

CMOS ger noggranna temperaturmätningar

Många sensorer kan mäta temperatur men kvalitet och pris varierar stort.

Temperatur är en av de vanligaste storheterna som mäts i elektroniksystem. Det finns en mängd olika typer av sensorer som alla har sina för- och nackdelar. Den som konstruerar ett system måste försäkra sig om att den valda temperatursensorn har den noggrannhet som specificerats.

För grundläggande temperaturmätningar där det räcker med en noggrannhet på $\pm 2^\circ\text{C}$ till $\pm 3^\circ\text{C}$ brukar termistorer vara ett populärt val på grund av det låga priset och att de behöver kompletteras med få komponenter. Men för processorbaserade tillämpningar som inte har en intern AD-omvandlare brukar en halvledarlösning vara att föredra. För konstruktioner som behöver högre noggrannhet, bättre än $\pm 2^\circ\text{C}$ plus låg effektförbrukning och/eller hög upplösning, ger halvledarsensorer bäst prestanda för pengarna så länge temperaturområdet ligger inom -40 till $+125^\circ\text{C}$.

Motståndsbaserade detektorer ger traditionellt den bästa upplösningen, upp till $\pm 0,2^\circ\text{C}$ men till en hög kostnad. Dessutom behövs ett antal andra komponenter för att få till en korrekt AD-omvandling.

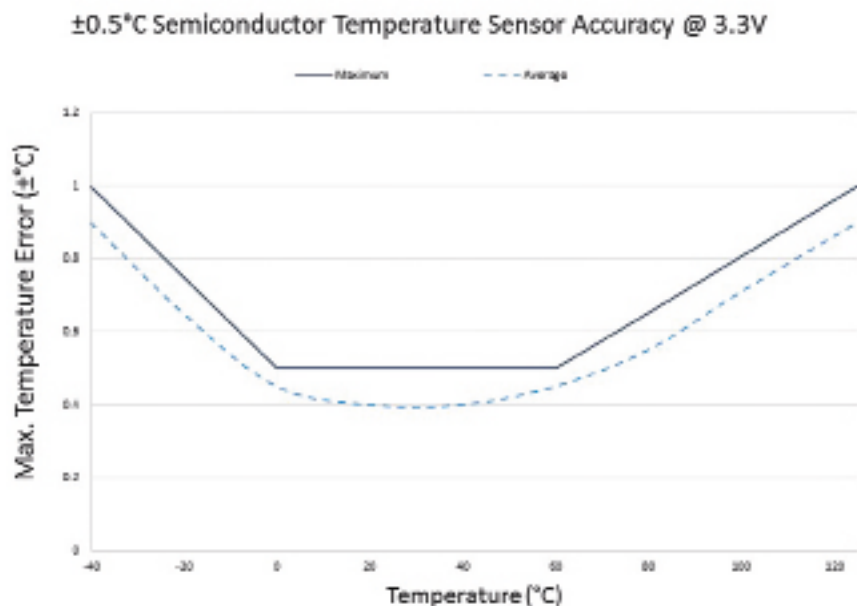
NYA HALVLEDARSENSORER som Si705x-familjen från Silicon Labs ger en noggrannhet som är i paritet med motståndsbaserade sensorer men utan att man behöver addera externa komponenter som ökar kostnaden för systemet.

Termostaplar har den fördelen att de mäter kontaktlöst och därför har ett stort temperaturområde. Traditionella termostaplar konstrueras med metallkapsel av typen TO-5 som antingen kräver extern förstärkning eller har en intern ASIC. Det här angreppssättet, kopplat med behovet av en korrekt optomekanisk konstruktion, ger högre kostnader och begränsar termostaplar till tillämpningar där kontaktlösa mätmetoder har en avgörande fördel. Exempel



