

Principis generals

El que fan les sondes i termòmetres de temperatura és mesurar com varia alguna propietat física (resistència, tensió, emissió infraroja, volum, etc.) en funció de la temperatura, i després convertir aquesta mesura en una lectura de temperatura ($^{\circ}\text{C}$, $^{\circ}\text{F}$). Segons si el sensor està en contacte amb l'objecte o no, parlem de sensors de **contacte** i de **no-contacte**

- Sensors de contacte: la sonda/element mesurador està en contacte físic amb el cos/fluïd que volem mesurar; assumeix que hi ha equilibri tèrmic.
- Sensors sense contacte: mesuren radiació tèrmica (infraroja) o altres propietats a distància, sense tocar l'objecte.

Les variants, per tant, depenen del principi físic que s'utilitza: canvi de resistència, efecte termelèctric, emissió de radiació, etc.

Principals tipus de termòmetres/sondes

1. RTD – Detector de Temperatura per Resistència

Principi de funcionament: Un fil o film de metall (normalment platí (Pt), també poden ser coure o níquel) que canvia la seva resistència elèctrica en funció de la temperatura. A mesura que la temperatura puja, la resistència també puja (en el cas de la majoria de RTD).

Característiques:

- Molt bona precisió i estabilitat, resposta relativament lineal (especialment en platí).
- Rang de mesura ampli (p.ex. -200°C fins a $+600^{\circ}\text{C}$ segons el tipus) i bon rendiment per a aplicacions industrials.
- Requereixen una font d'excitació (passar corrent) per mesurar la resistència.

Avantatges: precisió, estabilitat, bona repetició.

Inconvenients: cost més alt; resposta més lenta que altres sensors (especialment en aplicacions de canvi ràpid); el sistema que llegeix la resistència cal que estigui ben configurat (calibració, compensació de cables, etc.).

Aplicacions típiques: indústria de processos, control de qualitat, motors, sistemes de calefacció/refredament.

2. Termistor o sensor digital / són múltiples tecnologies

Aquest és un exemple de sensor digital/líquid de xip, però parlaré de la categoria general de *termistors* i sensors integrats.

Principi de funcionament (Termistor): Material semiconductor o ceràmic que canvia molt ràpidament la seva resistència amb la temperatura. Per exemple, els NTC (Coeficient de Temperatura Negatiu) redueixen la resistència a mesura que la temperatura puja.

Principi de funcionament (Sensor de xip semiconductor): Un detector integrat que mesura la tensió o corrent que varia amb la temperatura (p.ex. un díode o transistor a silici). La sortida pot ser analògica (voltatge inproporcional) o digital.

Avantatges: cost baix; bons per rangs moderats de temperatura; fàcils d'integrar en circuits electrònics o microcontroladors.

Inconvenients: rang de temperatura més limitat que sensors industrials; menys robustos en entorns extrems; la resposta pot ser no lineal (especialment en termistors).

Aplicacions típiques: electrònica de consum, control ambient (climatització, refrigeració), sensors de temperatura de placa, aplicacions domèstiques.

3. B + B Thermo-Technik TS-NTC-104 (Termistor de precisió / sonda de termistor)

Aquest és un exemple concret de sonda de termistor. El principi ja el tenim explicat: canvi de resistència amb la temperatura, sovint amb un coeficient molt alt (resposta ràpida).

Aspectes pràctics:

- Per aplicar una termistor correctament cal calibrar la resposta (ja que la relació resistència-temperatura pot ser no lineal) i compensar factors com auto-escalfament (si es passa corrent pel dispositiu).
- Poden utilitzar-se com a sondes immerses en líquids, de superfície, etc., segons el recobriment i el cos de la sonda.

Avantatges pràctics: bona per controlar ràpidament la temperatura d'un objecte concret (ex: la superfície d'un motor, líquids moderats).

Inconvenients: no tan robustes per rangs alts de temperatura, menys precisió que RTD en aplicacions crítiques, la no linealitat implica calibració addicional.

4. Sensor de xip analògic de silici

Principi de funcionament: Un xip de silici que genera una tensió de sortida (per exemple 10 mV/°C) directament proporcional a la temperatura, amb calibració integrada. Aquest tipus és molt útil per interfície amb microcontroladors.

Avantatges: fàcil d'utilitzar, bona linealitat en un rang moderat, cost molt baix.

Inconvenients: rang reduït de mesura, menor robustesa, menys adequat per entorns industrials agressius.

Aplicacions típiques: prototips amb Arduino/ESP, sensors ambientals, monitoratge de temperatura de xips i circuits, aplicacions on no s'exigeix alt rang ni alt grau d'exactitud.

