

## NOTE SULLE MISURE DI TEMPERATURA

In generale, le misure di temperatura possono essere eseguite o con sonde a mano o con sensori all'infrarosso (senza contatto).

Nelle misure tradizionali con sonde manuali, il sensore più usato nell'industria è la termocoppia K (NiCr-Ni) sia per la scala abbastanza ampia (fino ad oltre 1000°C) sia per la possibilità di realizzare sonde fisicamente molto piccole, quindi con tempi di risposta molto rapidi (anche <1sec); ciò è utile specialmente per le misure a contatto.

**Le termocoppie** sono realizzate saldando due fili di metalli diversi: per l'effetto termoelettrico ai capi liberi dei 2 fili si stabilisce una piccola tensione, che dipende dal tipo dei metalli e dalla differenza di temperatura tra la giunzione (giunto caldo) ed i capi liberi (giunto freddo) .

Le Norme DIN/IEC 584-2 danno le seguenti precisioni per le termocoppie:

Classe 1:  $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$  oppure  $\pm 0,004x | t |$  (da -40 a +1000°C)

Classe 2:  $\pm 2,5^{\circ}\text{C}$  oppure  $\pm 0,0075x | t |$  (da -40 a +1200°C)

**Termoresistenze:** qualora siano richieste precisioni maggiori di quelle ottenibili con sonde NiCr-Ni, si può optare per sonde Pt100. Le sonde PT100 sono costituite da un piccolo avvolgimento in Platino, la cui resistenza elettrica (100 Ohm a 0°C) varia in funzione della temperatura. Avendo il sensore dimensioni di alcuni mm, la velocità di risposta risulta più lunga rispetto alle termocoppie che sono puntiformi.

Tabelle delle precisioni per Pt100, in accordo con DIN/IEC 751.				
Campo	Massima deviazione			
	Classe B	Classe A	1/3 DIN	1/5 DIN
-200...+200	$\pm 1,3^{\circ}\text{C}$	$\pm 0,55^{\circ}\text{C}$	$\pm 0,43^{\circ}\text{C}$	$\pm 0,26^{\circ}\text{C}$
-100...+100	$\pm 0,8^{\circ}\text{C}$	$\pm 0,35^{\circ}\text{C}$	$\pm 0,27^{\circ}\text{C}$	$\pm 0,16^{\circ}\text{C}$
a 0 °C	$\pm 0,3^{\circ}\text{C}$	$\pm 0,15^{\circ}\text{C}$	$\pm 0,1^{\circ}\text{C}$	$\pm 0,06^{\circ}\text{C}$

**Termistori NTC** (negative temperature coefficient): questi sensori hanno valori resistivi più alti rispetto alle termoresistenze (10K a 25°C). Nella misura delle temperature si sfrutta il loro coefficiente negativo, cioè la resistenza interna diminuisce al salire della temperatura. Hanno un campo di utilizzo limitato come scala di temperature.

Le precisioni per i sensori NTC sono come segue:

$\pm 0,4^{\circ}\text{C}$  da -20°C a 0°C  
 $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$  da 0°C a +70°C  
 $\pm 0,6^{\circ}\text{C}$  da +70 a +125°C

### Notazioni pratiche sulle misure di temperatura

Le misure a contatto sono le più difficili, in quanto la trasmissione del calore dalla superficie in misura alla punta della sonda risulta spesso problematica per l'accoppiamento tra le due superfici; potendo, per temperature <200°C e laddove non porti danno, si può utilizzare una goccia di pasta termica che trasforma la misura a contatto in una più facile misura ad immersione, in quanto la massa della pasta si porta alla stessa temperatura del materiale da misurare.

Risultati migliori e più rapidi si ottengono usando punte in cui la termocoppia è sotto forma di piccola molla, con bassa inerzia termica e migliore accoppiamento con la superficie in misura.

Le misure in aria o in liquidi sono le più semplici in quanto la sonda è tutta circondata da fluido alla temperatura da misurare e la trasmissione è ideale; per risposte più veloci, bisogna impiegare punte più piccole.

Sui cataloghi delle varie sonde, spesso viene indicata la caratteristica **T90**: è il tempo di risposta della sonda per arrivare al 90% del valore finale di temperatura.

Per i materiali che presentano buona emissività (non i metalli riflettenti), si possono usare **termometri all'infrarosso**, che hanno il vantaggio di effettuare misure senza contatto; bisogna tuttavia avere presenti alcuni accorgimenti per avere misure corrette. (vedere più avanti).

