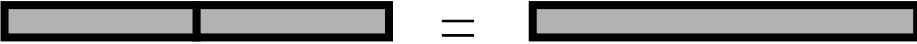
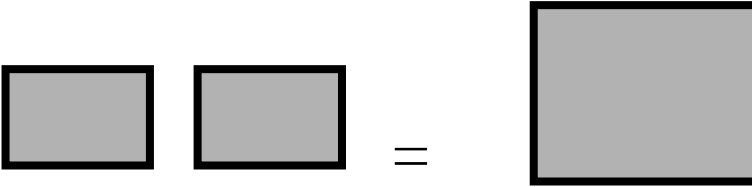



Natura della temperatura

Grandezze fondamentali :

Lunghezza [m]: 
 $1\text{m} + 1\text{m} = 2\text{m}$

Massa [kg]: 
 $1\text{kg} + 1\text{kg} = 2\text{kg}$

Tempo [s]: 
 $1\text{h} + 1\text{h} = 2\text{h}$

Nel caso della temperatura, se si hanno due corpi a temperatura 100 k non si ottiene un corpo equivalente a 200 k, bensì uno stato di EQUILIBRIO TERMICO (stato in cui le grandezze termodinamiche sono costanti)

Dunque, per la misura della temperatura, non si impiegano dei campioni di confronto, bensì si fissano:

- dei punti fissi
- si interpola con delle leggi fisiche tra detti punti

Scala Internazionale Pratica della Temperatura:

Definizione dei punti di taratura: (ad esempio alcuni)

- punto triplo H ₂ O	273,16 K
- punto di solidificazione Zinco	692,74 K
- punto di solidificazione Argento	1235,09 K
- punto di solidificazione Oro	1337,59 K

Leggi di interpolazione: (alcuni strumenti definiti dalla normativa)

campo di temperatura	strumento	legge seguita
13 k ... 900 k	PT100	variazione della resistenza
900 k ... 1330 k	termocoppia	variazione della tensione
> 1330 k	Pirometro	variazione della radiazione emessa

Misura della temperatura tramite PT100

La variazione di resistenza nei metalli varia in maniera riproducibile con la temperatura. Dunque è possibile utilizzare Platino di resistenza 100Ω a $0 \text{ }^\circ\text{C}$ (da cui il nome dello strumento PT100), oppure nikel, rame, etc.

Tale fenomeno è dovuto alla agitazione del reticolo dei metalli che provoca una maggiore probabilità di impatto degli elettroni che fluiscono come corrente elettrica e dunque un incremento del cammino medio degli elettroni. Poiché la resistenza di un conduttore è direttamente proporzionale alla lunghezza del conduttore stesso, il fenomeno dell'agitazione termica proporzionale alla temperatura spiega la correlazione tra resistenza e temperatura stessa.

Leggi di interpolazione:

-200 °C ... 0 °C

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

0°C ... 900 °C

$$R(T) = R_0 [1 + A T + B T^2]$$

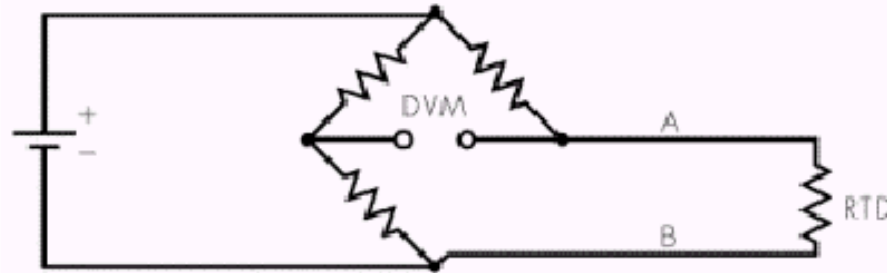
la resistenza è espressa in °C; R_0 è la resistenza a 0 °C

Costruzione del trasduttore:

un filo di platino avente resistenza pari a 100 Ω a 0 °C viene avvolto a spirale attorno ad un supporto che si può adattare ad essere incollato su superfici (nel caso di misura della temperatura superficiale), ad essere infilato dentro fori cilindrici (nel caso della misura di temperature interne), oppure ad essere in contatto con un gas.

