

Genauere Messung von Nanoampere

Verwendung des Multimeters Fluke 8808A

Anwendungsbericht

Hersteller von batteriebetriebenen Elektronikgeräten sind mit dem so genannten Leckstrom vertraut (auch als Standby- oder Dunkelstrom bezeichnet). Dieses Phänomen tritt auf, weil in einem batteriebetriebenen Stromkreis immer eine gewisse Impedanz vorhanden ist, auch wenn der Netzschalter ausgeschaltet oder das Gerät auf andere Weise nicht „aktiviert“ ist.

Der Standby-Leckstrom ist oft durch die Konstruktion des Geräts bedingt. Er tritt bei Elektronikprodukten wie Mobiltelefonen und Kraftfahrzeug-Stereoanlagen mit Mikroprozessorsteuerung und Speicherschaltungen auf, die auch im ausgeschalteten Zustand die Batterie mit einem gewissen Strom belasten. Es gibt sogar einige legendäre Berichte von Elektronikgeräten, deren Batterie aufgrund von Konstruktionsfehlern, die einen übermäßig hohen Leckstrom verursachten, bereits nach kurzer Zeit entladen war.

Das Ziel der Hersteller von elektronischen Geräten ist natürlich die Fertigung von ordnungsgemäß funktionierenden Produkten. Ständige Prüfungen während der Entwicklung und der Komponentenmontage tragen dazu bei, dass dieses Ziel erreicht wird. Konkret müssen die Konstrukteure und Messtechniker nachweisen, dass das abgeschaltete Produkt nach einer bestimmten Zeit wieder in Betrieb genommen werden kann und nicht wegen einer entladenen Batterie funktionsunfähig ist.

In diesem Zusammenhang ist auch zu beachten, dass elektronische Geräte oft in größere Systeme integriert

sind. Dies ist z. B. bei Stereoanlagen, Uhren und Diagnosecomputern in Kraftfahrzeugen der Fall. Der Hersteller des Originalgeräts, in diesem Fall der Kraftfahrzeughersteller, gibt an, mit welchem Leckstrom eine Komponente die Batterie belasten darf. Kraftfahrzeughersteller haben natürlich ein besonderes Interesse daran, dass die Kraftfahrzeugbatterie nicht aufgrund des Leckstroms von in das Kraftfahrzeug eingebauten elektronischen Geräten entladen wird.

Messen des Standby-Leckstroms

Um die Produktion von Mobiltelefonen, die nach wenigen Stunden funktionsunfähig sind, oder Stereoanlagen, die zur Entladung der Autobatterie führen, zu vermeiden, müssen die Konstrukteure den Leckstrom von Prototypen messen können. Während der Produktion müssen die Messtechniker gewährleisten können, dass die angegebenen technischen Daten (Betriebszeiten usw.) der ausgelieferten Produkte eingehalten werden. Mit anderen Worten, um Leckströme zu



vermeiden, muss die Bestimmung des tatsächlichen Leckstroms möglich sein.

Auf den ersten Blick scheint diese Aufgabe einfach zu sein. Es sind lediglich die Messleitungen eines hochwertigen Digitalmultimeters (DMM) mit den entsprechenden Anschlüssen zu verbinden. Dann kann der Strom direkt gemessen werden. In der Realität ist diese Aufgabe keineswegs so einfach, da der Leckstrom in der Regel im Bereich einiger Mikroampere liegt. Messungen in diesem Bereich mit herkömmlichen DMMs können ungenau sein.

Der Grund für die Ungenauigkeiten ist, dass DMMs den Strom in der Regel durch Anlegen eines bekannten Widerstands in Form eines *Shunts* in Reihe mit dem zu prüfenden Stromkreis messen, sodass ein Strom durch den Schaltkreis fließt. Wenn der Strom fließt, misst das DMM den Spannungsabfall am Shunt und nutzt das Ohmsche Gesetz zur Berechnung des Stroms. Diese Shunt-Methode verursacht einen Spannungsabfall, die so genannte *Lastspannung*, am Shunt. (Siehe Abbildung 1.) Die Lastspannung wird zur Fehlerquelle, da sie nach der zweiten Kirchhoffschen Regel von der Versorgungsspannung des Schaltkreises subtrahiert wird. Somit sind Fehler von 50 % und mehr möglich.

Durch die Verwendung eines Shunts mit geringerem Widerstand kann der Konstrukteur bzw. Messtechniker den Fehler verringern. Hochwertige DMMs bieten wählbare Strombereiche mit variablen Shunt-Werten. Durch die Verwendung von Shunts mit niedrigem Widerstand wird jedoch die Empfindlichkeit der gemessenen Spannung so groß, dass die Messung schließlich ungenau und instabil wird.

Eine viel höhere Genauigkeit lässt sich durch die Verwendung eines DMMs erreichen, das durch den Einsatz einer Umwandlungsmethode mit Strom/Spannungs-Operationsverstärker als Strommesser für Schwachstromanwendungen zum Schaltkreis in Reihe geschaltet wird. (Siehe Bild 2.)

Theoretisches Beispiel für die Erläuterung des Fehlers: Ein Stromkreis mit einer Spannungsversorgung von 1,2 V Gleichspannung mit einem Gerät, das während der Messung mit 100 kΩ belastet wird, ergibt einen berechneten Strom von 12 µA. Durch den zusätzlich in Reihe

geschalteten Shunt des Messgeräts (10 kΩ) fällt der durch das zu prüfende Gerät fließende Strom jedoch auf 10,909 µA ab. Um die Empfindlichkeit von Schwachstrommessungen zu verbessern, erhöhen die Konstrukteure von Strommessern den Shunt-Widerstand. Mit zunehmendem Shunt-Widerstand nimmt aber auch der Fehler zu.

