

Effektives Debugging des Stromverbrauchs batteriebetriebener Geräte

Die Zahl der Anwendungen und Geräte, die unabhängig von einer Steckdose operieren, steigt unaufhörlich. Dies macht ein effektives Powermanagement notwendig. Neue Messtechniken und Analysemethoden, zum Beispiel mit dem Dynamic-Current-Analyzer, ermöglichen tiefe Einblicke in das Systemverhalten.

Fachartikel von Norbert Bauer

ECK-DATEN

Die explodierenden Anwendungen für Schaltungen und Geräte mit sehr kleinem Energieverbrauch fordern nicht nur schaltungstechnisch neue Vorgehensweisen von den Entwicklern, sondern auch beim Prüfen und Optimieren. Traditionelle Messkonzepte gelangen zunehmend an Leistungsgrenzen. Eine neue Geräteklasse – der Dynamic-Current-Analyzer – zeigt hier frische Wege mit neuer Technik und innovativer Software.

Im Laufe der letzten Jahre stieg die Zahl der mobilen und damit batteriebetriebenen Geräte und Applikationen stetig. Es fing mit Telefonen an, die so „smart“ wurden, dass man damit weit mehr als telefonieren und Nachrichten versenden konnte. Das Internet und die mobile Telefonie verschmolzen und ermöglichten neue Formen der Kommunikation. Innerhalb kurzer Zeit vervielfachten sich nicht nur die Kommunikationswege zwischen den Menschen, sondern auch zwischen Mensch und Maschine und von Maschine zu Maschine. Moderne Technologien ermöglichen es schon heute praktisch jedem, zum Beispiel mit dem Smartphone als Kommandozentrale, die Heizung oder andere Hausgeräte aus der Ferne zu überwachen und zu steuern. In nicht allzu ferner Zukunft wird auch der Kühlschrank durch Sensorik über seinen Inhalt genauestens informiert sein und wahlweise seinem Nutzer eine Einkaufsliste schicken oder sogar selbstständig im Internet bestellen.

Für viele der neuen Geräte gilt: sie beziehen ihre Energie langfristig aus Batterien oder Akkumulatoren, zuweilen von Solarzellen unterstützt, oder werden eventuell kurzzeitig induktiv mit Strom versorgt. Diese Quellen speisen dann Sensoren zur Erfassung von beispielsweise

physikalischen Daten wie Temperatur, Helligkeit oder auch medizinischen Größen wie dem Puls eines Menschen. Diese Werte werden von integrierten Mikroprozessoren, mit Zeitstempeln einer Echtzeituhr versehen, weiterverarbeitet und gegebenenfalls zwischengespeichert. In aller Regel werden die zwischengelagerten Daten über Funk vom Sensor zu einem Smartphone und/oder einem zentralen Server zur Weiterverarbeitung gesendet. Dabei ist am wichtigsten, dass das Produkt, unabhängig von der Nutzung, sicher ist und möglichst lange betriebsbereit bleibt.

Die zur Verfügung stehende Primärenergie ist in jedem Fall knapp, daher muss der Energieverbrauch bei der Entwicklung eines Produktes erst sorgfältig geprüft und dann schrittweise optimiert werden. In der modernen Elektronik stehen diverse Bauteile und Methoden zum Management des Stromverbrauches zur Verfügung: So können Baugruppen bei Nichtgebrauch komplett abgeschaltet, Prozessoren auf niedrige Taktraten gesetzt oder Sendeleistungen von Funkmodulen dynamisch angepasst werden. Je aufwendiger die Schaltungen werden, umso dringender muss der Energieverbrauch analysiert werden. Der Stromverbrauch einer Schaltung wird im Ruhezustand weit unter 1 μA liegen, kann jedoch in aktiven Phasen impulsartig bis zu hunderten von mA steigen. Um sich dem wahren Stromverbrauch einer Schaltung zu nähern, reicht es nicht, sich den Ruhestrom sowie global den Stromverbrauch bei Aktivität anzusehen. Es gilt vielmehr die Schlafphasen systematisch auf unerwartete Ausreißer zu untersuchen. Noch wichtiger ist es, das Power Budget in den Aktivitätsphasen sowohl zeitlich als auch leistungsbezogen zu optimieren. Der Trend geht zu zeitlich immer kürzeren, aktiven Phasen, was bei Messungen höhere Bandbreiten erfordert.