Nel caso della misura di tipo industriale il filo viene immerso in polvere di Allumina e protetto con Ceramica.

Modalità di lettura delle termoresistenze



Collegamento a 2 fili

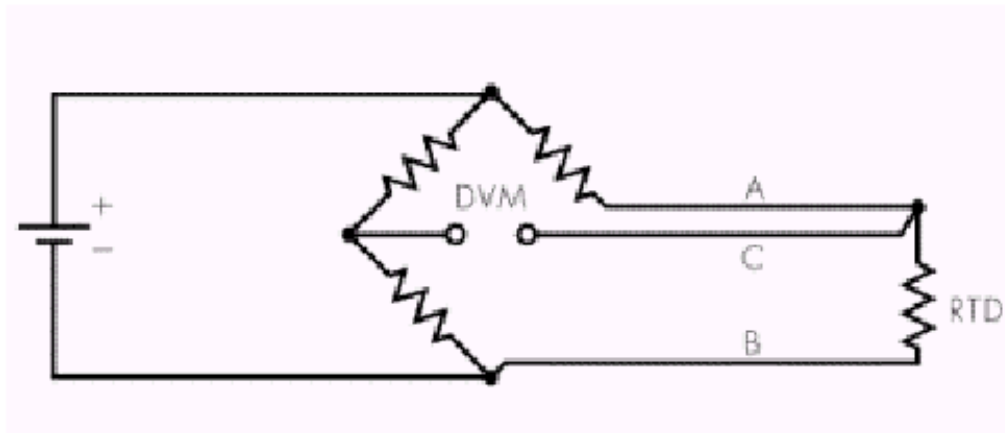
RTD

Resistance Temperature
Device

La tecnica a due fili è la meno accurata e viene utilizzata solo nei casi in cui il collegamento della termoresistenza viene effettuato con fili di lunghezza ridotta e con bassa resistività;

infatti esaminando il circuito elettrico equivalente, si nota come la resistenza elettrica misurata sia la somma di quella dell'elemento sensibile (e quindi dipendente dalla temperatura che si sta misurando) e della resistenza dei conduttori utilizzati per il collegamento.

L'ingresso di disturbo introdotto con questo tipo di misura non è costante ma dipende dalla temperatura.



Collegamento a 3 fili

RTD

Resistance Temperature
Device

Grazie alla incertezza contenuta ottenibile nella misura, la tecnica a tre fili è la più utilizzata in campo industriale.

Con questa tecnica di misura infatti vengono eliminati gli effetti dei disturbi provocati dalla resistenza dei conduttori impiegati per il collegamento della termoresistenza;

infatti all'uscita del ponte di misura è presente una tensione dipendente unicamente dalla variazione della resistenza del termometro a resistenza e quindi dalla sola temperatura.

I 3 cavi devono essere “uguali”

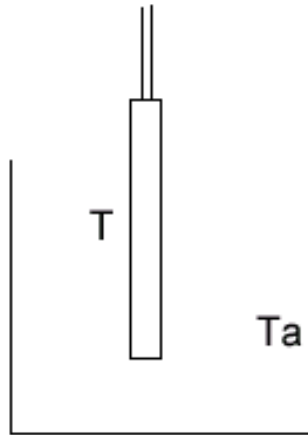
Effetti dinamici nella misura della temperatura

La resistenza elettrica del trasduttore costituito dal filo avvolto in platino e dalla protezione di allumina e ceramica (ed eventuali guaine metalliche aggiuntive) non varia in maniera istantanea al variare della temperatura del misurando.

Le leggi che regolano tale variazione riguardano le **caratteristiche dinamiche** del trasduttore.

