

Lebensdauer von Batterien in implantierten medizinischen Geräten



Keysight Leistungsanalysator N6705C

Herzkrankheiten sind ein großes Gesundheitsproblem unserer Zeit. Laut den U.S. Centers for Disease Control and Prevention waren sie in den USA die häufigste Todesursache im Jahr 2019. In vielen Fällen können Herzkrankheiten durch Änderungen des Lebensstils wie Ernährung und Bewegung behandelt werden; in anderen Fällen sind pharmazeutische Ansätze sinnvoll.

Darüber hinaus entwickelt sich für Patienten mit Herz-Kreislauf-Erkrankungen vermehrt der Trend zu implantierten medizinischen Geräten. Viele betroffene Menschen erhalten einen Herzschrittmacher, um den Herzrhythmus stabil aufrechtzuerhalten. Patienten mit Vorhofflimmern und Vorhofflattern können von einem implantierten Cardioverter-Defibrillator (ICD) profitieren. Sowohl Herzschrittmacher als auch ICDs werden mit Batterien betrieben, und eine leere Batterie kann für den Patienten gefährlich sein. Glücklicherweise verfügen die meisten modernen Herzschrittmacher und ICDs über eine Warn-

funktion, die es dem Patienten ermöglicht, eine nötige Operation zu planen, bevor die Batterie tatsächlich ausfällt.

Austausch defekter Batterien

Eine leere Batterie kann im Extremfall den Unterschied zwischen Leben und Tod bedeuten, daher ist ein rechtzeitiger Austausch entscheidend. Bei einem ambulanten Eingriff sind viele Kosten zu berücksichtigen, darunter die Kosten für den Chirurgen, den Operationsaal und die Ausrüstung, das OP-Personal, die Anästhesie und den Anästhesisten, den Aufwachraum oder das Krankenzimmer sowie die Nachsorge und das Zubehör.

Abgesehen von den Kosten besteht immer auch ein gewisses Risiko für die Patienten, von denen viele älter sind und häufig zusätzlich andere gesundheitliche Risikofaktoren aufweisen. Selbst bei relativ gesunden Patienten besteht immer das Risiko von Infektionen und anderen Komplikationen. Eine

lange Batterielebensdauer kommt daher natürlich sowohl Patienten als auch Ärzten zugute und verringert zudem das Risiko rechtlicher und behördlicher Konsequenzen für den Gerätehersteller. Also müssen die Hersteller medizinischer Geräte vermehrt darauf achten, eine lange Lebensdauer der Batterien zu gewährleisten.

Instrumente zur Strommessung

Um eine lange Batterielebensdauer für medizinische Geräte sicherzustellen, stehen bei der Entwicklung und Validierung zahlreiche Hardware-Tools zur Strommessung zur Verfügung. Eines der gebräuchlichsten Instrumente ist das Digitalmultimeter (DMM), über das fast jeder Hardware-Ingenieur an seinem Arbeitsplatz verfügt. Mit dem DMM lassen sich niedrige Stromstärken sehr genau messen. Zudem ist es auch ein gutes Allzweckmessgerät für Spannung, Widerstand, Dioden und mehr. Ein Nachteil des DMM ist allerdings, dass es nicht über die nötige Bandbreite verfügt, um schnelle Transienten genau zu erfassen. Möglicherweise bietet es (je nach Ausführung) auch nicht den ausreichenden Dynamikbereich, um Übergänge zwischen Ruhezuständen mit niedrigen Strömen und aktiven Zuständen mit relativ hohen Strömen zu erfassen.

Alternativen für die Messung

Ein DC-Leistungsanalysator wie der Keysight N6705C als Alternative für solche Messungen ist zwar etwas teurer und weniger verbreitet als das DMM, hat aber eine deutlich bessere Bandbreite. Da es sich um ein modulares Produkt handelt, ist er flexibler als das DMM, und einige seiner Module umfassen Source-Measure-Units (SMUs) mit nahtlosem Messbereich, die den Ruhezustand und den aktiven Zustand ohne die mit Bereichsänderungen verbundenen Störimpulse messen können.

