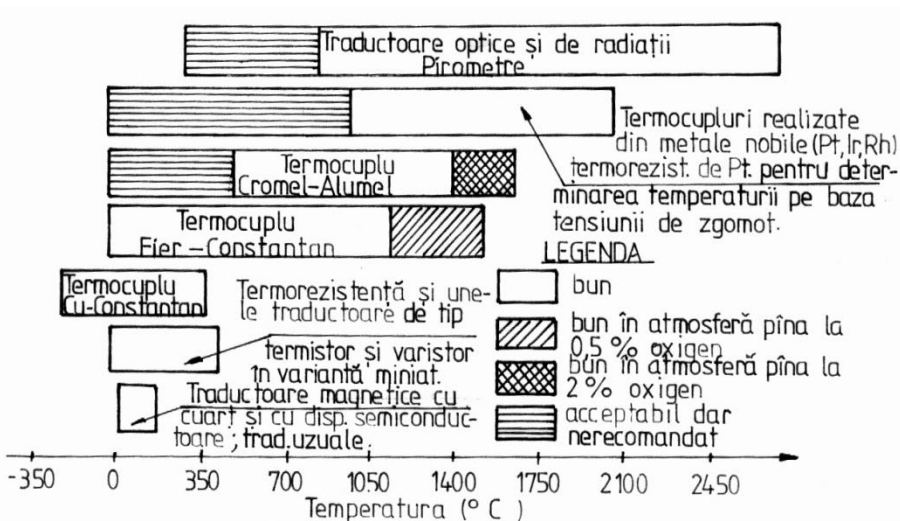


## Mărimi Neelectrice

- Mărimi mecanice:
  - Deplasare, viteză, accelerație, debit:
  - Nivel:
  - Masă
  - Forță
- Mărimi de mediu:
  - Temperatură:
  - Presiune:
  - Umiditate:
- Mărimi radiante:
  - Flux luminos
  - Radiație termică
- Mărimi chimice:
  - pH
- Mărimi magnetice

## Măsurarea temperaturii



Domenii de măsurare ale senzorilor de temperatură

## Măsurarea temperaturii - termorezistența

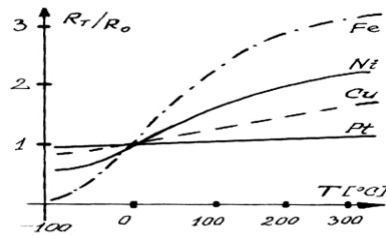
$$R_t = R_0[1 + At + Bt^2]$$

$R_t$  – rezistența la temperatura " $t$ ";

$R_0$  – rezistența la 0 °C;

$t$  – temperatura [°C];

$A, B$  - coeficienți



Tipul termo-rezistenței	Domeniul de temperatură [°C]	Ecuția $R_T = f(T)$	Caracteristici funcționale
Platină	-200 ... +600	$R_T = R_0[1 + \alpha(T - T_0) + \beta(T - T_0)^2]$	- liniaritate bună; - sensibilitate mică.
Cupru	-50 ... +200	$R_T = R_0[1 + \alpha(T - T_0)]$	- liniaritate bună; - sensibilitate mică, dar mai mare ca la Pt.
Nichel	0 ... +300	$R_T = R_0[1 + \alpha(T - T_0) + \beta(T - T_0)^2]$	- liniaritate destul de bună; - sensibilitate bună ( $\alpha, \beta$ , mare).
Fier	0 ... +200	$R_T = R_0[1 + \alpha(T - T_0) + \beta(T - T_0)^2]$	- liniaritate corespunzătoare în domeniu mic de temperatură; - sensibilitate foarte bună.

## Măsurarea temperaturii - termorezistența

- **STAS 8420-86:** termorezistență = termometru tehnic cu rezistență electrică

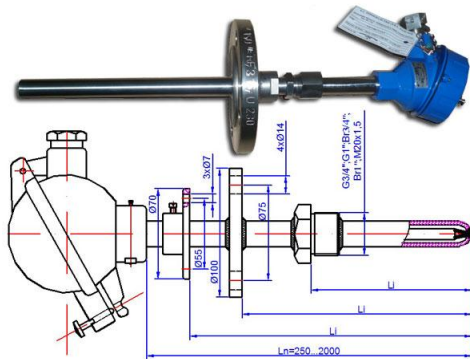
$$W_{100} = R_{100}/R_0 \quad \begin{cases} \square R_{100} - \text{rezistența la } 100 \text{ }^\circ\text{C}; \\ \square R_0 - \text{rezistența la } 0 \text{ }^\circ\text{C} \end{cases}$$

