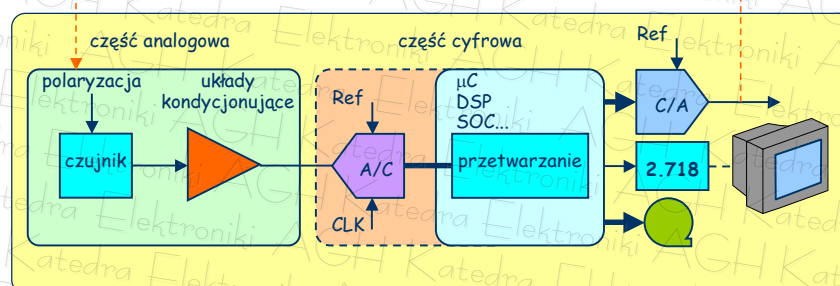


Pomiary wielkości nieelektrycznych

Pomiar wielkości nieelektrycznych



Czujnik (ang. *sensor*)

urządzenie, wykrywające jakiś rodzaj energii i przedstawiające ją w innej, wygodnej postaci.

Przetwornik (ang. *transducer*)

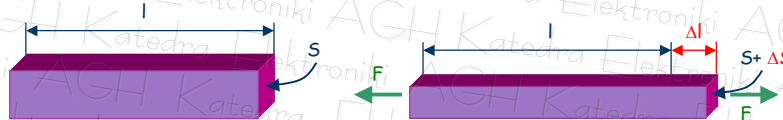
urządzenie, zamieniające jedną wielkość (np. mechaniczną, termiczną, elektromagnetyczną itp.) na inną wielkość (często elektryczną), wygodniejszą do przesłania, zmierzenia, zobrazowania itp.

Co możemy mierzyć elektrycznie...

...prawie wszystko

- temperatura (termistor, termopara)
- siła, naprężenie (tensometr)
- ciśnienie (czujnik tensometryczny)
- przemieszczenie (potencjometr, transformator LVDT)
- przepływ (anemometr)
- prędkość
- przyspieszenie (akcelerometr)
- odległość
- wibracje (efekt piezoelektryczny)
- wilgotność
- skład chemiczny
-

Czujnik tensometryczny (ang. strain gauge)



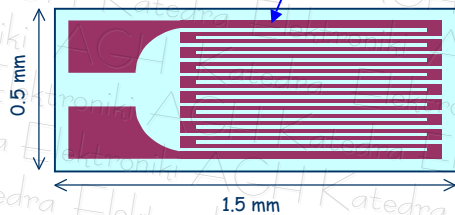
$$R = \frac{\rho \cdot l}{S}$$

$$\Delta R = \frac{\partial R}{\partial l} \Delta l + \frac{\partial R}{\partial S} \Delta S + \frac{\partial R}{\partial \rho} \Delta \rho$$

$$\frac{\Delta R}{R} = G_f \frac{\Delta l}{l}$$

Praktyczna realizacje
tensometr foliowy

folia ~5μm
Cu, Ni, Fe, Pt,...



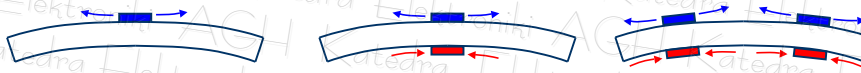
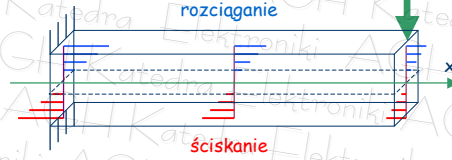
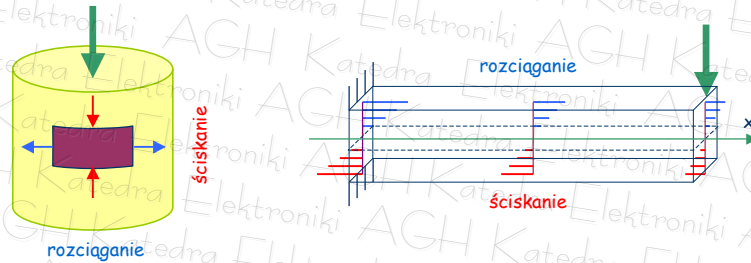
tensometr półprzewodnikowy



źródło: sensormag.com

$G_f \sim 100$ (Si)

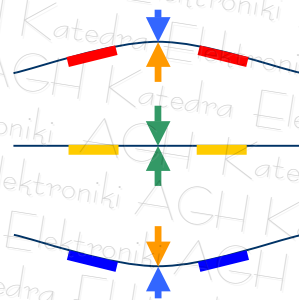
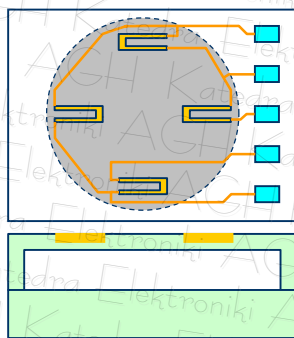
Pomiar odkształceń (sily, masy, ciśnienia, naprężeń...)



$$\frac{\Delta R}{R} = G_f \frac{\Delta l}{l} \Rightarrow \Delta R = R \cdot G_f \frac{\Delta l}{l}$$

$$\begin{aligned} \Delta l/l &\sim 0.4 \div 1\% \\ R &= 1 \text{ k}\Omega \\ \Delta R &\sim 4 \div 10 \Omega \end{aligned}$$