## Strumenti di misura

Tutti gli strumenti della serie ALMEMO (v. sezione strumenti ALMEMO) possono essere usati per le misure di temperatura; a seconda delle necessità sono disponibili strumenti a più canali, con e senza memoria, con varie funzioni.


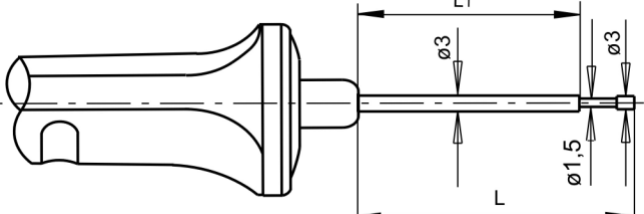
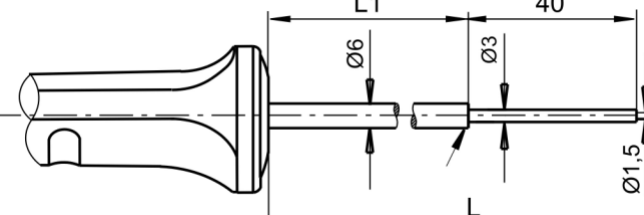
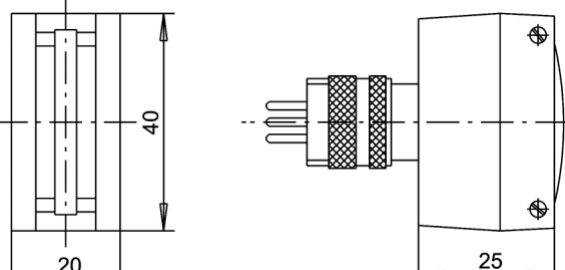
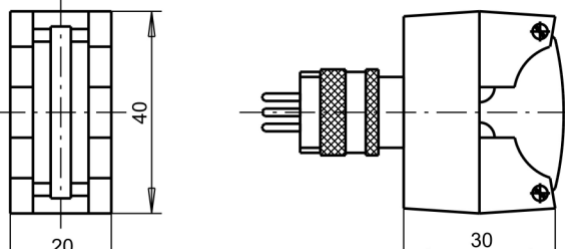
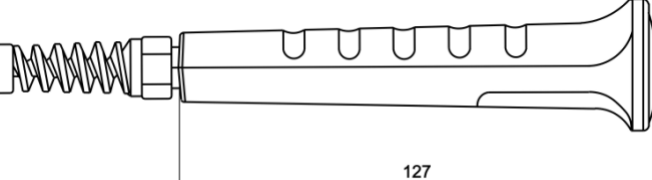
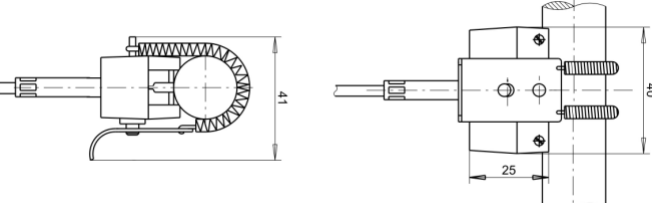
### Alcune sonde per la misura di temperatura

Il catalogo sonde di temperatura è molto vasto; qui di seguito vengono elencate alcune delle più comuni.

E' possibile avere anche sonde su disegno.

### Misure a contatto

<b>FTA153</b> Tipo sensore: NiCr/Ni, classe 2 Campo misura: -200...+250°C T90= 1,5 sec cavo: 1,5 m PVC impugnatura: 127 mm L= 100 mm : FTA153L0100H	
---	--