- Constanta de timp:
  - mică:  $\tau < 15 \text{ s}$
  - medie:  $15 \text{ s} < \tau < 90 \text{ s}$
  - mare:  $\tau > 90 \text{ s}$
- Elemente componente:
  - Senzor (element sensibil) – fir metalic, bobinat pe un suport izolator;
  - Cutie de conexiuni
  - Teacă de protecție
- Codificare (sursa: CAOM s.a. Pașcani, România)

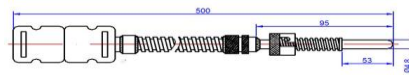
$$TR - \frac{XX}{a} \cdot \frac{X}{b} \cdot \frac{XX}{c} \cdot \frac{X}{d} \cdot \frac{X}{e} \cdot \frac{X}{f} \cdot \frac{X}{g} \cdot \frac{X}{h}$$

- a - tip și clasă de precizie
- b - caracteristici senzor
- c - caracteristici teacă de protecție
- d - material teacă de protecție
- e - domeniu de măsurare
- f - dispozitiv de fixare
- g - lungime de imersie,  $L$ ,
- h - execuție și protecție climatică

## Măsurarea temperaturii - termorezistențe



Termorezistență normală.  
Sursa: [www.termoelectric.ro](http://www.termoelectric.ro)



Termorezistențe miniaturale.  
Sursa: [www.termoelectric.ro](http://www.termoelectric.ro)



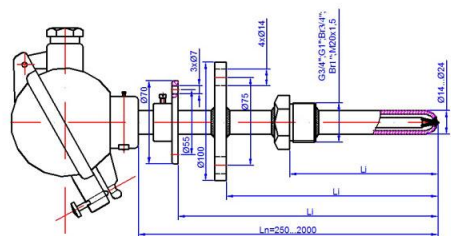
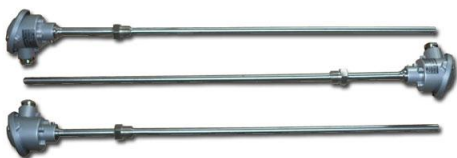
Termorezistență cu adaptor integrat.  
Sursa: [www.termoelectric.ro](http://www.termoelectric.ro)

## Măsurarea temperaturii - termocuplu

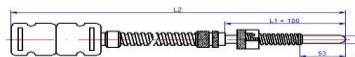
- Termocuplu = ansamblu de 2 termoelectrozi din metale sau aliaje diferite;
- Aliaje:
  - Alumel = Al + Mn + Ni + Si
  - Constantan = Cu (55%) + Ni (45%)
  - Copel = Cu (~56%) + Ni (~43%) + Mn (~0,5%)
  - Cromel = Ni (60...80%) + Cr (16%) + Fe (2%) + Mn (1%)

Tip termocuplu	Domeniu de utilizare [°C]	Precizie [%]	Material fire conexiuni	
			Borna pozitivă	Borna negativă
Platină-Rhodi- Platină	-50 ... +600	0,2 ... 0,5	platină-rhodi	platină
Cromel-Alumel	-50 ... +900	0,5 ... 1,0	cupru	constantan
Cromel-Copel	-50 ... +600	0,5 ... 1,0	cromel	copel
Fier-Copel	-50 ... +600	0,5 ... 1,0	fier	copel
Cupru-Copel	-50 ... +350	0,5 ... 1,0	cupru	copel
Fier-Constantan	-50 ... +500	0,5 ... 1,0	fier	constantan
Cupru-Constantan	-50 ... +500	2,0	cupru	constantan

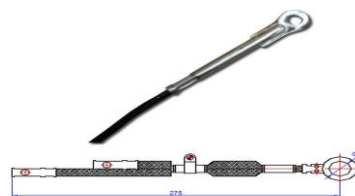
## Măsurarea temperaturii - termocupluri



Termocupluri normale.  
Sursa: [www.termoelectric.ro](http://www.termoelectric.ro)



Termocuplu miniatural.  
Sursa: [www.termoelectric.ro](http://www.termoelectric.ro)

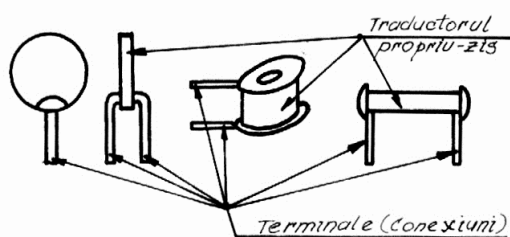


T 08.7.43.1.1 (4+7), 1.1.