Przetwornik ciśnienia

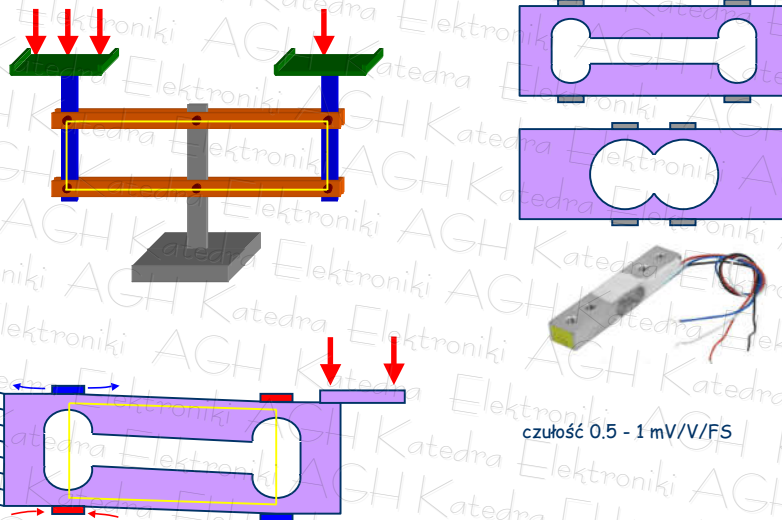


MPX2300 (Freescale)

czułość $5 \mu\text{V/V/mmHg}$
 $U_{FS} = 3 \text{ mV}$

Pomiar masy

mechanizm Roberval'a (Gilles Personne de Roberval, 1602-1675)



Pomiar temperatury

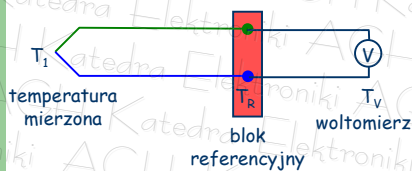
Termopara - efekt termoelektryczny

Efekt Seebecka (Thomas J. Seebeck, 1821)

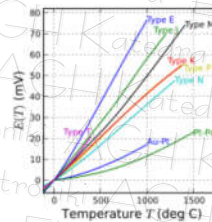
$$\Delta V = -S(T) \cdot \Delta T$$

$$V_T = \int_{T_2}^{T_1} (S_A(T) - S_B(T)) dT$$

Standardowy układ pomiarowy



$$V_T = \int_{T_R}^{T_1} (S_A(T) - S_B(T)) dT = E(T_1) - E(T_R)$$



Stosowane rozwiązania

- układ z „zimną termoparą”
- układ z kompensacją
- układ z „ciepłą termoparą” (rzadko używany)

Standardowe rodzaje termopar

typ	złącze	zakres [°C]	czułość [μV/°C]
K	chromel/alumel	-200 ÷ 1200	39
E	chromel/konstantan	0 ÷ 900	76
J	żelazo/konstantan	-200 ÷ 760	55
T	miedź/konstantan	-200 ÷ 400	45

Pomiar temperatury

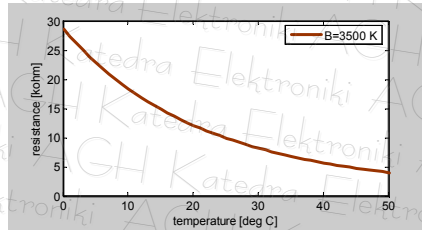
Termistor

Równanie Steinhart-Harta

$$a + b \ln R_T + c (\ln R_T)^3 = T^{-1}$$

Dla termistorów NTC

$$R_T = R_0 \exp \left[B \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right]$$

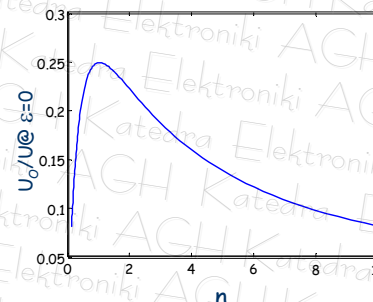
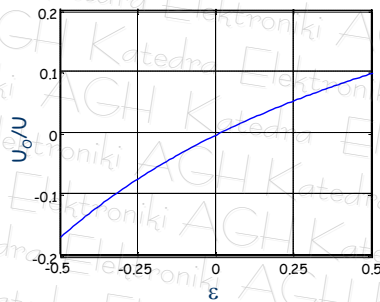
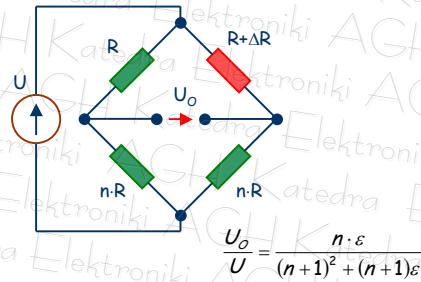
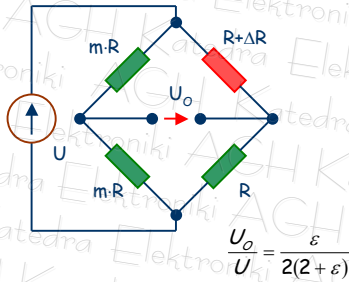


Czujnik rezystancyjny (Resistive thermometer detector RTD)
(William Siemens, 1871)

$$R_T = R_0 (1 + C_1 T + C_2 T^2 + C_3 T^3 + \dots)$$

Pt-100 sensor - 100 Ω @ 0°C; C₁ ~ 0.75 Ω/°C

Mostek niezrównoważony - problem liniowości



Linearyzacja układu mostkowego