<p>L= 200 mm : FTA153L0200H</p> <p><b>FTA109P</b>  Tipo sensore: NiCr/Ni, classe 2  Campo misura: -50...+500°C  T90= 1 sec  cavo: 1,5 m PVC  L= 180 mm ; Diam. testa=15 mm</p>	
<p><b>FTA122</b>  Tipo sensore: NiCr/Ni, classe 1  Campo misura: -200...+400°C  T90= 3 sec  cavo: 1,5 m PVC  impugnatura: 127 mm  L= 30 mm : FTA1201  L= 150 mm : FTA1202</p>	
<p><b>FTA150</b>  Tipo sensore: NiCr/Ni, classe 1  Campo misura: -200...+800°C  T90= 3 sec  impugnatura: 127 mm  cavo: 1,5 m PVC  L= 350 mm : FTA150L0350H  L= 700 mm : FTA150L0700H</p>	
<p><b>FT 9306</b>  <i>testa di misura (connettore circolare) da montare su impugnatura (v.sotto)</i>  Tipo sensore: NiCr/Ni, classe 2  T90= 3 sec  FT9306BG con campo mis. -50...+150°C  FT9306TG con campo mis. -50...+220°C</p>	
<p><b>FT 9307</b>  <i>testa di misura (connettore circolare) da montare su impugnatura (v.sotto)</i>  Tipo sensore: NiCr/Ni, classe 2  T90= 3 sec  FT9307BG con campo mis. -50...+150°C  FT9307TG con campo mis. -50...+220°C</p>	
<p><b>HTA301G</b>  impugnatura per sonde HT 9306 e 9307  lunghezza impugnatura: 127 mm  cavo: 1,5 m PVC</p>	
<p><b>FTA8068 (misure su tubi)</b>  Tipo sensore: NiCr/Ni, classe 2  Campo misura: -50...+120°C  T90= 3 sec  cavo: 1,2 m PVC  con molla di fissaggio su tubi diametro 12...25 mm</p>	

**FTx683 (misure a parete)**

Tipo sensore: NiCr/Ni, classe 2

Campo misura: -100...+200°C

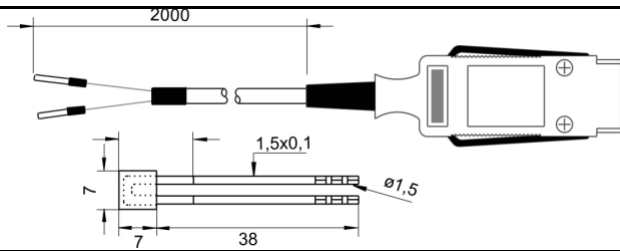
T90= 2 sec

FT0683 con terminali liberi



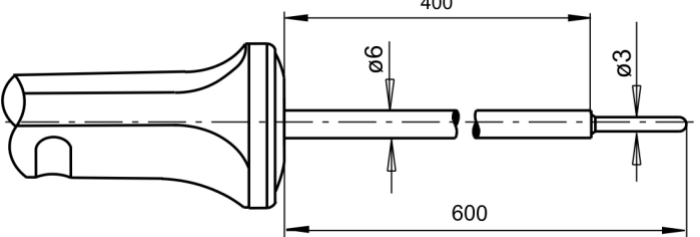
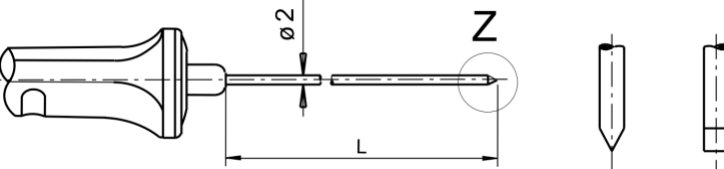
FT96832 con microconnettori per cavo (v.sotto)

ZTA683AK cavo 2m con pins e connettore

ALMEMO



## Sonde in aria / immersione

<p><b>FTA15P</b>            Tipo sensore: NiCr/Ni, classe 1            Campo misura: -200...+1100°C (in punta)            T90= 1,5 sec            dimensioni punta: L= 200 mm; F=1,5 mm, inconel            cavo: 1,4 m teflon/silicone</p>	
<p><b>FPA32P</b>            Tipo sensore: Pt100, classe B            Campo misura: -70...+500°C            T90= 10 sec            dimensioni punta: L= 200 mm; F= 2,8 / 3,2 mm            cavo: 1,4 m teflon/silicone</p>	
<p><b>FTA126L0600H</b>            Tipo sensore: NiCr/Ni, classe 1            Campo misura: -200...+900°C inconel            T90= 2,5 sec            dimensioni punta: F3 x 600 mm (rinforzo F6 mm)            cavo: 1,5 m teflon/silicone</p>	
<p><b>FTA123LxxxH (a penetrazione)</b>            Tipo sensore: NiCr/Ni, classe 1            Campo misura: -200...+800°C            T90= 3 sec            impugnatura: 127 mm            cavo: 1,5 m teflon/silicone  <b>FTA123L0050H</b> : L= 50 mm  <b>FTA123L0100H</b> : L= 100 mm</p>	