Termocuplu de suprafață.  
Sursa: [www.termoelectric.ro](http://www.termoelectric.ro)

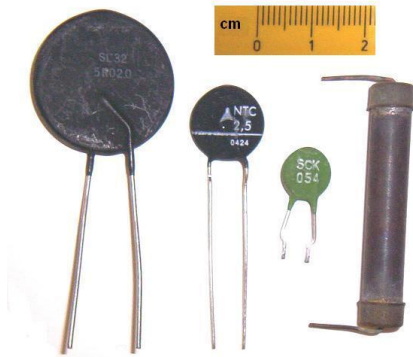
## Măsurarea temperaturii - termistor

- Termistor = amestecuri de oxizi de nichel, mangan, cobalt, titan, și alte metale sinterizate la temperaturi de peste 1 000 °C;
- Forme constructive: măreaga, șaibă, disc, cilindru, etc.



Forme constructive ale termistorilor

## Măsurarea temperaturii - termistori



Termistori



Termistori perlă



Termistor șurub

## Măsurarea presiunii

$$p = \frac{F}{S}$$

- p – presiunea
- F – forța normală
- S – suprafața

- unități de măsură:

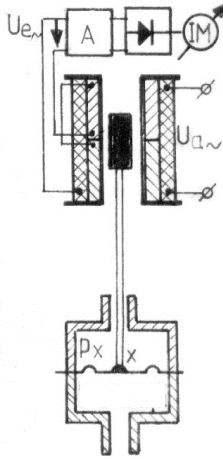
- SI:  $1 \text{ Pa} = \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ m}^2}$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

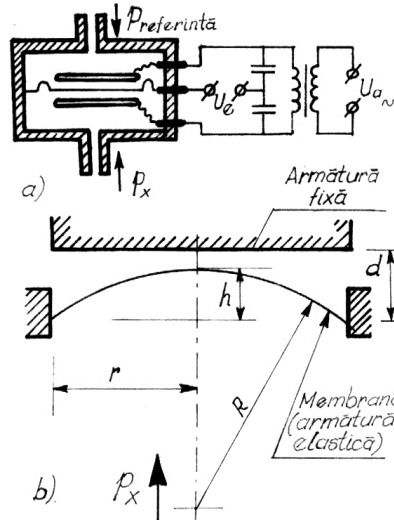
$$P_{\text{absoluta}} = P_{\text{atmosferică}} + P_{\text{relativa}}$$

- presiunea atmosferică standard la nivelul mării = 101 325 kPa (20°C)
- 100 000 Pa = 750 mmHg

## Senzori de presiune



Balanță de presiune cu senzor inductiv diferențial



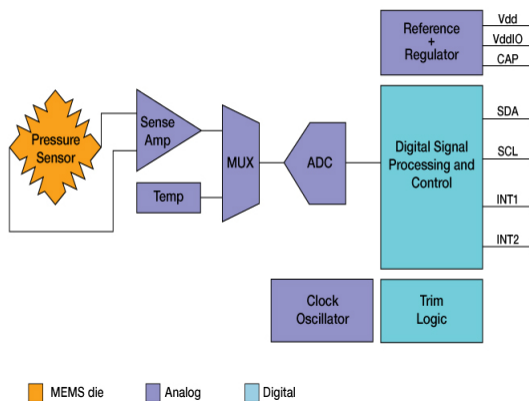
Senzor capacitiv cu membrană elastică

## Măsurarea presiunii – senzori rezistivi



Senzor de presiune rezistiv  
(10 g ... 10 kg; 3 kΩ ... 2 MΩ)  
Sursa: [www.germanelectronics.ro](http://www.germanelectronics.ro)

MPL3115A2 Pressure Sensor Block Diagram



MEMS die Analog Digital

Circuit de măsurare pentru senzori de presiune.  
Sursa: [www.freescale.com](http://www.freescale.com)