Die üblichen Werkzeuge für solche Messaufgaben sind: Source Measure (SMU), Oszilloskop mit Hallsensor oder Stromzange, Oszilloskop mit Shunt sowie Dynamic-Current-Analyzer.

Source Measure Unit

Die Source Measure Unit ist nur auf den ersten Blick das optimale Mittel, weil sie einfach aufzubauen ist, da sie Quelle und Messgerät vereint. Auch stehen viele Messbereiche mit hoher Auflösung bereit. Diese Flexibilität geht jedoch zu Lasten der Bandbreite. Außerdem fehlen dedizierte Analysewerkzeuge, was die Auswertung mühsam gestaltet.

Oszilloskope

Oszilloskope sind grundsätzlich zum Messen von Spannungen über der Zeit ausgelegt. Die Spannungsversorgung des Prüflings muss mit einer zusätzlichen Quelle geschehen. Ströme können nur mithilfe zusätzlicher Messwandler erfasst werden. Grundsätzlich kommen bei Wandlern entweder Stromzangen mit Spulenwandlern oder auf der Basis von Hallsensoren in Frage oder alternativ Shunts. Der Vorteil von Oszilloskopen liegt in ihrer weiten Verbreitung und der zunächst einfach erscheinenden Bedienung.



Bild 1: Ein Stromverlauf aufgenommen mit dem Dual-Sensor. Gelb die aktive Phase mit hohem Stromverbrauch. Grün der Ruhestrom in hoher Auflösung. (Bild: BSW Test Systems & Consulting)



Bild 2: Unterschiedliche

Stromzangen

Stromzangen sind weit verbreitet. Bauartbedingt sind sie zum Messen von kleinen und kleinsten Strömen nicht gut geeignet. Auch die erzielbaren Bandbreiten sind oft stark eingeengt, da bei den meisten Stromzangen der Sensor einen Zuleitungsdraht umschließen muss. Dies limitiert die Messungen meist auf die Zuleitungen.

Für das Messen mit Oszilloskopen in Verbindung mit Shunt-basierten Wandlern ist viel Erfahrung erforderlich. Die Qualität der Messwerte in Bezug auf Rauschen, Auflösung und Bandbreite ist erheblich von der Auslegung des Shunts und des dazugehörigen Messverstärkers abhängig. Wenn man Leiterbahnen auftrennt, können hier auch einzelne Ströme an Subsystemen innerhalb von Schaltungen auf Leiterplatten erfasst werden.

Selbst wenn es gelingt, Messungen mit aussagekräftiger Auflösung, geringem Rauschen und guter Bandbreite durchzuführen, ist die Aufbereitung und Analyse dennoch meistens ein zeitaufwendiger und mühsamer Prozess.

Dynamic-Current-Analyzer

Dynamic-Current-Analyzer wie beispielsweise der Keysight CX3300A sind ein hochentwickeltes Spezialwerkzeug, das für das einfache Messen von dynamischen Strömen und Spannungen mit höchster Präzision konzipiert wurden. Der Analyzer arbeitet mit neuartigen Sensoren, die ähnlich wie Shunt-Sensoren in eine aufgetrennte Leiterbahn eingefügt werden. Unterschiedliche Sensoren (High Side, Low Side, unterschiedliche Strombereich und so weiter) ermöglichen eine einfache, schnelle und praxisnahe Arbeitsweise. Alle Sensoren verfügen über wählbare Messbereiche, die wahlweise mit bis zu 16 Bit digitalisiert werden. Für Aufgaben, die besonders hohe Dynamik erfordern, gibt es einen Dual-Sensor. Dort wird das Signal von zwei Sensoren gleichzeitig in unterschiedlichen Messbereichen ausgewertet. Hiermit lässt sich der Stromverbrauch von Schaltungen in einem Durchgang vom Sleep-Modus bis zum aktiven Betrieb charakterisieren.