Per ricavare il modello matematico delle sonde di temperatura occorre eguagliare la variazione di energia termica posseduta dalla sonda (proporzionale al calore specifico, alla massa ed alla temperatura in K) alla potenza termica dovuta allo scambio di calore con il misurando (proporzionale all'area di contatto, al coefficiente di scambio termico ed alla differenza di temperatura tra misurando e sonda):

Modello dinamico delle sonde di temperatura



$$m \cdot c \cdot \frac{dT_m}{dt} + \alpha \cdot A \cdot (T_m - T_0) = 0$$

$T_m = g_u(t)$ = temperatura misurata;

$T_0(t) = g_i(t)$ = temperatura dell'ambiente da misurare;

m = massa;

c = calore specifico;

A = superficie della giunzione;

α = coefficiente di convezione.

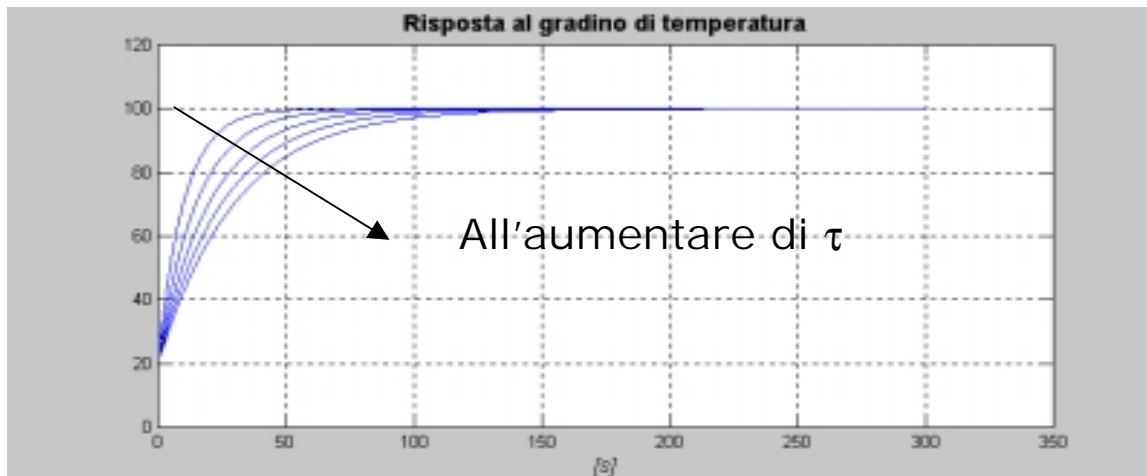
La costante di tempo del sensore risulta:

$$\tau = \frac{m \cdot c}{\alpha \cdot A}$$



Risposta al gradino :

$$T_m(t) = (T_0 - T_a) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + T_a$$



