

Los sensores inalámbricos IoT y el problema de la corta duración de las baterías

Artículo cedido por Keysight



www.keysight.com

Autor: Carlo Canziani,
Keysight Technologies,
Inc.



Los sensores inalámbricos van a introducir cambios drásticos en la monitorización de parámetros ambientales e instalaciones industriales. En la actualidad, las limitaciones en el cableado y la instalación de sensores impiden su adopción generalizada. Con dispositivos alimentados por batería, el Internet de las Cosas puede convertirse en una realidad... en cuanto a la duración de las baterías de los sensores permita superar las dudas de los usuarios. Una forma frecuente de reducir la corriente total que consume el dispositivo es utilizar ráfagas, es decir, periodos de actividad seguidos de periodos de actividad relativamente baja.

En esencia, los ingenieros diseñan el periodo activo para que sea lo más corto posible y el periodo inactivo, para que tenga la máxima duración posible. Durante años, los ingenieros se han esforzado con medidas relacionadas con el tiempo de funcionamiento de los dispositivos alimentados por batería. Las configuraciones de prueba de osciloscopios, multímetros digitales, fuentes de alimentación, sondas de corriente y shunts de corriente son complejas y no pueden mostrar detalles del consumo de corriente dinámica. La nueva tecnología patentada de rango integrado de corriente, en combinación con un registro de datos de alta resolución y larga duración, ayuda a los ingenieros a visualizar el drenaje de corriente de nA a A en un paso para desvelar información y proporcionar una excepcional duración

de la batería en sensores inalámbricos y otros dispositivos alimentados por batería.

Los sensores inalámbricos proporcionan excelente información en aplicaciones como la monitorización de condiciones ambientales o plantas industriales y maquinaria. Dado que son fáciles de instalar, se pueden desplegar en multitud de situaciones. En los próximos años se producirá un aumento considerable de nuevos usos de los sensores inalámbricos, a medida que se produzca la implementación generalizada del Internet de las Cosas o IoT. Sin embargo, uno de los factores que más frena el uso de los sensores inalámbricos es su limitada capacidad para realizar su tarea durante un periodo de tiempo razonable. Cuando el funcionamiento de un sensor inalámbrico depende por completo de una batería y esta se agota, el aparato se convierte en un trasto inútil.

Los diseñadores de sensores inalámbricos alimentados por batería se enfrentan a numerosos retos para garantizar que los dispositivos funcionan durante un periodo de tiempo razonable. El enfoque habitual es utilizar la energía solo durante la actividad requerida y, seguidamente, poner el dispositivo en modo de bajo consumo.

El funcionamiento de un sensor inalámbrico puede segmentarse en una serie de actividades, cada una de las cuales requiere un determinado

nivel de potencia durante un periodo de tiempo específico. Las actividades más comunes son:

- Activación, toma de una medida y procesamiento de datos en un mensaje
- Encendido del amplificador de potencia de RF, transmisión del mensaje y apagado del amplificador de potencia de RF
- En los sensores bidireccionales (transmisión y recepción): activación, encendido del receptor, recepción, procesamiento de datos, actuación ante un mensaje y apagado

Es fácil comprobar que son varias las acciones que provocan la descarga de la batería.

La forma más sencilla de aumentar la duración de la batería es utilizar una batería más grande, una batería de mayor capacidad. Sin embargo, los clientes desean sensores pequeños y de alto rendimiento (para poder enviar muchos datos y disponer de capacidad de procesamiento de inteligencia/datos). Obviamente, las expectativas de los clientes son diametralmente opuestas a la forma más fácil de resolver el problema de la corta duración de las baterías.

¿Cómo calculan los ingenieros la duración de las baterías?

Como ingeniero de diseño, es necesario que empiece a hacer concesiones y a encontrar un equilibrio entre el tamaño de la batería y la funcionalidad del sensor inalámbrico, con el fin de conseguir el mejor rendimiento de una batería pequeña y un intervalo de tiempo entre sustituciones de baterías lo suficientemente prolongado.

