



Temperaturovervågning af SoC-baserede systemer

Ved at overvåge die-temperaturerne i følsomme komponenter som SoCs og FPGA'er er det muligt at eliminere de systemrelaterede problemer, som varmeudviklingen kan give anledning til.

Af Kim Majkowski, Global Product Manager, Power Management IC'er, Farnell

Den varme, som genereres af avancerede multicore system-on-chips (SoCs) og programmerbare komponenter som FPGA'er, repræsenterer en stor udfordring i mange elektronikdesigns. Selvom spændingerne, der kræves for at forsyne disse IC'er, er faldet

til under 1V, opereres der med høje strøm-spidsbelastninger, når kredsløbet kører med fuld hastighed.

Effektabsættelsen over en individuel SoC kan variere markant, når forskellige processeringskerner aktiveres, eller når beregningskravet ændrer sig over tid. En SoC-die kan skifte fra relativt kølig til meget varm inden for få sekunder, efterhånden som belastningen øges. Hvis der opereres med

en høj spidsstrøm i lange perioder, kan den lokale die-temperatur stige til en værdi, der kan forårsage en termisk nedlukning af IC'en eller påvirke ydeevnen og pålideligheden af nærliggende komponenter.

Ved at overvåge die-temperaturerne af følsomme komponenter kan et system undgå de problemer, der skyldes varmeudvikling, ved at øge køleventilatorens rotationshastighed eller reducere clock-hastigheden og dermed temperaturen af den eller de komponenter, der er i risiko for overophedning.

Det er helt afgørende, at der etableres en nøjagtig temperaturovervågning i sy-

...FORTSÆTTES NÆSTE SIDE

FORTSAT FRA SIDE 21:

stemer, der benytter avancerede SoC- og FPGA-enheder. Brugen af On-die temperaturprober tilbyder den mest nøjagtige måde at bestemme de termiske forhold tæt på de kritiske processerings-kerner.

On-die temperatursensorer

On-die temperatursensorer udnytter de indbyggede egenskaber ved halvleder PN junctions. For en PN junction med et givent areal vil spændingen, der generes over denne junction, have en karakteristisk værdi, som er afhængig af strømflowet og temperaturen.

Temperaturfølsomheden skyldes tilgængeligheden af termisk genererede carriers i halvlederen. Hvis strømmen holdes på et fast niveau, vil alle ændringer i spændingen skyldes ændringer i temperaturen.

I en halvleder vil spændingen over en junction typisk falde med temperaturen.

Men hvis to forskellige strømniveauer påføres – en efter den anden – og forskellen i spændingen måles, vil man få små spændings-deltaværdier mellem de to aflæsninger.

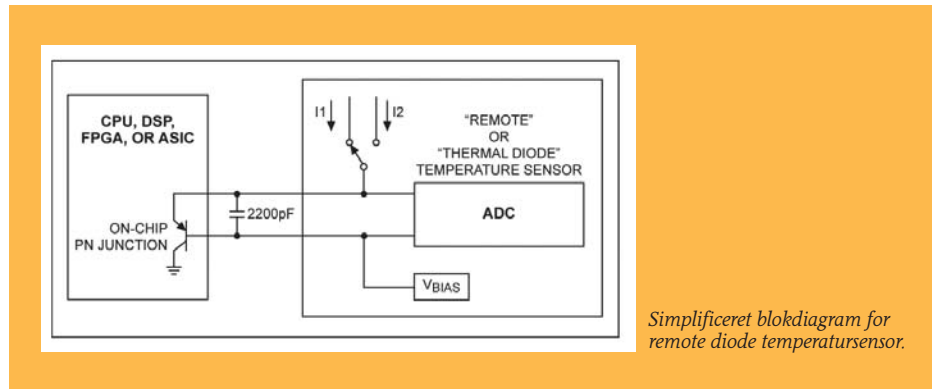
En stigning i den absolutte temperatur giver anledning til en forøget delta-spænding i et tæt på lineært forhold, så man på den måde får et pålideligt udgangspunkt for opbygning af halvleder-temperatursensorer i SoCs.