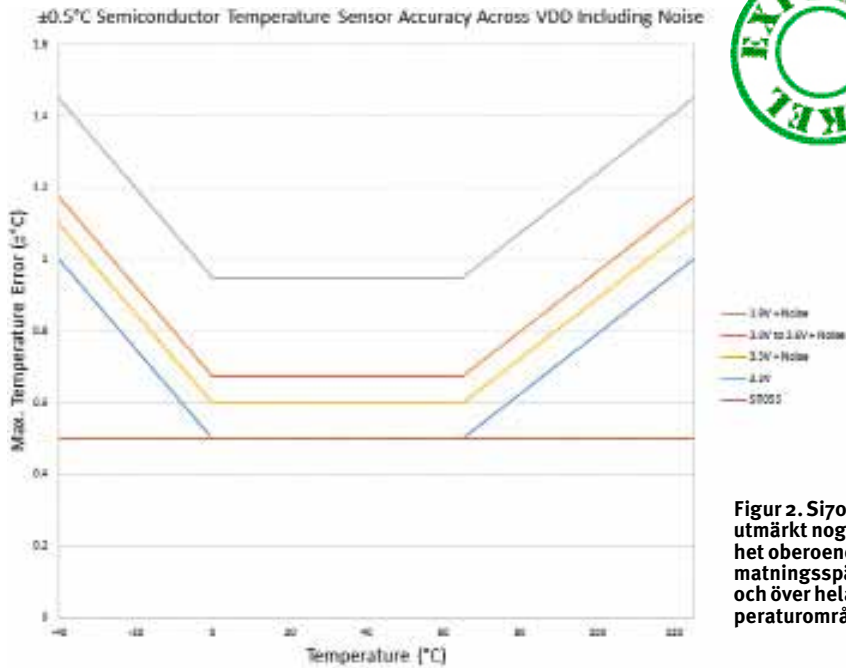
Av Bill Simcoe, Silicon Labs

Bill Simcoe började på Silicon Labs år 2004 som applikationsingenjör. Idag är han produktansvarig för Silicon Labs sensorprodukter för miljöövervakning inklusive Si70xx som är en sensorfamilj för relativ luftfuktighet och temperatur.



Figur 1. Exempel på den typiska och maximala temperaturnoggrannheten hos en halvledarsensor.

Sensortyp	Fördelar	Nackdelar
Termistor	<ul style="list-style-type: none"> • Billig • Minimalt antal komponenter 	<ul style="list-style-type: none"> • Låg noggrannhet • Kräver extern AD-omvandlare
Termostaplar	<ul style="list-style-type: none"> • Mäter beröringsfritt • Brett temperaturområde 	<ul style="list-style-type: none"> • Dyr • Opto-mekanisk konstruktion vilket kan vara opraktiskt för vissa tillämpningar • Färgen på mätobjektet kan påverka noggrannheten
Motståndsbaserade detektorer (RTD)	<ul style="list-style-type: none"> • Högst noggrannhet • Brett temperaturområde 	<ul style="list-style-type: none"> • Billig • Många komponenter • Lång svarstid • Kräver extern AD-omvandlare
Termokopplare	<ul style="list-style-type: none"> • Störst temperaturområde 	<ul style="list-style-type: none"> • Många komponenter och kräver temperaturreferens (cold junction) • Låg noggrannhet • Kräver externa AD-omvandlare
Integrerade halvledarsensorer i CMOS-teknik	<ul style="list-style-type: none"> • Bäst förhållande mellan pris och prestanda med hög noggrannhet • Lågst effektförbrukning • Få komponenter • Integrerad AD-omvandlare 	<ul style="list-style-type: none"> • Begränsat temperaturområde • Dyrare än en termistor



Figur 2. Si705x ger utmärkt noggrannhet oberoende av matningsspänning och över hela temperaturområdet.

• **Drift/stabilitet:** Ytterligare fel kan adresseras i takt med att sensorn åldras.

KORREKT PLACERING av temperatursensornerna på kretskortet är viktigt för att få förväntad noggrannhet. För att mäta omgivande temperatur måste sensorerna placeras så långt bort som möjligt från värmealstrande komponenter. Det gäller bland annat för processorer och spänningsregulatorer. Om sensorn sitter på samma kretskort som dessa kan det hjälpa att göra uttag i kretskortet för att stoppa värmspridningen. Man måste också ordna adekvat ventilation så att sensorn verkligen kan känna av omgivningens temperatur.

Om man ska mäta temperaturen hos komponenter på kretskortet ska sensorn placeras så nära den kritiska komponenten som möjligt. Jord- och spänningsplan kan användas för att leda värmen från komponenten till sensorn.

Svarstiden hos en temperatursensor är nära relaterad till massan hos kretskortet och kapslingen som det sitter i. Om en temperatursensor exempelvis placeras i mitten av ett stort kretskort kommer det att ta lång tid innan den upptäcker förändringar i den omgivande luftens temperatur. För att eliminera problemet kan sensorn monteras på ett mindre kort eller så kan man göra utskärningar i kretskortet som isolerar sensorn från resten av systemet.

Den digitala temperatursensorn Si705x är ett bra exempel på en CMOS-sensor. Den har konstruerats för att bibehålla sin noggrannhet över hela spännings- och temperaturområdet. Med en matningsspänning mellan 1,9V och 3,6V kan Si705x anslutas direkt till ett batteri för temperaturmätning på längre avstånd. Kretsen har avsevärt bättre noggrannhet vid höga och låga temperaturer, tappar minimalt i noggrannhet beroende på brus och är okänslig för variationer i matningsspänningen.

Kretsar som Si705x är utmärkta alternativ till motståndsbaserade sensorer när man vill ha hög noggrannhet utan att be-

på sådana tillämpningar är örtermometrar och övervakning av industriprocesser med höga temperaturer.

HALVLEDARBASERADE temperatursensorer använder vanligen bandgapet för att mäta förändringar i framspänningen hos en diod och därmed temperaturen. För att få en rimlig noggrannhet kalibreras de vid en enda temperatur, vanligen 25 °C. Därmed får man den högsta noggrannheten vid kalibreringspunkten och noggrannheten avtar för högre och lägre temperaturer. För att få högre noggrannhet över ett större temperaturområde behövs fler kalibreringspunkter eller så kan man ta till avancerad signalbehandling. Tillverkarna brukar normalt specificera typisk och maximal temperaturnoggrannhet inom ett givet intervall. Medan typiska värden kan ge en uppfattning om noggrannheten för några få komponenter under ideala förhållanden bör man titta

på det maximala värdet för att få en sann uppfattning för noggrannheten hos många komponenter under olika förhållanden.