Para optimizar el proceso es necesario comprender primero los requi-



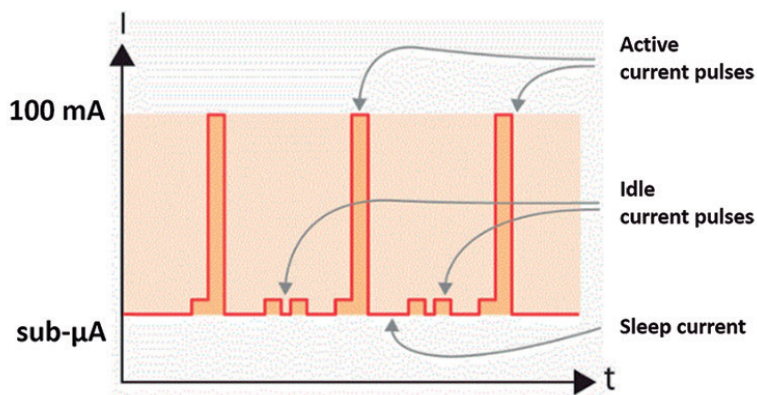


Figura 1. Niveles de corriente durante los tres estados principales de un sensor inalámbrico.

sitos de energía. Recoger datos sobre el consumo de energía constituye el primer paso para caracterizar el rendimiento del dispositivo.

Una batería tiene una cantidad definida de energía, especificada en vatios-hora (Wh), y de capacidad, especificada en amperios-hora (Ah). Si sabe cuánta potencia necesita para que el dispositivo funcione, puede calcular la duración de la batería.

Duración de la batería (horas) = Capacidad de la batería (Wh) / Drenaje medio de potencia (W)

La energía de la batería también es producto de su tensión nominal (V) y su capacidad (Ah). La tensión nominal es el valor medio de la curva de descarga de la batería determinado empíricamente para su correcta relación con la energía y la capacidad de la batería. En consecuencia, la duración de la batería también se puede determinar mediante la siguiente fórmula:

Duración de la batería (horas) = Capacidad de la batería (Wh) / Drenaje medio de corriente (W)

Sin embargo, cuando el dispositivo está en funcionamiento real, la duración de la batería suele ser más corta que el número que hemos calculado. El comentario más frecuente es: "la batería es de mala calidad". Las grandes marcas de baterías ofrecen especificaciones detalladas e indican que, entre baterías del mismo tipo, es frecuente que haya variaciones del 5% al 10%. Pero incluso utilizando cálculos conservadores sobre la capacidad de la batería, su duración suele ser corta. El dispositivo se apaga antes de lo previsto. ¿Por qué ocurre esto? ¿Hemos calculado correctamente el consumo de energía? Lo más probable es que no. Analicemos el problema.

La complejidad de medir el drenaje de corriente dinámica

Para ahorrar energía en los dispositivos alimentados por batería, por ejemplo, en los sensores inalámbricos, los subcircuitos del dispositivo solo se activan cuando resultan necesarios. Los ingenieros diseñan el dispositivo para que pase la mayor parte del tiempo en modo de suspensión con un consumo de corriente mínimo. En el modo de suspensión solo funciona el reloj de tiempo real. La unidad se activa periódicamente para realizar medidas. A continuación, los datos adquiridos se transmiten a un nodo de recepción.

Los distintos modos de funcionamiento generan un drenaje de corriente que abarca un amplio rango dinámico desde valores por debajo de μA a 100 mA, lo que representa una relación del orden de 1:1.000.000.

Técnicas de medida tradicionales y sus limitaciones

Un método conocido para medir la corriente es utilizar la función de amperímetro de un multímetro digital. La precisión de las medidas de corriente realizadas con multímetros digitales modernos parece suficiente, pero las especificaciones se definen para rangos fijos y niveles de señal relativamente estáticos, lo que no coincide exactamente con la situación de un sensor inalámbrico debido a su drenaje de corriente dinámica.