## Misure di temperatura con termometri all'infrarosso

Le misure con sonde ad infrarossi presentano molti vantaggi e talvolta assolvono compiti impossibili per i convenzionali termometri. Ad esempio:

- misure di temperature molto alte inadatte per le termocoppie
- misure su oggetti che non si possono toccare perchè in movimento, con vernice fresca, in tensione, da non contaminare, ecc
- misure su superfici a bassa conduzione termica e corpi con bassa capacità termica
- misure su punti poco accessibili (es: tubazioni in alto)

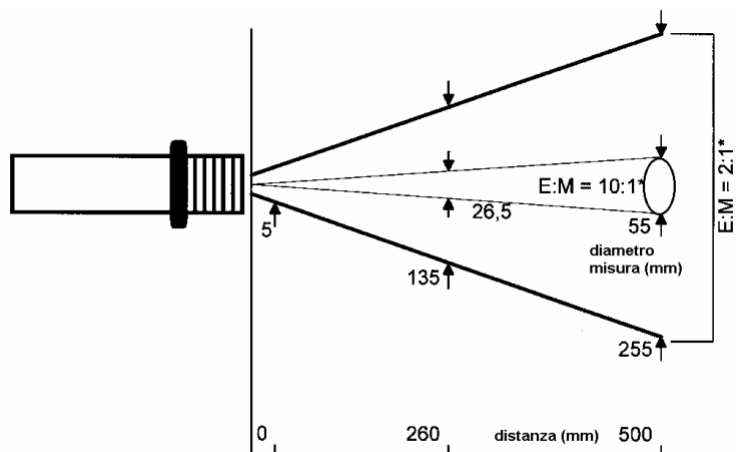
A fronte di tutti questi vantaggi, cui si può anche aggiungere la rapidità di risposta, si deve tenere presente però una maggiore complessità nella preparazione della misura. In particolare, si deve anzitutto accordare la **emissività** del materiale con la sensibilità dell'apparecchio di misura; inoltre si deve tenere presente la **dimensione del bersaglio** in funzione della distanza.

Per le sonde ad infrarossi in impianti fissi si devono poi tenere presenti in più alcuni accorgimenti per preservare la elettronica di misura da temperature troppo alte, fumi che possano sporcare l'ottica, disturbi provenienti da riflessioni o sorgenti di calore diverse dalla fonte di calore che si intende misurare.

Vediamo più in dettaglio questi punti:

### Dimensione del bersaglio in funzione della distanza (ottica dell'apparecchio):

il termometro all'infrarosso, attraverso un sistema ottico di misura, cattura l'energia emessa da una zona circolare sulla superficie in misura. Pertanto la zona da misurare deve essere sempre più grande di tale cerchio di misura: diversamente lo strumento farà una media tra la temperatura che vogliamo misurare e quella della superficie che sta dietro. La zona circolare di misura normalmente sarà tanto più grande quanto più ci si allontana, secondo un cono di misura definito dal rapporto tra la distanza di misura e il diametro del cerchio di misura. Ogni strumento è corredato dal suo diagramma ottico di misura, del tipo di quello qui a lato



*Ottica 2:1. Ad es: alla distanza di 260 mm si misura in un cerchio di F 135 mm, mentre a distanza 500 mm si misura su F 255 mm*

**Emissività:** ogni corpo ad una certa temperatura al disopra dello zero assoluto emette radiazioni infrarosse, proporzionalmente alla sua temperatura. Queste radiazioni hanno una lunghezza d'onda tra 0,7 e 20 micron , sono al di sotto del rosso e risultano invisibili all'occhio umano. Le radiazioni emesse da un corpo caldo hanno quindi una lunghezza d'onda variabile in proporzione della temperatura, per cui il termometro ad infrarossi capta questa lunghezza d'onda e ne ricava la temperatura. La emissività di un corpo indica quanta energia infrarossa viene assorbita od emessa per radiazione: la emissività varia tra 1 (massimo assorbimento/emissione del "corpo nero") e 0 (nessun assorbimento/emissione, cioè massima riflessione del corpo in esame). La emissività dipende dal tipo di materiale, dallo stato superficiale (liscio, lucido, rugoso, opaco) e dal colore. Una superficie annerita con nerofumo può essere qualcosa che si avvicina molto al corpo nero ideale, mentre un cilindro inox lucidato è un corpo che riflette quasi tutta l'energia radiante (specchio ideale). Quindi , dato che alla stessa temperatura i corpi diversi dal corpo nero emettono meno energia, bisogna impostare sull'apparecchio di misura il fattore di emissività in modo che lo stesso possa tenere conto del fatto che l'energia infrarossa ricevuta proviene da un corpo più o meno emittente. Esistono tabelle che danno i valori di emissività per i vari tipi di materiale.

