

Bild 1: ADAS-Sensoren in einem modernen Auto

© Texas Instruments

Temperatur- und Feuchtigkeitserfassung in ADAS-Sensormodulen

Absolut präzise

Für Fahrerassistenzsysteme spielen Sensormodule eine wichtige Rolle, die korrekt funktionieren müssen. Um Zuverlässigkeit und Sicherheit dieser Module zu garantieren, kommen präzise Temperatursensoren zum Einsatz.

Bryan Padilla

Um Sicherheits-Features moderner Fahrerassistenzsysteme (Advanced Driver Assistance Systems, ADAS) wie etwa Totwinkelerkennung, Parkassistenten und Kollisionsvermeidung zu ermöglichen, sind Sensormodule wie etwa Kameras oder Radar- und Lidarsysteme unabdingbar. Die Daten, die von diesen Sensormodulen erfasst werden, sind von unmittelbarer Relevanz für die Sicherheit der Fahrzeuginsassen, sodass es darauf ankommt, dass diese Module über lange Zeit korrekt funktionieren. Zu den häufigsten Schadensursachen gehört es, wenn die Module über längere Zeit zu hohen Temperaturen oder Feuchtigkeit ausgesetzt werden.

Präzise Temperatursensoren in Kamera-, Radar- oder Lidar-Einheiten können dazu beitragen, die Langlebigkeit, Sicherheit und Zuverlässigkeit dieser Systeme zu verbessern. Zunächst einmal soll aber die Frage beantwortet

werden, welchen Einfluss die Temperatur auf Kfz-Kameramodule hat.

Kamera

Wie man in **Bild 1** sieht, können in einem Auto bis zu sechs Kameras verbaut sein, die einen weiten Dynamikbereich, kurze Reaktionszeiten und eine hohe Empfindlichkeit bei schwachem Licht bieten müssen. Damit sich diese Anforderungen erfüllen lassen, gilt es den Bildsensor vor einem längeren Betrieb unter dem Einfluss hoher Temperaturen zu schützen.

Wie **Bild 2** verdeutlicht, handelt es sich bei den Kameras im Fahrzeug oftmals um kleine, geschlossene Würfel mit einem Volumen von gut 20 cm³. Wegen fehlender aktiver Kühlung kann es hier leicht zu einem raschen Anstieg der Temperatur kommen. Bildsensoren sind üblicherweise für Temperaturen von –40 bis 125 °C (Sperrschichttemperatur) oder

–40 bis 105 °C (Umgebungstemperatur) ausgelegt. Wird die Ober- oder Untergrenze eines dieser Bereiche erreicht, muss das zuständige elektronische Steuergerät (Electronic Control Unit, ECU) die Energiezufuhr des Bildsensors reduzieren oder ihn komplett abschalten, bis die Temperatur wieder in den normalen Bereich zurückgekehrt ist. Dementsprechend wichtig ist es, die Temperatur der Kamera exakt zu messen.

Leider können die Temperatursensoren, mit denen Bildaufnehmer häufig ausgestattet sind, einen Fehler von bis zu ±6 °C aufweisen, sodass die ECU die Kamerafunktion möglicherweise zu spät oder zu früh herunterfährt. Diese Fehlberechnungen können den Bildsensor dauerhaft beschädigen und damit zu einer Funktionseinschränkung des Fahrerassistenzsystems führen, die eine Instandhaltungsmaßnahme erforderlich macht. Abhilfe schafft das Hinzufü-

gen eines eigenständigen Temperatursensors mit einer Messgenauigkeit von $\pm 1^\circ\text{C}$. Fingerzeige dafür, wie man den richtigen Temperatursensor für bestimmte Kameratopologien findet, liefert die Applikationsschrift „Improving System Reliability in Automotive and Industrial Cameras with Accurate Temperature Sensing“.

Radar

Bei einem Millimeterwellen-Sensor (mmWave) kann sich die Temperatur auf die Empfänger-Empfindlichkeit, die Verstärkung, das Eingangsrauschen und sogar die Sendeleistung auswirken. In **Bild 3** ist zu sehen, wie der Host-Prozessor den Versuch macht, die Auswirkungen von Temperaturänderungen abzumildern, indem die Schaltungs-Konfigurationen bei laufendem Betrieb periodisch angepasst werden, um die Empfangsverstärkung und die Sendeleistung möglichst nah an den voreingestellten Werten zu halten.