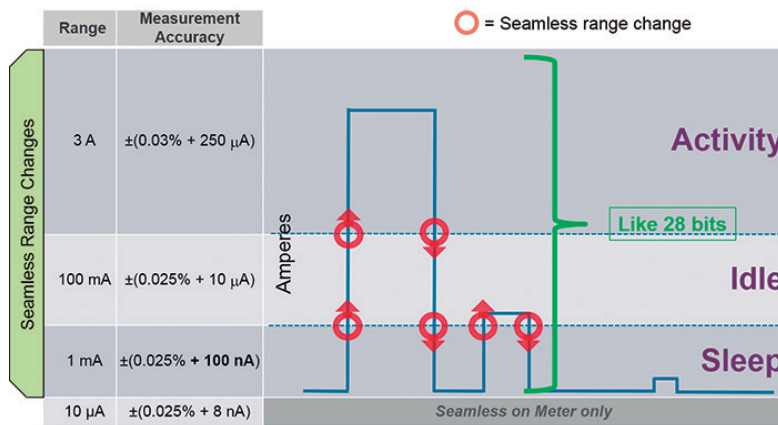
El multímetro digital se conecta en serie entre la batería y el dispositivo para medir la corriente. Cada cierto

tiempo se aprecia cierta inestabilidad en la lectura, debido al ciclo activo del sensor o incluso al modo de transmisión. Sabemos que los multímetros digitales tienen múltiples rangos y, con el rango automático, deberían poder seleccionar el rango más adecuado y conseguir la mejor precisión. Sin embargo, los multímetros digitales no son ideales. El rango automático tarda en cambiar el rango y estabilizar los resultados de medida. El tiempo para establecer el rango automático suele oscilar entre 10 y 100 ms, un tiempo superior al de los modos activo o de transmisión. Por esta razón, la función de rango automático debe deshabilitarse y el usuario debe elegir manualmente el rango más adecuado.

El multímetro digital realiza medidas insertando un shunt en el circuito y midiendo la caída de tensión en él. Normalmente, para medir corriente baja, se elige un rango bajo basado en un shunt con alta resistencia; para medir corriente alta se elige un rango alto basado en un shunt de baja resistencia. La caída de tensión también se llama tensión de carga. A causa de esta caída de tensión, no toda la tensión de la batería llega al sensor inalámbrico. Los rangos bajos más precisos para las medidas de corriente de suspensión tienen tensión de carga durante los picos de corriente, lo que puede hacer incluso que el dispositivo se reinicie. En la práctica, terminamos haciendo concesiones y utilizamos un rango de corriente alta que mantiene el dispositivo en funcionamiento durante los picos de corriente. Esta concesión nos permite gestionar la corriente de pico y medir la corriente de suspensión, pero a un alto precio. Dado que el error de offset se especifica en la escala completa del rango, afecta considerablemente a las medidas en niveles de corriente baja. Su contribución puede ser del 0,005% de error en el rango de 100 mA = $5 \mu\text{A}$, lo que representa un 50% de error en $10 \mu\text{A}$ o un 500% de error en un nivel de corriente de $1 \mu\text{A}$. En este nivel de corriente es donde el dispositivo pasa la mayor parte del tiempo, por lo que este error tiene una repercusión enorme en la estimación de la duración de la batería.

Después de medir el nivel de corriente baja del sensor durante el modo de suspensión, tenemos que medir los pulsos activos y de transmi-

Figura 2. La SMU N6781A de Keysight permite realizar medidas precisas en distintos niveles de corriente dinámica.



sión. Las medidas deben incluir el nivel actual y el tiempo que el sensor pasa en ese nivel. Los osciloscopios son herramientas excelentes para medir señales que cambian con el tiempo. Sin embargo, debemos medir la corriente en el nivel de decenas de mA, y las sondas de corriente no ofrecen un buen comportamiento en esa magnitud debido a su limitada sensibilidad y su variación. Las buenas sondas de pinza tienen un nivel de ruido de 2,5 mArms, y el procedimiento de compensación a cero debe repetirse a menudo.

Las sondas de corriente miden el campo eléctrico a través de un hilo, por lo que el truco para incrementar la sensibilidad es pasar el mismo hilo varias veces para multiplicar el campo magnético. De este modo se multiplica la lectura de corriente, lo que nos permite medir la corriente algo mejor. Con este sistema podemos capturar el pulso de corriente del tiempo de actividad y de transmisión. Incluso en la actividad y la transmisión, la corriente cambia de nivel: parece un tren de niveles altos y bajos. Para calcular correctamente la corriente media es necesario exportar la forma de onda, y todos los puntos medidos deben integrarse para obtener el valor medio.