Spänningen från ett kraftaggregat kan också påverka temperaturnoggrannheten i en halvledarsensor. Sensorer utan intern spänningsreglering får sämre noggrannhet när spänningen avviker från det nominella värdet. De flesta tillverkare tar med det i sina datablad med maximala värden mellan ±0,2 °C/V och ±0,3 °C/V.

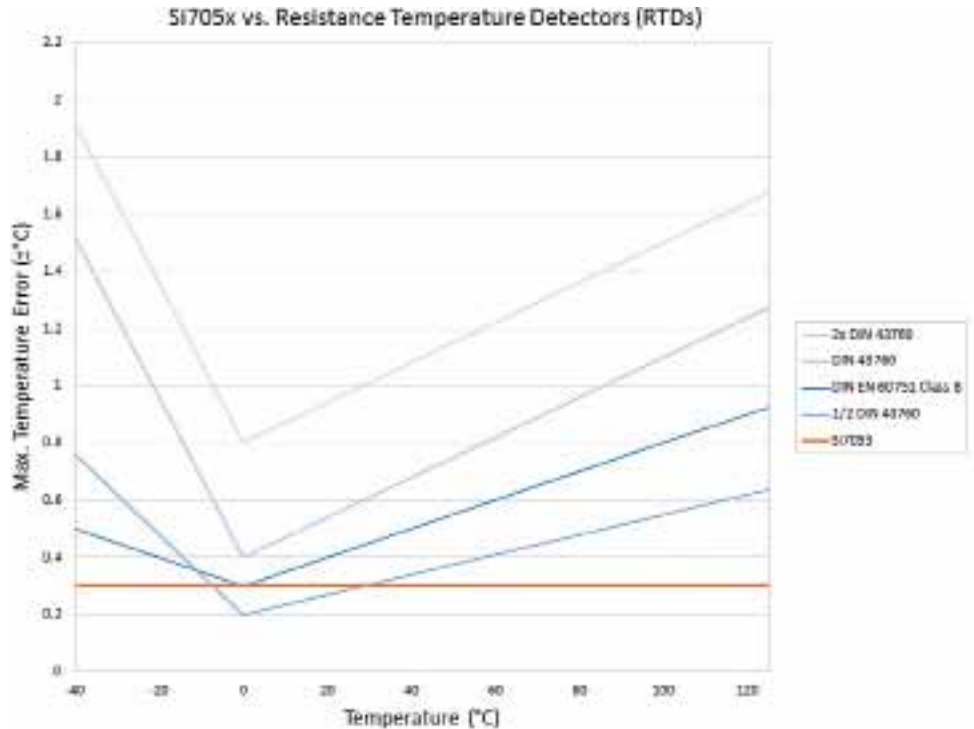
För kretsar med en bättre noggrannhet, med ett fel under ±0,5 °C, börjar sekundära effekter att spela en roll för noggrannheten. De är ofta specificerade separat från den normala noggrannheten i databladet och bör tas i beaktande. En del av dessa är:

• **Repetierbarhet/brus:** Det är ett fel som kommer från de analoga delarna på ingången och AD-omvandlaren och kan vara ±0,1 °C i enklare produkter och ner till ±0,01 °C i bättre produkter.

höva använda många komponenter, något som ökar kostnaden och komplexiteten.

Exempel på temperaturnoggrannhet i olika tillämpningar:

- **Kylkedjan i läkemedelsindustrin/matförvaring:** Specifikationen Eo6/TR07.1 från Världshälsoorganisationen, WHO, kräver en temperaturnoggrannhet på $\pm 0,5^\circ\text{C}$ mellan -5°C och $+25^\circ\text{C}$, och $\pm 1^\circ\text{C}$ mellan -20°C och -5°C liksom $+25^\circ\text{C}$ till $+55^\circ\text{C}$.
- **HVAC och frysta livsmedel:** Förutom absolut noggrannhet är långtidsstabiliteten viktig eftersom enheterna ska fungera i många år. Till exempel kan en enhet som är specificerad för $\pm 0,05^\circ\text{C}/\text{år}$ ha en försämrad noggrannhet på $0,5^\circ\text{C}$ efter tio år.
- **Kompensation för temperaturreferensen (Cold Junction):** Termopar är vanliga när man ska mäta stora temperaturspann. De kräver en noggrann referens vid rumstemperatur för att kunna ge mätvärden med hög noggrannhet.
- **Avlägset placerade sensorer:** Man måste ta hänsyn till matningsspänningen när man konstruerar sensorer som kommunicerar trådlöst och i portabla dataloggar. Utan korrekt spänningsreglering kan variationer i spänningen resultera i sänkt noggrannhet i temperaturmätningarna. ■



Figur 3. Halvledarsensorer som Si705x ger överlägsen noggrannhet jämfört med motståndsbaserade sensorer.