Die Forderung nach hochpräzisen Temperaturmessungen resultiert aus

der Notwendigkeit, einerseits eine maximale Radar-Performance zu erzielen und andererseits Schäden durch zu hohe Temperaturen zu vermeiden. Um diese Balance zu halten, ist es notwendig, Radarsensoren an ihren thermischen Grenzen zu betreiben und die Abschaltung erst möglichst nah an diesen Grenzen vorzunehmen. Das aber kann sich aus den folgenden Gründen durchaus schwierig gestalten:

- Automobilhersteller verlangen zunehmend nach der Eignung für höhere Umgebungstemperaturen.



Bild 2: Kleines Kameramodul für Automotive-Anwendungen © Texas Instruments

- Aus Kostengründen ersetzen viele Hersteller die bisherigen Metallgehäuse durch solche aus Kunststoff. Metall ist allerdings ein besserer Wärmeleiter und diente oft zum Abführen der Wärme aus dem Modulinneren.
- Aufgrund ihrer hohen Leistungsaufnahme erwärmen sich Radarchips stark.
- Die eingebauten Temperatursensoren der Radarchips können einen Fehler von bis zu $\pm 7^\circ\text{C}$ aufweisen, was die Leistungsfähigkeit des Chips einschränkt, denn wegen dieses Fehlers muss die Abschaltung bereits $\pm 7^\circ\text{C}$ vor Erreichen des Grenzwerts erfolgen, um auf der sicheren Seite zu sein und Schäden auf jeden Fall auszuschließen.

Heutzutage wird bei der Messung der Innentemperatur von Radarchips eine Genauigkeit von $\pm 1^\circ\text{C}$ angestrebt. Um dieses Ziel zu erreichen, kann man zwei separate Temperatursensoren einsetzen und eine differenzielle Temperaturmessung vornehmen, oder man verwendet einen ultraflachen Temperatursensor wie den TMP114, der unterhalb

Jede Kurve im Blick

Der neue ScopeCorder DL950
LV124 Prüfung mit dem Transienten-Rekorder

Precision Making

tmi.yokogawa.com/de/dl950



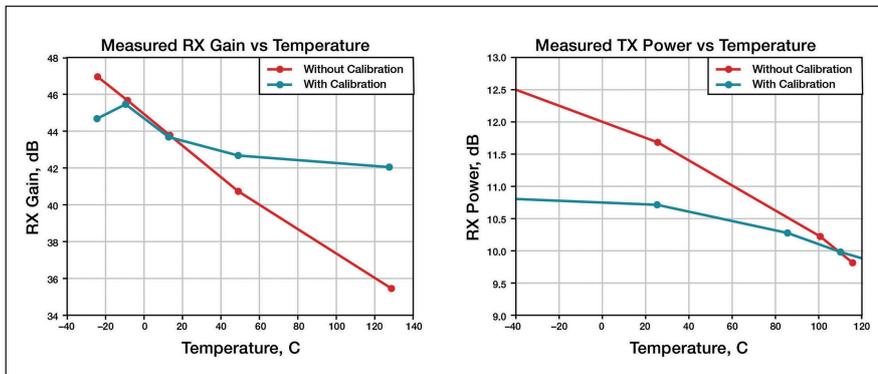


Bild 3: Empfangsverstärkung (a) und Sendeleistung (b) als Funktion der Temperatur

© Texas Instruments



Bild 4: Erfassungsbereich eines Lidar-Systems im Fahrzeug

© Texas Instruments

des Radarchips platziert wird. Weitere Informationen über die Implementierung differenzieller Temperaturmessungen bietet die Applikationsschrift „Component Temperature Monitoring Using Differential Temperature Measurements“. Genauer über die Temperaturmessung unterhalb des jeweils interessierenden Bauteils enthält außerdem die Applikationsschrift mit dem Titel „Under-Component Monitoring with Ultra-Small Temperature Sensors“.

