoren

Anwendungen für (Quarz) Oszillatoren

Mikrophon/Tonabnehmer
Ultraschallwandler
Keramiktrafo
Temperatursensor
Druckmessung
Durchflußmessung

Prinzip:

Es wird die Resonanzfrequenz gemessen.
Deren Abhängigkeit von der Meßgröße wird kalibriert.

Die Frequenzmessung wird realisiert durch
einen Zähler über konstante Zeitintervalle
=> Digitalelektronik

Frequenzen sind die genauesten
physikalischen Meßgrößen