Los osciloscopios realizan bien su función de capturar una sola ráfaga. Sin embargo, las medidas son más complejas si queremos verificar cuántas veces se activa el sensor en un periodo de tiempo y con qué frecuencia envía una ráfaga TX. Los osciloscopios pueden realizar fácilmente su tarea con medidas tomadas a corto plazo, pero los sensores pueden tener ciclos operativos de minutos o de horas, algo que puede resultar complejo de capturar y medir.

Innovaciones de medida

La unidad de fuente/medida (SMU) N6781A de Keysight para análisis de drenaje de baterías supera las limitaciones de las medidas tradicionales con dos innovaciones: rango de corriente integrado y registro de datos sin interrupciones a largo plazo. La SMU es un módulo que puede utilizarse con el sistema de alimentación modular de bajo perfil N6700 de Keysight o el analizador de potencia DC N6705.

El rango de corriente integrado es una tecnología patentada que permite que la SMU cambie el rango de medida mientras mantiene estable la tensión de salida sin desconexiones causadas por el rango. Esta función permite medir los picos con rangos de

corriente alta y medir la corriente de suspensión con el rango FS 1 mA, que tiene 100 nA de error de offset. Este bajo error de offset (el error de offset de 100 nA es del 10% a 1 μA o del 1% a 10 μA), es varios órdenes de magnitud mejor que el de un multímetro digital tradicional.

El rango de corriente integrado se combina con dos digitalizadores para medir tensión y corriente con muestreo simultáneo a 200k muestras/s (resolución de tiempo de 5 μs). Pueden capturarse medidas digitalizadas a lo largo de 2 segundos y mostrarse con resolución a tiempo completo y tiempo proporcionalmente más largo con menor resolución. Sin embargo, para medidas a largo plazo, el registro de datos interno del analizador de potencia DC modular N6705B de Keysight integra las medidas de 200k muestra/s a lo largo de un periodo de integración especificado por el usuario (de 20 μs a 60 segundos), sin perder ninguna muestra entre los periodos de integración.

Dado que el registro de datos no tiene interrupciones, todas las muestras corresponden a un periodo de integración o al siguiente. No se pierde ninguna muestra. Con el registro de datos, los ingenieros pueden medir ahora el drenaje de energía y corriente de un sensor inalámbrico durante 1.000 horas de funcionamiento como mínimo.

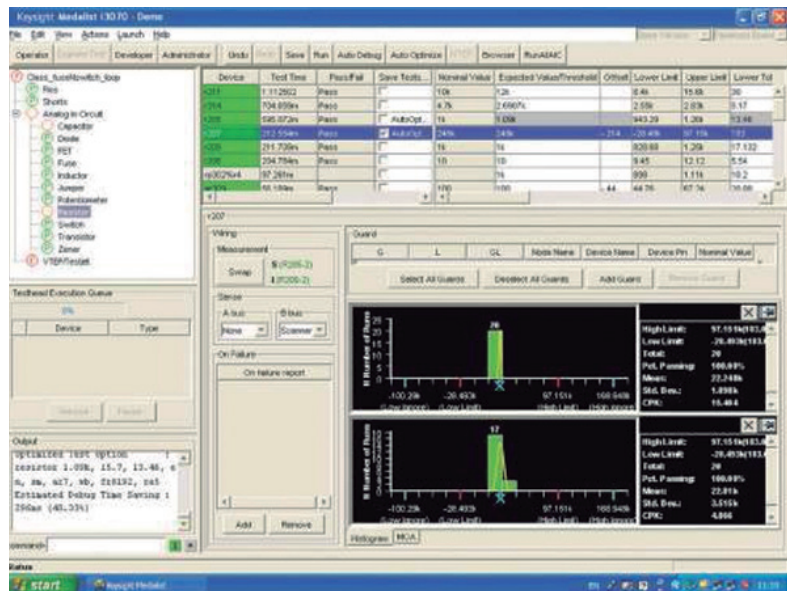


Figura 3. Registro de datos: todas las muestras se integran en periodos de muestras consecutivas. No se pierde ninguna muestra. También hay disponibles valores mínimos y máximos para cada periodo de muestreo.