## Măsurarea presiunii – tubul pitot

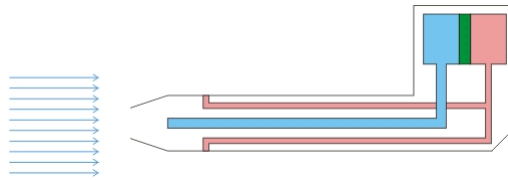
- ecuația lui Bernoulli:

$$p_{\text{tot}} = p_{\text{stat}} + p_{\text{din}} = p_{\text{st}} + \rho \frac{v^2}{2}$$

- $p_{\text{tot}}$  – presiune totală
- $p_{\text{stat}}$  – presiune statică
- $p_{\text{din}}$  – presiune dinamică
- $\rho$  – densitate fluid
- $v$  – viteză fluid

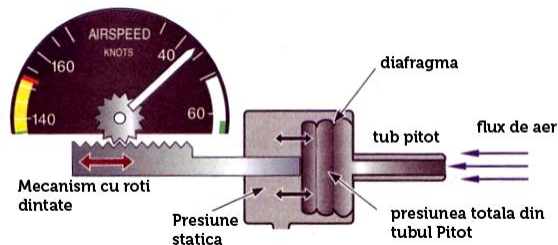
- viteza fluidului:

$$v = \sqrt{\frac{2(p_{\text{tot}} - p_{\text{stat}})}{\rho}}$$



Principiul tubului pitot:  
 - presiune totală;  
 - presiune statică;  
 - senzor presiune diferențial

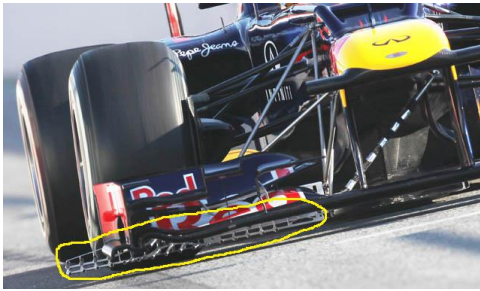
## Măsurarea presiunii – tub pitot



Măsurarea vitezei avioanelor cu tub pitot.  
 Sursa: <http://pilotmagazin.ro>



## Măsurarea presiunii – tub pitot



Matrice de tuburi pitot pentru teste.  
Sursa: www.racecar-engineering.com



Matrice de tuburi pitot pentru teste.  
Sursa: www.racecar-engineering.com

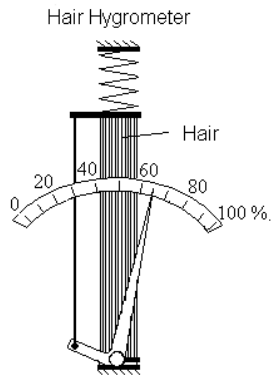
## Măsurarea umidității

- **Umiditate** = cantitatea de apă conținută într-un eșantion:
  - Umiditate aer (humidity)
  - Umiditate solide (moisture)
- **Umiditate aer:**
  - umiditate absolută = masa de vapori de apă raportată la masa de aer, ambele exprimate în aceleași unități de măsură;
  - umiditate relativă = raportul (de obicei în procente), între presiunea parțială a vaporilor de apă și presiunea vaporilor de apă saturați din aceeași cantitate de aer, la o anumită temperatură
- **Umiditate solide:**
  - raport între conținutul de apă și materialul umed, respectiv conținutul de apă și materialul uscat

$$u = \frac{m_{\text{apa}}}{m_{\text{total}}} \times 100 \quad [\%] \qquad u = \frac{m_{\text{apa}}}{m_{\text{total}} - m_{\text{apa}}} \times 100 \quad [\%]$$



## Măsurarea umidității – senzori



Humid air causes the hair to stretch and dry air causes it to shrink.

*Higrometru cu fire de păr*



*Senzor de umiditate cu  
măsurarea impedanței:  
20% ... 98% rH,  
1,5 kΩ ... 3 MΩ  
Sursa: [www.conrad.com](http://www.conrad.com)*

## Măsurarea umidității – senzori



*Senzor de umiditate rezistiv:  
30% ... 98% rH  
1 ... 1 429 kΩ  
Sursa: [www.bb-sensors.com](http://www.bb-sensors.com)*



*Senzor de umiditate capacitiv:  
300 pF / 30% rH  
Sursa: [www.rbbensors.com](http://www.rbbensors.com)*