I moderne CMOS processer er passende PN junctions lette at konstruere. Typisk vil den termiske probe være en bipolar transistor, hvor dens base-emitter junction udgør den krævede diode, og kollektoren er bundet til enhedens substrat.

Behov for termisk management på systemniveau

Selvom mange komponenter – herunder specielt programmerbare – kan monitorere deres egen temperatur, så vil der typisk også være termiske problemer, der skal løses på systemniveau.

F.eks. vil en ændring af hastigheden af en ventilator i kabinettet ændre kølingskarakteristikken for alle komponenter i systemet. For at opnå den tilstræbte kontrol på systemniveau skal den lokale die-tem-



Simplificeret blokdiagram for remote diode temperatursensor.

peratur i adskillige komponenter overvåges 'remotely'.

I princippet er det simpelt at konstruere en fuld temperatursensor på SoC'en for hvert område, som kræver en termisk monitorering. For at kunne udføre målingen skal der formes en probe tæt på det kredsløb, man ønsker at måle på, og efterfølgende switches der mellem to strømkilder med forskellige størrelse.

De to spændingsmålinger, der genereres fra strømkilderne, fødes ind i en analog-til-digital konverter og tilknyttet logik, som beregner den estimerede temperatur.

I praksis vælger mange systemdesignere at benytte remote temperatursensorer, fordi de tilbyder højere grader af pålidelighed og præcision. Hvis temperatursensoren udelukkende implementeres på SoC-die'n, kræver implementeringen af to strømkilder per termisk probe, at komponenterne matches meget præcist, hvilket kan være svært med almindelige digitale fremstillingsprocesser.

Ved at danne strømkilderne på en die, der er fremstillet ved brug af præcisions mixed-signal fremstillingsprocesser, opnår man en meget bedre målepålidelighed. Samtidig er der behov for færre pins på SoC'en, idet det kun er nødvendigt at lave konnekteringer til én transistor per monitoreret region på SoC'en i stedet for to.

For at monitorere flere inputs kan designeren vælge en komponent som MAX6681, der er forsynet med syv remote diode inputs. Den kan bruges til at overvåge temperaturen for et par FPGA'er med integrerede termiske dioder, fire hotspots på selve boardet ved brug af diskrete diode-opkoblede transistorer samt temperaturen på lige netop det sted, hvor MAX6681 er placeret på boardet. Det er også muligt at benytte op til otte MAX31730 enheder som 'slaver' på en SMBus.

Høj præcision ved overvågning af die-temperaturen

Selvom konceptet med en remote temperatursensor har en række fordele i systemdesignet, så er der fejlkilder og upræcisioner, som der skal tages højde for af ingeniørteamet.

I et hvert kredsløb er det ikke til at undgå parasit seriemodstande, som vil have betydning for den temperatur, der leveres af sensoren, hvis der ikke udføres en kompensation.

Hvis man betragter en opsætning, hvor den første biasstrøm vælges til 100µA og den anden til 10µA, så vil spændingsforskellen mellem de to være proportional med den naturlige logaritme af strømmen af den første delt med strømmen af den anden.

Den absolutte værdi vil være denne logaritmiske værdi ganget med en ideal konstant, som normalt vil være tæt på 1, samt kT/q , hvor k er Boltzmann konstanten, og q er ladningen af elektronen.

Hvis seriemodstanden er 1Ω, vil spændingsfaldet for den første høje strømkilde være 100µV og 10µV for den anden med den lavere strøm. Det resulterende målte temperaturskift vil være 0,45°C.

Det er ofte muligt at beregne seriemodstanden ved at bruge typiske værdier for PCB-bane modstanden, og med afsæt i denne værdi kan man korrigere for temperaturskiftet.

Nogle sensorer – som f.eks. MAX31730 og andre fra Maxim – er forsynet med automatisk modstands-kompensering, så en kompensering som følge af parasitmodstande ikke er nødvendig.