Als Zubehör erhältliche, austauschbare Köpfe stellen die flexible Verbindung zwischen dem Prüfling und dem Sensorkopf dar. Erhältlich sind viele Varianten. In der Praxis dürfte die Ausführung für Pfostenstecker oder der Kopf mit Twisted-Pair-Kabelanschluss zum Einlöten von großer Beliebtheit sein. Für Messungen mit Fokus auf Bandbreite stehen verschiedene Köpfe mit SMA-Anschluss zur Verfügung.

Auch in der zur Verfügung gestellten Auswahl von Auswerte- und Analysewerkzeugen ist der Dynamic-Current-Analyzer gut aufgestellt. Mit der Funktion Anywhere-Zoom lassen sich beliebige Abschnitte aus einem aufgezeichneten Signalverlauf in einem zweiten Teil des Bildschirms vergrößern. Dies ist besonders hilfreich, wenn man zeitlich längere Stromverläufe oder Details analysieren will.

Natürlich lassen sich einzelne Traces auch mathematisch miteinander verrechnen. So kann man aus dem Produkt der real gemessenen Ströme und Spannungen gleich die Leistung berechnen, anzeigen und analysieren. Noch tiefer lässt sich der Strom in einem Low-Power-System zum Beispiel mit der integrierten FFT- oder der CCDF- Analyse bewerten.

Automatic Current Profiler

Das bei weitem innovativste Werkzeug beim Dynamic-Current-Analyzer ist der Automatic Current Profiler. Dieses Werkzeug wird einfach auf einen ausgewählten Trace (Strom oder Leistung) angewendet und analysiert diesen selbstständig. Als Ausgabe bekommt man eine detaillierte Tabelle mit einer Auflistung der Ströme (oder eventuell Leistungen) und der Zeiten, die das System in diesem Zustand verbracht hat, zusammen mit den resultierenden Energien. Die automatische Analyse lässt sich bei Bedarf einfach manuell verfeinern. So kann man als Entwickler von Low-Power-Schaltungen schnell und sicher solide Daten über den zu erwartenden Stromverbrauch und die Batterielebensdauer ermitteln.

Die BSW Test Systems & Consulting ist auf die beschriebenen herausfordernden messtechnischen Aufgaben spezialisiert. Zusammen mit den Kunden erarbeiten die Mitarbeiter passende kundenorientierte Lösungen für die moderne Halbleiter- und Elektronikindustrie. Applikations-Know-how und jahrelange praktische Erfahrung stellen dabei sicher, dass optimale Antworten für jedes Problem gefunden werden.

Sensorköpfe ermöglichen die Anpassung an verschiedene Messaufgaben.
(Bild: BSW Test Systems & Consulting)



Bild 3: Anywhere-Zoom. Oben: Die gesamte Stromsequenz über einen längeren Zeitraum. Unten: Das herausgezoomte Detail einer aktiven Phase.
(Bild: BSW Test Systems & Consulting)



Bild 4: Ein Blick auf die Auswertung eines Stromverlaufes mit dem Automatic Current Profiler.
(Bild: BSW Test Systems & Consulting)

ÜBER DEN AUTOR

Norbert Bauer

Applikations- und Vertriebsingenieur der BSW Test Systems & Consulting

● WEITERE INFOS

bsw TestSystems & Consulting

Waldenbucher Str. 42

71065 Sindelfingen

Deutschland

[Zum Firmenprofil >](#)