Ein weiteres Instrument, das für Batteriemessungen in Frage kommt,

Übersetzung/Überarbeitung
deutsch: Ernst Bratz,
Meilhaus Electronic GmbH
www.meilhaus.com

im Original von Brad Jolly,
leitender Anwendungsingenieur,
Keysight Technologies
www.keysight.com

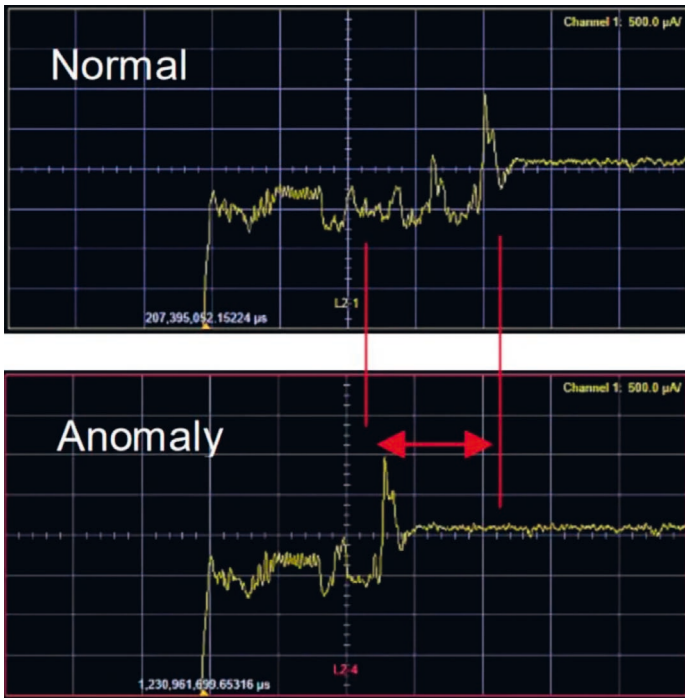


Bild 1: Von der Keysight „Anomalous Waveform Analytics Software“ identifizierte Stromwellenform-Anomalie.

ist das Oszilloskop. Es kann mit speziellen Stromstastköpfen sehr gute Strommessungen liefern. Das Oszilloskop verfügt zwar nicht über die Quellenmess- und E-Last-Fähigkeiten eines DC-Leistungsanalysators, hat aber eine viel höhere Bandbreite und mehr Triggerfunktionen.

Der Gerätestrom-Wellenform-Analysator (Device Current Waveform Analyzer) schließlich gehört zum Highend-Bereich der Strommessgeräte. Er verfügt über ein Anwendungsspektrum wie ein Oszilloskop, eine hohe Strommessbandbreite und eine hervorragende Genauigkeit bei der Messung kleiner Ströme.

Aus Messungen werden Erkenntnisse

Zwar können alle oben genannten Geräte große Datenmengen präzise erfassen, doch reichen die Daten allein nicht aus, um die nötigen Erkenntnisse daraus zu gewinnen, die Ingenieure zur Optimierung ihrer Entwürfe benötigen. All diese Daten müssen schnell durch hochentwickelte Firmware und Software analysiert werden, die technische Statistiken und klare Diagramme erstellt, um wichtige Informationen auf einen Blick zu erkennen.

Datenlogging-Software ist dabei ebenfalls ein wichtiges Hilfsmittel.

Implantierte und am/im Körper getragene medizinische Geräte zeigen oft ein sehr unterschiedliches Verhalten abhängig vom gesundheitlichen Zustand und der körperlichen Verfassung des Patienten. Bei Geräten, die über HF-Signale kommunizieren, können sogar die elektromagnetischen Bedingungen in der Umgebung des Patienten zu einem übermäßigen Energieverbrauch führen. Denn unter Umständen sind diese Geräte mit schwierigen „HF-Koexistenzproblemen“ konfrontiert, d. h. sie stehen in „Konkurrenz“ zu anderen drahtlosen Geräten in der Umgebung. Möglicherweise müssen sie zum Beispiel mehrere Wiederholungsversuche unternehmen, um sicherzustellen, dass die Daten erfolgreich übertragen werden und haben dadurch einen erhöhten Stromverbrauch.

