

Kühl kalkuliert

TCR- und PCR-Effekt in Strommesswiderständen. Will man verschiedene Strommesswiderstände vergleichen, gibt der Temperaturkoeffizient TCR allein keine präzise Auskunft über die zu erwartende Messgenauigkeit. Denn der Widerstand ändert sich nicht nur mit der Umgebungstemperatur, sondern auch mit der Eigenerwärmung der Bauteile.

Bei der Auswahl elektronischer Bauelemente für eine Anwendung ist das Datenblatt des Bauteilherstellers meist die erste Informationsquelle für den Entwickler. In vielen Fällen empfiehlt es sich, die tatsächliche Performance der Komponenten anhand von Erprobungsmustern unter Echt- beziehungsweise er-

schwerten Laborbedingungen zu validieren.

Im Fall der Chipwiderstände gilt – neben den üblichen Parametern wie Toleranz, Leistung und Nennwiderstand – der TCR (Temperature Coefficient of Resistance) als Anhaltspunkt dafür, wie sich der Widerstand mit der Temperatur ver-

ändert. Ein Bauteil mit der Angabe ± 100 ppm darf beispielsweise eine Widerstandsabweichung vom Nennwert um 0,01% je Grad Celsius (oder Kelvin) Temperaturänderung aufweisen. Bei einer Temperaturdifferenz von 100 K, wie sie häufig in Outdoor- oder Automotive-Applikationen vorkommt, summiert sich diese Abweichung demzufolge auf 1%. Zumeist beziehen sich die TCR-Angaben auf die Umgebungstemperatur des Bauteils in der geplanten Applikation.

FAZIT

Aufbau fördert die Entwärmung. Strommesswiderstände unterliegen Leistungsverlusten, welche die Bauteile erwärmen und die Messgenauigkeit beeinträchtigen. Eine thermisch günstige Konstruktion, wie der invertierte Aufbau bei den KRL-Widerständen von Susumu, begünstigt die gleichmäßige Entwärmung der Komponenten. Diese eignen sich somit zur Strommessung in Hausgeräten oder Automobilanwendungen; sie erfüllen die Forderungen der Norm AEC-Q200 – bis hin zur größten Bauform.

Eigenerwärmung von Messwiderständen

Strommesswiderstände (Titelbild) unterliegen dem Ohm'schen Gesetz zufolge Leistungsverlusten gemäß $P = I^2R$. Daher

haben die Bauteilhersteller den Bereich verfügbarer Widerstandswerte bis in die Milli- und sogar in die Mikroohm-Region erweitert. Um den immer größeren zu messenden Strömen gerecht zu werden, müssen sie jedoch auch die Leistungsspezifikationen der Bauelemente anpassen. Dies geschieht mithilfe verschiedener Technologien, etwa im Aufbau als Schichtwiderstand, mit Folie als Widerstandselement oder gebogen aus massivem Metall.

Je nach technologischen und material-spezifischen Möglichkeiten sind diese Widerstände unterschiedlich spezifiziert. Die maximale Nennleistung einer Komponente wird dabei meist über die thermischen Grenzen ermittelt. Dazu misst man die Temperatur beispielsweise an der Oberseite des Chips und/oder an seinen Kontakten. Ist die Grenztemperatur erreicht, muss ein Derating des zu messenden Stroms erfolgen. Die maximale Verlustleistung, für die ein bestimmter Widerstandswert angegeben werden kann, hängt daher stark von der Fähigkeit des Bauteils ab, die entstandene Wärme abzuleiten. Deshalb sind die Hersteller bemüht, beim Design der Widerstände sogenannte Hotspots zu vermeiden.

TCR und PCR

Will man verschiedene Strommesswiderstände vergleichen, gibt der TCR allein also keine hinreichende Auskunft über die zu erwartende Messgenauigkeit. Denn der Widerstand ändert sich nicht nur mit der Umgebungstemperatur, sondern auch aufgrund von Eigenerwärmung. Somit kommt ein weiterer Kennwert ins Spiel: der PCR (Power Coefficient of Resistance). Ein in puncto TCR unterlegenes Bauelement kann aufgrund des PCR-Effekts den genaueren Messwert liefern als sein Konkurrent, wenn seine Eigenerwärmung deutlich niedriger ausfällt.

Ein Beispiel: Grundsätzlich ist anzunehmen, dass der Widerstand vom Typ B in **Tabelle A** aufgrund seines engeren TCR die präziseren Messergebnisse liefert.

PRODUKTE

Die Widerstände der KRL-Reihe von Susumu (Vertrieb: Endrich Bauelemente) sind für hohe Nennleistungen bei niedrigen Nennwiderständen und damit für den Einsatz zur Strommessung ausgelegt. Der Aufbau mit Metallfolie, die an der Unterseite einer Trägerkeramik angebracht wird, begünstigt die gleichmäßige Entwärmung des Bauelements (Bild 1).

Weitere Eigenschaften der KRL-Reihe sind geringes Rauschen, niedrige parasitäre Einflüsse, eine geringe Thermo-EMK, die das Messergebnis verfälschen könnte, geringes Eigengewicht sowie ihre Robustheit. Letztere ist dem inversen Aufbau – mit der Metallfolie unter der Trägerkeramik – geschuldet. Die organische Klebeschicht absorbiert mechanische Spannungen aufgrund der unterschiedlichen Längenausdehnung von Keramik und Leiterkartenmaterial. Die Bauteile können somit die Anforderungen der Automotive Norm AEC-Q200 bis zur größten Bauform deutlich übererfüllen.