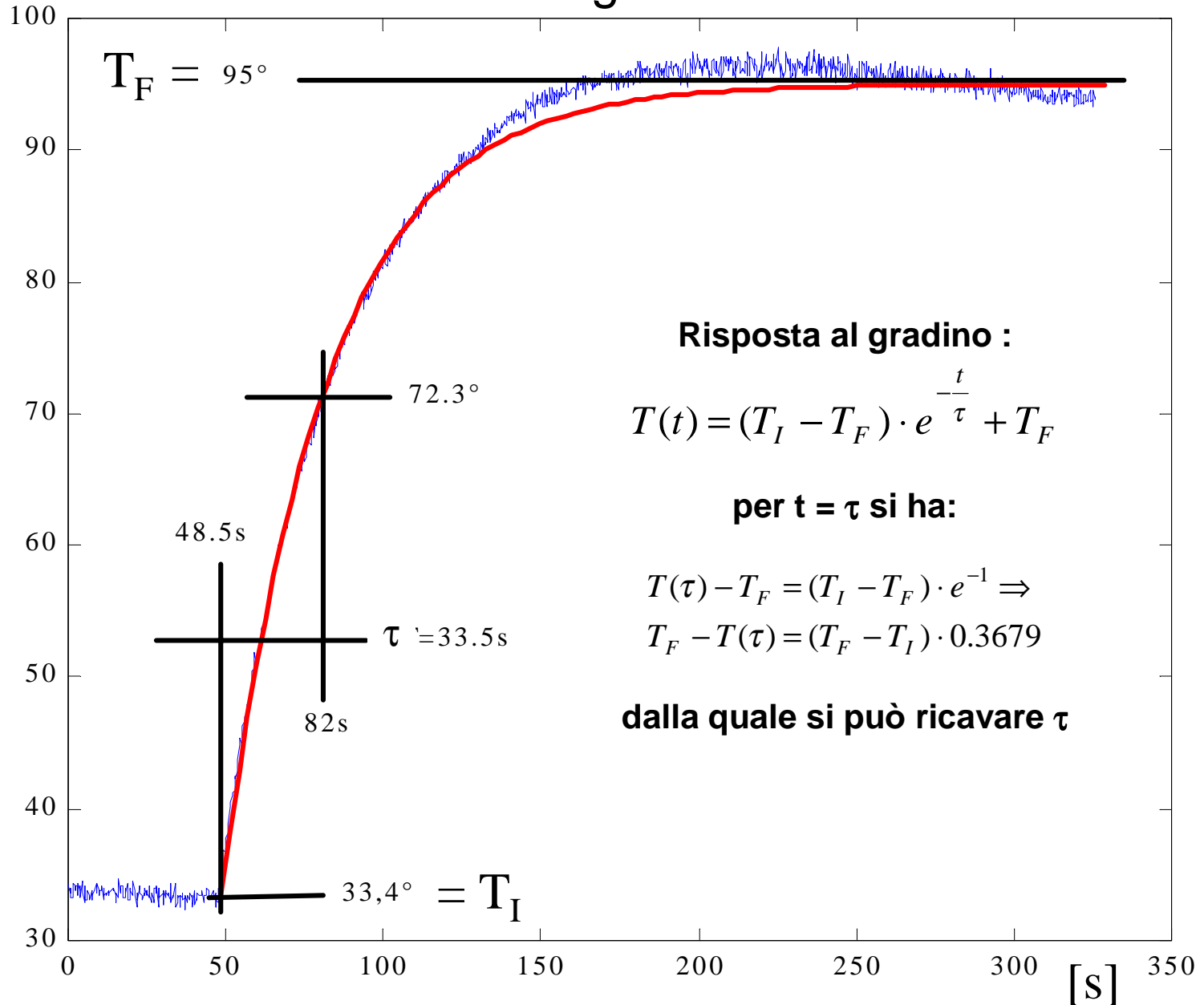
Taratura dinamica PT100

Effettuare la taratura dinamica vuol dire ricavare il parametro τ del modello dinamico (analogamente al caso statico in cui si ricavano i parametri del modello statico quale ad esempio la sensibilità).

Esistono due metodologie:

1. metodo grafico (intercetta nell'istante $t_0 + \tau$)
2. per interpolazione sulla scala logaritmica

Metodo grafico



Risposta ad un ingresso a gradino

Per un ingresso a gradino da T_{amb} a T_0 si ha la seguente evoluzione temporale

$$T_m(t) = (T_{amb} - T_0) \cdot e^{-t/\tau} + T_0$$

dove T_{amb} è la temperatura iniziale dello strumento.

Lo strumento arriverà alla T_0 in maniera più o meno rapida a seconda del valore della costante di tempo.

Per la determinazione sperimentale della costante di tempo τ dall'ultima relazione si ottiene (dopo aver applicato l'operatore logaritmo naturale ad ambo i lati dell'eguaglianza):

$$\ln\left(\frac{T_m(t) - T_0}{T_{amb} - T_0}\right) = -\frac{t}{\tau} \quad \text{Posto} \quad \ln\left(\frac{T_m(t) - T_0}{T_{amb} - T_0}\right) = X(t) \quad \text{e} \quad -\frac{1}{\tau} = A$$

Si ottiene l'equazione di una retta

$$X(t) = A \cdot t$$

Si traccia quindi un grafico che riporta in ordinata

$$\ln\left(\frac{T_m(t) - T_0}{T_{amb} - T_0}\right) = X(t)$$

Ed in ascissa t

Passa per l'origine