## TABELLA DEI VALORI TIPICI DI EMISSIVITA'

<b>METALLI</b>	<b>Emissività</b>		<b>Emissività</b>
Acciaio, Laminato a freddo	0,7 - 0,9	Haynes	0,3 - 0,8
Lamiera molata	0,4 - 0,6	Inconel, Ossidato	0,7 - 0,95
Lamiera levigata	0,1	Sabbiato	0,3 - 0,6
Ossidato	0,7 - 0,9	Molibdeno, Ossidato	0,2 - 0,6
Inossidabile	0,1 - 0,8	Nickel, Ossidato	0,2 - 0,5
Alluminio Ossidato	0,2 - 0,4	Ottone, Brunito	0,3
Lega A3003, Ossidata	0,3	Ossidato	0,5
Ruvida	0,1 - 0,3	Piombo, Ruvido	0,4
Ferro, Ossidato	0,5 - 0,9	Platino, Nero	0,9
Arrugginito	0,5 - 0,7	Rame, Ossidato	0,4 - 0,8
Ferro, Fucinato	0,9	Titanio, Ossidato	0,5 - 0,6
Ghisa, Ossidata	0,6 - 0,95		
Non Ossidata	0,2		
<b>NON-METALLI</b>			
Acqua	0,93	Gesso	0,8 - 0,95
Argilla	0,95	Ghiaccio	0,98
Asbesto	0,95	Ghiaia	0,95
Asfalto	0,95	Gomma	0,95
Basalto	0,7	Legno, Naturale	0,9 - 0,95
Calcare	0,98	Neve	0,9
Carbonio Non Ossidato	0,8 - 0,9	Plastica ( opaca, ≥ 20 mils )	0,95
Grafite	0,7 - 0,8	Sabbia	0,9
Carborundum	0,9	Suolo	0,9 - 0,98
Carta ( qualsiasi colore )	0,95	Tessuto	0,95
Cemento	0,95	Vernice ( non Alluminio)	0,8 - 0,95
Ceramica	0,95	Vetro	0,85

### Alcuni termometri portatili all'infrarosso

Caratteristiche principali:

- MR781120B: scala -32°C+400°C; ottica 12:1, emissività fissa 0.95; laser singolo; display retroilluminato
- MR781125: scala -32°C+535°C; ottica 12:1, emissività fissa 0.95; laser doppio; display retroilluminato
- MR781145B: scala -32°C+600°C; ottica 30:1; emissività regolabile; laser extraluminoso; memoria 12 punti
- MR781150B: scala -32°C+760°C; ottica 50:1; emissività regolabile; laser extraluminoso; memoria 12 punti





*Termometro all'infrarosso portatile MR781430B, con fotocamera digitale integrata, con la quale si possono memorizzare foto digitali con associate informazioni quali: temperatura, data ed ora più altre notazioni definibili dall'utilizzatore. Ideale per dimostrazioni e documentazione.*

**Installazioni fisse:** la sonda deve essere messa in modo che:

- non sia sottoposta a temperatura superiore a quella specificata
- non "veda" altre radiazioni che quella in esame (eventualmente si può intubare la sonda)
- l'ottica della sonda in funzione della distanza consenta di vedere tutto il bersaglio
- vengano evitati fumi che possano sporcare la lente della sonda (eventualmente prevedendo appositi soffi di aria)
- la sonda può essere piazzata anche su un asse inclinato rispetto alla verticale

*Alcuni tipi di termometri all'infrarosso per installazione fissa:*

<b>MR784211D</b>	ottica 2:1; uscite selezionabili , temp. testa 85°C
<b>MR784231D</b>	ottica 10:1; uscite selezionabili , temp. testa 85°C
<b>MR784212D</b>	ottica 2:1; uscite selezionabili , temp. testa 125°C
<b>MR784232D</b>	ottica 10:1; uscite selezionabili , temp. testa 125°C
<b>MR784233D</b>	ottica 10:1; uscite selezionabili , temp. testa 180°C