Datenanalyse

Sobald in der Entwicklung eine große Menge an Daten über die Datenprotokollierung gesammelt wurde, können diese Informationen nicht nur für die Analyse des Batterieverbrauchs verwendet werden. Manche Software kann beispielsweise mit Hilfe von Techniken der künstlichen Intelligenz große Datenmengen analysieren und Anomalien in den Stromkurven

der Geräte aufspüren. Weicht ein Segment einer Stromwellenformen zum Beispiel stark vom normalen Verhalten des Geräts ab (Bild 1, rote Markierung), könnte dies auf einen intermittierenden Defekt in der Hardware hinweisen - es könnte sich um einen Firmware-Fehler handeln, oder es könnte sogar durch Malware verursacht werden, z. B. durch einen Trojaner, der im Gerät lauert.

Ereignisbasierte Energieanalyse-Software

Ein weiterer Software-Typ, der Ingenieuren hilft, das Geräteverhalten zu verstehen, ist ereignisbasierte Energieanalyse-Software. Diese Software ist Teil einer Lösung zur Optimierung der Batterielebensdauer von IoT-Geräten und korreliert den Ladeverbrauch mit HF- und DC-Ereignissen. Anschließend analysiert sie diese Informationen, um die Batterielebensdauer abzuschätzen und die wichtigsten Ereignisse in einem Gerät zu identifizieren, die viel Zeit und Batterieladung verbrauchen. Bild 2 zeigt zum Beispiel Wellenformen für Gerätestrom (gelb), HF-Leistung (grün) und LED-Versorgungsspannung (blau). Außerdem werden unten drei Ergebnisgruppen angezeigt: komplementäre kumulative Verteilungsfunktionen (CCDF) auf der linken Seite, Statistiken zur geschätzten Batterielebensdauer in der Mitte und gestapelte Balkendiagramme zu Belegungszeit und Ladungsverbrauch auf der rechten Seite.

Spezifische Vorteile für Ingenieure in der Medizintechnik

Natürlich gelten die Vorteile der oben beschriebenen Hardware- und Software-Tools für jedes batteriebetriebene IoT-Gerät. Für Ingenieure in der Medizintechnik können diese Tools jedoch auch Daten und Grafiken liefern, die als Dokumentation in das Qualitätsmanagementsystem (QMS) eines Herstellers aufgenommen werden können. Sie können zudem wichtige Informationen liefern, die Ingenieure nutzen können, um das Risiko für den Patienten und das medizinische Fachpersonal zu verringern. Patient und Ärzte können sich so auf eine lange Batterielebensdauer verlassen und die Notwendigkeit von Austausch-Operationen verringern.

Zusammenfassung

Implantierte Geräte können für Menschen mit Herzproblemen lebensrettend sein. Eine längere Batterielebensdauer kommt den Patienten dabei in vielerlei Hinsicht zugute. Moderne Hardware- und Softwarelösungen zur Optimierung der Batterielebensdauer von IoT-Geräten können auch in der Medizintechnik helfen und Patienten und medizinischem Fachpersonal erhebliche Vorteile bieten. Meilhaus Electronic bietet mit den Digitalmultimetern, Leistungsanalysatoren und Oszilloskopen von Keysight viele Lösungsmöglichkeiten für die Messung und Charakterisierung von Batterien. ◀



Bild 2: Die ereignisbasierte Leistungsanalysesoftware zeigt Strom-, HF-Leistungs- und LED-Versorgungsspannungswellenformen zusammen mit Diagrammen und Statistiken, die das Geräteverhalten beschreiben.