Lidar

Lidar-Sensoren (Bild 4) können Daten über Objekte in kurzen, mittleren und langen Distanzen erfassen und eine in die Tiefe gehende Punktwolke ausgeben. Damit werden sie zu einer kritischen Komponente für die Sicherheit von ADAS-Features. Ein Lidar-Sensor enthält Laser-Arrays, Time-of-Flight-Sensoren (ToF) und eine Steuereinheit. Alle diese Funktionselemente müssen über eine Temperaturkompensation verfü-

gen, um ihre Leistungsfähigkeit zu wahren. Temperaturänderungen können bei Lidar-Sensoren Auswirkungen auf die Entfernungsmessung haben, und beim Überschreiten der Marke von 70 °C kann sogar die Leistungsfähigkeit des Laser-Arrays beeinträchtigt werden. Die hohe Leistungsaufnahme des ToF-Sensors führt zu einer Eigen-

erwärmung, und bei ca. 105 °C muss der Controller nicht selten die Taktfrequenz absenken oder den Sensor komplett abschalten, damit ein thermisches Durchgehen ausgeschlossen ist.

Ein wichtiger Aspekt beim Design von Lidar-Systemen ist der angestrebte Automotive Safety Integrity Level (ASIL). Die Applikationsschrift „Meeting ASIL Requirements for LIDAR Systems Using Remote Temperature Sensors“ enthält in diesem Rahmen einige Hinweise für die rasche Implementierung redundanter, diverser Temperatursensoren.

Wenn es zu Brüchen in den Linsen von Lidar- und Kameramodulen kommt, kann Feuchtigkeit die Optik im Innern beschädigen. Ein Automotive-tauglicher Feuchtigkeitssensor wie der HDC3020-Q1 ist in der Lage, sowohl die relative Feuchte als auch die Temperatur zu messen. Er kann somit Feuchtigkeit, die auf eine undichte Stelle hindeuten kann, erkennen und außerdem berechnen, wann der Taupunkt erreicht wird, was zur Bildung von Kondenswasser auf der Linse führen kann.

Das System kann somit das Einleiten von Abhilfemaßnahmen anfordern.

Wie findet man den richtigen Temperatursensor?

Beim Evaluieren eines Temperatursensors kommt es darauf an, welche maximale Genauigkeit gewünscht ist, ob Alarmfunktionen oder andere Features benötigt werden und welche Kommunikationskanäle erforderlich sind. Wenn beispielsweise keine ADC-Kanäle verfügbar sind, wie es bei Surround-View- und einfachen Fahrerüberwachungs-Kameras oft der Fall ist, kann ein digitaler Temperatursensor an die I²C- oder SPI-Kanäle des FPD-Link-Serializers angeschlossen werden. Soll lediglich eine Grenzwertüberschreitung gemeldet werden – mit Hysterese – kommt ein Temperaturschalter in Frage, der mit einem GPIO-Pin verbunden wird. Ist ein ADC-Kanal verfügbar, kann ein analoger Temperatursensor zum Einsatz kommen, dessen Ausgangsspannung sich proportional zur Temperatur verändert, ohne durch Toleranzen externer Bauelemente wie einem diskreten Thermistor beeinflusst zu werden. Soll dennoch ein Thermistor verwendet werden, lösen siliziumbasierte lineare Thermistoren die Genauigkeits- und Zuverlässigkeitsprobleme, für die NTC-Thermistoren (mit negativem Temperaturkoeffizienten) bekannt sind, ohne die Vorteile der niedrigen Kosten und des geringen Platzbedarfs aufzugeben.

Schlussfolgerung

Die Anforderungen an eine präzise Diagnose mit dem Ziel, hochempfindliche, optische oder HF-basierte ADAS-Module über lange Zeit mit maximaler Leistung betreiben zu können, sind für alle diese Funktionen ähnlich. Präzise externe Temperatursensoren werden dadurch zu einem notwendigen Bestandteil von ADAS-Modulen, die sich rasch als sicherheitskritische Systeme in den Autos der Zukunft etablieren. ■ (eck)

www.ti.com



Bryan Padilla ist Product Marketing Engineer bei Texas Instruments.
© Texas Instruments