Das neue Fluke 8808A Digitalmultimeter ist mit einem Strom/Spannungs-Operationsverstärker mit zwei Direktstrommessbereichen für Schwachstrom ausgestattet: 2000 µA und 200 µA. In diesen Messbereichen wird durch den Operationsverstärker nur eine geringe Impedanz zum Stromkreis hinzugefügt. Der unbekannte Eingangsstrom wird in eine Spannung umgewandelt, sodass auf einen Shunt mit niedrigem Widerstand verzichtet werden kann und die Lastspannung somit entfällt. Das Ergebnis ist ein Instrument, das bei Schwachstrommessungen in den angegebenen Messbereichen eine Auflösung von bis zu 100 µA bei einer

Genauigkeit von 0,03 % bei gleichzeitig minimalen Belastungsauswirkungen auf die Messung liefert. Die Messergebnisse entsprechen den tatsächlichen Werten in der Praxisanwendung.

Das Zeitalter der batteriebetriebenen Mikroelektronik hat begonnen. Durch die immer höheren Anforderungen an die Batterieleistung wird die Bedeutung von Standby-Strommessungen weiter zunehmen. Mit der Möglichkeit, derart genaue Messung im Nanoampere-Bereich mit einem Standard-Tischmultimeter durchzuführen, kann nur spekuliert werden, welche neuen Verbesserungen bei der Batterieleistung daraus abgeleitet werden.

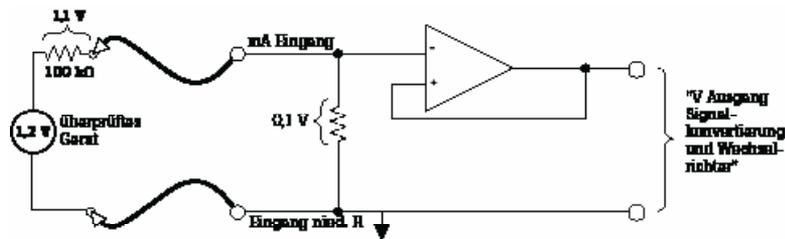


Abb. 1. Schaltung eines als Strommesser verwendeten Shunt-Multimeters

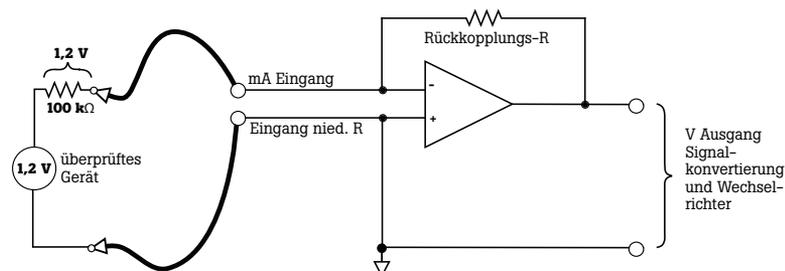


Abb. 2. Schaltung eines als Schwachstrommesser verwendeten Rückkopplungs-DMMs. Das Fluke 8808A DMM ist ein derartiges Messgerät.

Achten Sie auf Fehlerquellen

Bei Schwachstrommessungen sollten Konstrukteure und Messtechniker auf die möglichen Quellen von Messfehlern achten und deren Auswirkungen weitgehend beschränken. Hier einige verbreitete Fehlerpunkte:

- Von außen eingebrachte, durch Verunreinigungen wie Schmutz, Fett, Lötlösungsmittel usw. verursachte Leckströme. Verunreinigungen am zu prüfenden Gerät, am Prüfgerät selbst oder an den Messkabeln bzw. -steckverbindern können alternative Stromwege bieten und somit Messfehler verursachen. In der Entwicklungsphase sollten die Konstrukteure vor der Durchführung von Schwachstromprüfungen alle potenziell verunreinigten Oberflächen mit Alkohol reinigen. Bei der Montage ist Sauberkeit in jeder Hinsicht notwendig. Bereits ein Fingerabdruck kann zum Leiter werden.

- Störfelder können zu fehlerhaften Schwachstrommesswerten führen:
 - Durch Wechselstromleitungen hervorgerufene Störfelder können empfindliche Verstärker beeinflussen und so ungenaue Messwerte verursachen. Mit Filtern lassen sich hier Verbesserungen erreichen. Durch Messkabel mit Koaxial- oder abgeschirmten verdrehten Zweidrahtleitungen können fehlerhafte Messwerte verringert werden.
 - Durch akustische Signale jeder Art verursachte Vibrationen können den Messprozess beeinflussen. Vibrationen wiederum können dazu führen, dass Leiter mit Isolatoren in Berührung kommen, was Störungen im Schaltkreis und somit Messfehler verursachen kann.
 - Thermische Störungen entstehen, wenn durch Wärme im Shunt oder dem zu prüfenden Gerät die Zufallsbewegung und Kollisionen der Elektronen im Schaltkreis angeregt werden. Die daraus resultierende Spannung und der entsprechende Strom sind zum Quadrat des Stromkreiswiderstands (sowohl des zu prüfenden Geräts als auch des Messstromkreises) proportional. Durch die Verwendung von Shunts mit geringerem Widerstand und rauscharmen Rückkopplungswiderständen können hier Verbesserungen erzielt werden.



Fluke. *Damit Ihre Welt intakt bleibt.*®

Fluke Corporation
PO Box 9090, Everett, WA USA 98206
Fluke Europe B.V.
PO Box 1186, 5602 BD
Eindhoven, The Netherlands

TVW Meßtechnik GmbH
Sammelweg 31
32257 Bünde
Fon: 05223 / 9277 - 0
Fax: 05223 / 9277 - 40
info@twwbuende.de
www.twwbuende.de



Pub_ID: 11321-ger Rev 01