Skønt ideal-faktoren normalt er tæt på 1,01, vil den præcise værdi være afhængig af processen og transistordesignet, og den udgør derfor en potentiel fejlkilde.

De fleste remote sensorer vil være optimerede til en specifik ideal-faktor. Maxim tilbyder adskillige, som er tunet til en værdi på omkring 1,008, der typisk er gældende for procesteknologier som dem, der bruges til fremstilling af avancerede FPGA'er og SoCs. For komponenter med en anden ideal-faktor vil det være relativt enkelt at udføre en korrektion ved brug af systemcontroller firmware.

Andre fejlkilder

En yderligere fejlkilde kan stamme fra SoC-baserede termiske probe-transistorer, som har lav strømforstærkning eller beta-værdi. Hvis transistorens strømforstærk-

nings-værdi er lav, vil forholdet mellem kollektorstrømmen måske ikke matche forholdet mellem emitterstrømme, hvilket kan give anledning til en fejl i den kalkulerede temperatur. En 10 procent ændring i kollektorstrøm forholdet kan give anledning til en rapporteret temperatur på omkring 12°C.

Dette er normalt ikke et problem for remote temperatur sensor IC'er, da de benytter transistorer med høj strømforstærkningsgrad. SoC transistorer er fabrikeret ved brug af processer, der er optimerede for MOS transistorer og ikke bipolære transistorer, og der kan derfor ikke garanteres en høj strømforstærkning

Derfor kan det være den bedste løsning at benytte en remote sensor IC med beta-

kompensation – selvom det ikke altid er påkrævet.

Hvis beta-værdien er relativ uniform over de forventede områder for henholdsvis strømme og temperaturer, kan effekten være så lille, at man kan ignorere den.

F.eks. viser tests af tre samples af micro-processorer, der er opbygget ved brug af en 45nm procesteknologi, en betaværdi for bipolar transistorer på omkring 0,3, hvilket resulterer i en fejl, der er mindre end $\pm 1^\circ\text{C}$.

Men i de tilfælde, hvor en lav betaværdi sandsynligvis vil give anledning til større fejl, kan der anvendes remote sensorer med beta-kompensation som f.eks. Maxim's MAX31730, MAX6693 eller MAX6581.

ELEKTRONIK-KONTAKTEN

AVM TEC avm@avm-tec.dk
+45 2763 6306

NYE KOMPETENCER TIL DIN PRODUKTUDVIKLING?

Vi stiller nogle af Danmarks dygtigste udviklingsingeniører til rådighed for dit projekt

Kontakt os på 7020 3470

TEKPARTNER

Ekspert i komponentsourcing:

- Hurtig levering
- In-house testfaciliteter
- Attraktive priser

Problemknusere:

- Ingen opgaver er for små
- Alt leveres ifølge JEDEC J-STD-020D samt IDEA STD-1010B
- Alt leveres testet og med 12 måneders garanti

b ELECTRONICS Lindeengen 24 | DK-2740 Skovlunde, Danmark
P: +45 4484 3331 | www.brelectronics.dk

cypax Elektronikkomponenter til store og små produktioner

MW MEAN WELL

Priser/Lagerstatus på: www.cypax.dk

Er startstrømmen for stor?

Reducer den med en NTC-modstand i serie!

Den kolde NTC-modstand begrænser startstrømmen, mens den i varm tilstand har ubetydelig modstand.
R ved 25 gr.C: 0,5 til 220 ohm
R ved Imax: 0,01 til 2,2 ohm
Imax: 1 til 30 Amp

BETA

59 31 11 88

Bolls RÅDGIVENDE TEST- & VIDENSCENTER - samlet, enkelt, effektivt

EL-SIKKERHED
KLIMATEST PÅLIDELIGHED
LYS- OG LYDTEST
VARMETEST
VIBRATIONSTEST
KULDETEST EMC TEST
MASKINSIKKERHED
CE-MÆRKNING
KURSER m.m.

Tlf.: 48 18 35 66