5. Termòmetres / sensors de radiació (No-contacte)

Aquest tipus mesura radiació infraroja o altres emissions de l'objecte, sense contacte directe.

Principi de funcionament: Qualsevol cos per sobre del zero absolut emet radiació tèrmica. Un sensor infraroig capta aquesta radiació, la converteix en un senyal elèctric i a partir d'aquest s'estima la temperatura tenint en compte emissivitat de l'objecte, distància, etc.

Avantatges: ideal per mesurar objectes molt calents, en moviment, inaccessible o perillós; ràpida resposta; sense contacte físic.

Inconvenients: la lectura pot estar influenciada per emissivitat de la superfície, contaminació, reflectivitat, distància i angles de mesura; pot requerir calibració o compensacions; menys precisió si no es té cura.

Aplicacions típiques: forns industrials, superfícies en moviment, sistemes de vigilància tèrmica, climatització, manteniment predictiu.

6. Termòmetres tradicionals de líquid (ex: mercurio, líquid-en-vidre)

Encara que moltes aplicacions industrials ja han evolucionat, convé esmentar-los per completitud.

Principi de funcionament: el líquid (mercuri o alcohol colorejat) s'expandeix amb la temperatura i escala cap amunt en un tub capil·lar. L'expansió es correlaciona amb la temperatura.

Avantatges: senzill, independent de fonts d'energia elèctrica (en molts casos), fiable per usos domèstics o meteorològics.

Inconvenients: suposen riscos ambientals (mercuri), tenim rangs limitats, resposta més lenta, lectura manual.

Aplicacions típiques: ús domèstic, meteorologia bàsica, educació.

TAULA COMPARATIVA

Tipus de sensor / termòmetre	Principi de funcionament	Rang de temperatura típic	Precisió aproximada	Avantatges principals	Inconvenients principals	Aplicacions habituals
Termoparell (Thermocouple)	Genera una tensió (efecte Seebeck) entre dues unions de metalls diferents segons la diferència de temperatura.	-200 °C a +1800 °C	±1 °C a ±5 °C	Gran rang de mesura, robust, resposta ràpida, baix cost.	Menor precisió, necessita compensació de junta freda.	Forns, motors, processos industrials, metallurgia.
RTD (Detector de temperatura per resistència, ex. Pt100)	La resistència del metall (normalment platí) augmenta de manera gairebé lineal amb la temperatura.	-200 °C a +600 °C	±0,1 °C a ±0,3 °C	Molt precisa i estable, bona linealitat, llarga vida útil.	Cost més alt, resposta una mica lenta.	Laboratoris, control de processos, climatització industrial.
Termistor (NTC o PTC)	Material semiconductor que canvia molt la resistència amb la temperatura (NTC ↓ resistència quan ↑ temperatura).	-50 °C a +150 °C	±0,2 °C a ±1 °C	Econòmic, molt sensible, resposta ràpida.	Rang limitat, no lineal, pot escalfar-se si passa corrent.	Electrònica, sensors ambientals, automoció, electrodomèstics.

Sensor de silici / digital (TMP36, LM35, DS18B20...)	El xip mesura la variació de tensió o senyal digital causada pel canvi de temperatura en el semiconductor.	-55 °C a +150 °C	±0,5 °C	Fàcil d'integrar amb circuits, sortida analògica o digital, baix cost.	No adequat per entorns industrials extrems, rang limitat.	Microcontroladors (Arduino, Raspberry Pi), sensors ambientals.
Sensor infraroig (IR / piròmetre)	Mesura la radiació infraroja emesa per l'objecte i la converteix en temperatura sense contacte.	-50 °C a +3000 °C	±1 °C a ±2 °C	Sense contacte, molt ràpid, ideal per objectes en moviment o molt calents.	Dependència de l'emissivitat, pot afectar-se per pols o reflexos.	Forns, vigilància tèrmica, manteniment predictiu, processos industrials.
Termòmetre de líquid en vidre (mercuri o alcohol)	El líquid s'expandeix amb la temperatura dins un tub capil·lar graduat.	-50 °C a +350 °C	±1 °C	Simple, no necessita electricitat, estable.	Fràgil, lectura manual, risc ambiental (mercuri).	Meteorologia, ús domèstic, laboratoris educatius.
Termòmetre bimetàl·lic	Dos metalls amb diferent expansió tèrmica es deformen amb la temperatura fent moure una agulla.	-50 °C a +500 °C	±1 °C a ±2 °C	Robust, mecànic, sense alimentació elèctrica.	No gaire precís, resposta lenta.	Forns, calefacció, equips mecànics i industrials.