Die KRL-Reihe ist bei Endrich in unterschiedlichen Ausführungen erhältlich: mit Nennwiderständen von 1mΩ bis 1Ω, in den Bauformen 0603 bis 4320, in Leistungsklassen von 0,25 bis 10W, standardmäßig mit einem TCR von 50 ppm, mit Toleranzen von ±1% sowie mit kurzseitigen, längsseitigen, 4K- und Gold- Terminals.

Geht man von $R = 100\text{m}\Omega$ aus und belastet beide in der Tabelle aufgeführten Widerstände gleich, so ist die Eigenerwärmung, je nach Aufbau beziehungsweise eingesetzter Technologie, unterschiedlich groß. In diesem Beispiel erwärmt sich der Typ B mit einem TCR von $\pm 40\text{ ppm}$ um 100 K, der Metallfolienwiderstand der KRL-Rei-

erwärmung das genauere Messergebnis liefert.

Strommessung in der Praxis

Diese zuverlässige Methode, Ströme zu messen, hat sich in Automobilanwendungen, aber beispielsweise auch in der Hausgerätetechnik etabliert. Im Fahrzeug fin-

Die Komponentenhersteller ergreifen konstruktive Maßnahmen, um im Widerstandsdesign Hotspots zu vermeiden

he (siehe **Produktkasten**) mit $\pm 50\text{ ppm}$ jedoch lediglich um 60 K. Der Widerstand nach Eigenerwärmung errechnet sich nach

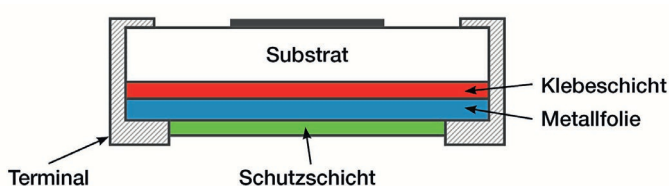
$$R = R_0 \text{ TCR } \Delta T$$

zu $100,4\text{m}\Omega$ für den Typ B beziehungsweise zu $100,3\text{m}\Omega$ für den Typ KRL.

Aus diesem Rechenbeispiel geht also hervor, dass der Widerstand der KRL-Reihe trotz seines größeren Temperaturkoeffizienten aufgrund geringerer Eigen-

den sich derartige Messwiderstände in der Kofferklappensteuerung oder Sitzverstellung; auch Ventilregler oder Bremssysteme benötigen eine präzise Strommessung. Ein Hersteller von Reinigungsrobotern, wie sie im Haushalt eingesetzt werden, konnte mithilfe der KRL-Widerstände gleich drei Probleme auf einmal lösen.

Der DC/DC-Wandler des Roboters erfordert einen $10\text{-m}\Omega$ -Shunt, der für eine Verlustleistung von mindestens 2W spezifiziert ist, da Ströme oberhalb von 10A gemessen werden und der verwendete Regler Eingangsspannungen von mindestens 100mV braucht. Üblicherweise verwendet man dafür Widerstände in der Bauform 2512, da diese für die hier geforderten 2W ausgelegt sind. Aufgrund des begrenzten Bauraums steht jedoch nicht genügend Platz zur Verfügung. Durch Kontaktierung der Widerstände an deren langen Seiten (Long-Side Terminals) lässt sich auch für die kleinere Bauform 2010



1 | KRL-Reihe: Der Aufbau mit einer Metallfolie an der Unterseite einer Trägerkeramik begünstigt die gleichmäßige Entwärmung

Typ	Technologie	TCR/ppm	Eigenerwärmung bei Nennlast, $\Delta T/K$	Nennwiderstand, $R_0/m\Omega$	Widerstand nach Eigenerwärmung, $R/m\Omega$
KRL	Metallfolie unter Keramik	± 50	60	100	100,3
'B'	Shunt aus gebogenem Metall	± 40	100	100	100,4

A | Eigenerwärmung: Einfluss der Temperaturänderung auf die Präzision von Strommesswiderständen

die geforderte Leistungsspezifikation von 2 W erreichen.

Um die Saugroboter präzise zu bewegen, benötigt der Elektroantrieb eine präzise Drehzahlsteuerung. Hier konnte mit

der Manganin-Version, die eine sehr niedrige Quellspannung (Thermo-EMK, also die zwischen unterschiedlichen Metallen bei Temperaturänderung anliegende Spannung im Mikrovoltbereich) und gute Rauschunterdrückung in Verbindung mit niedrigen parasitären induktiven Einflüssen ausweist, die Genauigkeit deutlich erhöht werden.

Im Laderegler des Geräts, in der Nähe des Akkus, spielen thermische Eigenschaften eine wichtige Rolle, da sich Elektronik und Akku beim Laden und Entladen erwärmen. Aufgrund des invertierten Aufbaus (Trägerkeramik oben, Wider-

standselement unten) werden im Widerstand keine Hotspots ausgebildet, und dieser wird zügig entwärmt, was den Einfluss von TCR/PCR auf das Messergebnis reduziert. ml

Autor

Tobias Jung ist Senior Product Manager, Passive Components, bei Endrich Bauelemente.

Online-Service

Übersicht: Susumu-Widerstände bei Endrich
www.elektronik-informationen.de/59057

KONTAKT

Endrich Bauelemente Vertriebs GmbH,
 Hauptstraße 56,
 72202 Nagold,
 Tel. 07452 6007-0,
 Fax 07452 6007-70,
www.endrich.com