Medir la corriente de suspensión es solo cuestión de colocar los marcadores y leer directamente los valores suministrados. La medida de la Figura 4 se realiza con una sola adquisición a lo largo de un periodo de tiempo prolongado; obtenemos la imagen completa del drenaje de corriente, así como la medida precisa de la corriente de suspensión a 599 nA.

Con las funciones de panorámica y zoom es posible observar el nivel de corriente y el tiempo invertido en cada nivel de potencia. Ahora se pueden identificar y medir detalles que las herramientas de medida tradicionales pasaban por alto. Un ejemplo claro son los pulsos de bajada identificados por "???" en la Figura 4. El software reveló una sorpresa: el drenaje del dispositivo pulsó energía en picos de aproximadamente $90 \mu\text{A}$ durante 500 ms para una corriente media de $3,3 \mu\text{A}$. Cuando sumamos este drenaje de corriente a la corriente de suspensión de 599 nA, pasa a 730 nA, lo que representa una corriente un 22% más alta de lo esperado. Este tipo de sorpresa puede ser una de las razones que lleven a subestimar los requisitos de energía y suministrar una duración de la batería más baja de lo previsto.

A la hora de optimizar la alimentación del sensor inalámbrico, los ingenieros tienen una gran ventaja si conocen los detalles. Conocer cuánta energía se necesita para enviar un único paquete de información es muy importante para equilibrar la experiencia del usuario con el drenaje de batería y responder a preguntas como "¿debo enviar información cada segundo, cada 5 segundos o cada 10 segundos?". Los ingenieros pueden calcular con precisión la repercusión del drenaje de batería de cualquier cambio en el firmware y validarlo en un tiempo razonable con medidas reales.

Medidas más sencillas en julios

Los julios son útiles en el cálculo de la duración de la batería, pues cada actividad tiene una cantidad de energía definida. También podemos comparar el rendimiento del dispositivo utilizando julios/bits transmitidos. Sin embargo, los ingenieros rara vez utilizan julios, porque deben calcularse a partir de tensión, corriente y tiempo.



Figura 4. El drenaje de corriente registrado durante 200 segundos de funcionamiento proporciona nueva información sobre el drenaje de corriente dinámica de un dispositivo.

Con el software de control y análisis 14585A de Keysight se puede medir directamente la energía en julios. Por ejemplo, puede medir la energía consumida transmitiendo un paquete (véase la Figura 5) capturado con una medida realizada por disparo. Esta es la ventaja que ofrece tener dos digitalizadores para tensión y corriente con muestreo simultáneo que permite medidas de potencia punto a punto. Los julios pueden leerse fácilmente como un valor entre los marcadores, y los diseñadores pueden ir un paso más allá definiendo julios/bits transmitidos.

Resumen

Los ingenieros que diseñan dispositivos IoT con alimentación por batería emplean técnicas avanzadas de administración de potencia para aumentar la duración de la batería. Las técnicas de medida tradicionales son complejas, laboriosas y no

proporcionan la precisión de medida requerida para optimizar y validar el drenaje de batería, y esto hace que a menudo los ingenieros subestimen la potencia requerida para que el dispositivo funcione.

Las SMU de Keysight para análisis de drenaje de batería permiten realizar análisis precisos de drenaje de corriente con una imagen que proporciona una vista completa y detallada del drenaje de energía y corriente. El software postanálisis simplifica la tarea del ingeniero ofreciendo visibilidad de detalles que nunca antes se habían visto.

Con el reciente lanzamiento de las SMU N6785A de Keysight para drenaje de batería, estas funciones se encuentran ahora disponibles hasta 80 W y de n A a 8 A. Las nuevas SMU se utilizan en varias aplicaciones, desde pruebas de smartphones y tabletas hasta sensores inalámbricos y chipsets de IoT y ECU para automoción. www.keysight.com/find/N6781A-EU



Figura 5. Empleando el software 14585A de Keysight es posible medir la energía directamente en julios.