Una guía práctica sobre tecnologías de pilas para redes de sensores inalámbricos

Por Joel Young

Joel Young es responsable de Tecnología y jefe de Área de Investigación y Desarrollo de Digi International. Para obtener más información, consulte www.digi.com.

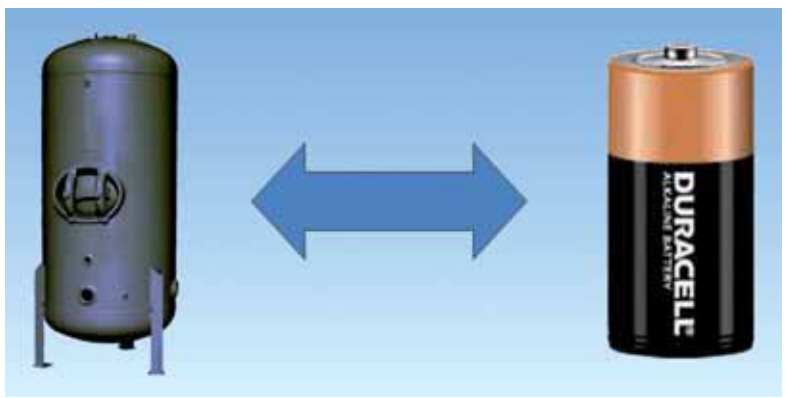
Los responsables de Tecnología de una empresa de soluciones de conexión de dispositivos a la red dedican mucho tiempo a hablar con los clientes sobre sus respectivas necesidades de conectividad y las distintas opciones de tecnología. En los últimos años se ha producido un cambio como consecuencia de dos factores: el uso generalizado de las tecnologías inalámbricas y el consiguiente deseo de conectar dispositivos que anteriormente nunca se habían conectado. La ventaja de la anterior época de conectividad por cables era que casi siempre se podía conseguir una conexión a la red eléctrica. Puede que no fueran los prácticos receptáculos de alimentación eléctrica, pero mentes creativas idearon formas de compartir soportes con cables como el antiguo bucle de corriente de 4-20 mA o la más moderna alimentación eléctrica vía Ethernet con 802.3AF.

Sin embargo, cortar la línea de datos o, más bien, hacerla inalámbrica, supone que también tenemos que cortar la línea de alimentación eléctrica. No obstante, desde la época de Tesla, hemos aprendido que la transmisión inalámbrica de alimentación eléctrica no funciona muy bien debido a las dichosas leyes de la Física. Esto significa que no nos queda más remedio que extraer electricidad de nuestro entorno o recurrir a la energía almacenada en pilas. La primera pregunta que me hacen los clientes al hablar sobre redes de sensores inalámbricos NO es "¿Qué tecnología inalámbrica debo usar?" ni "¿Qué alcance obtendré?". Estas preguntas me las hacen siempre, pero la primera es "¿Cuánto durarán la pilas?".

He observado que la respuesta inicial "Pues depende", pese a ser exacta, no les resulta satisfactoria. Por eso, la intención de este artículo es procurar encontrar una respuesta mejor. En él se repasará el vocabulario sobre las pilas y dos reglas sencillas, aunque fundamentales. También se explicarán las distintas tecnologías de pilas y se estudiará una fórmula para calcular la duración de las pilas.

Un modelo sencillo

Imagínese que una pila es un depósito de almacenamiento. En este símil, los cables son las tuberías y la corriente sale del depósito por medio de los cables de la misma forma que el líquido o el gas de un depósito sale por las tuberías. Por lo tanto, consideramos que la corriente es el flujo de materia que sale del depósito y que el voltaje es la energía o la fuerza con la que sale la materia. Al igual que un depósito lleno de agua, la energía es mayor cuando el depósito está lleno y caliente. Así, en las pilas, describimos el potencial en voltios y, a medida que la pila se vacía, el voltaje tiende a disminuir.



La capacidad total de una pila se mide en miliamperios-hora (mAh) o en amperios-hora (Ah). Se trata de una medida de la cantidad de electricidad que hay almacenada en una pila. Es cierto que las unidades son un poco raras, ya que un amperio en realidad es un culombio por segundo, de modo que un amperio-hora equivale a un culombio por segundo–hora o a 3.600 culombios, pero a nadie le gusta utilizar unidades simples, así que nos quedamos con los amperios-hora. No obstante, 3 Ah significa que la pila puede suministrar 3 amperios durante una hora o 1 amperio durante tres horas. Puede ocurrir que el depósito no esté vacío del todo, pero que no haya suficiente energía potencial en la pila como para sacar la carga que queda dentro. Sería como inclinar un dispensador de bebidas para sacar el último resto de bebida: sabemos que queda algo, pero no sale. Cuando una pila se vacía, ocurre algo similar. Probablemente aún quede algo de carga dentro, pero no hay potencial suficiente para sacarla. Por consiguiente, decimos que una pila está "vacía" cuando el potencial o el voltaje está por debajo de un nivel determinado. Por ejemplo, para una pila de 1,5 voltios como la de tamaño AA, consideramos que la pila está vacía cuando el voltaje es de unos 0,9 voltios.

Ahora que ya contamos con algo de terminología, veamos las dos reglas fundamentales sobre las pilas.

Primera regla sobre las pilas

Esta primera regla tiene que ver con la temperatura. Las pilas frías almacenan electricidad bien, pero NO se les da tan bien suministrar energía. En este contexto, hay tecnologías que funcionan mejor que otras. Si volvemos al símil del depósito de almacenamiento, recordemos que los depósitos no suelen tener fugas cuando su contenido está frío, especialmente si están congelados. No hay duda de que esto también significa que es difícil sacar la energía cuando está fría. Por lo tanto, es bueno almacenar la mayoría de pilas en lugares fríos, pero hay que asegurarse de calentarlas antes de utilizarlas.

Si no se calientan antes de usarlas, no se obtiene ninguna de las ventajas del almacenamiento en frío. Imagínese cuánto esfuerzo más se necesita para que un líquido frío fluya por una tubería. Lo mismo ocurre con las pilas. Una vez que se agota esa energía, no se recupera.

Segunda regla sobre las pilas

La segunda regla se refiere a la no linealidad de las pilas. Aquí es donde la metáfora del depósito de almacenamiento se desmonta. La capacidad de una pila tiene que ver con el voltaje que se le pide que suministre, lo cual no es en absoluto lineal. El voltaje alto disminuye la capacidad de la pila. Por ejemplo, una pila puede tener una capacidad de 1.000 mAh para un voltaje de 5 mA. Sin embargo, la misma pila puede tener una capacidad de 500 mAh para un voltaje de 200 mA. Esto no resulta intuitivo para la mayoría de la gente. No obstante, es muy importante entenderlo porque casi todo el mundo consulta la capacidad en la hoja de especificaciones de la pila y asume que el cálculo será lineal con respecto a los voltajes y a las temperaturas. Como hemos comentado antes, esto resulta muy peligroso porque sólo funciona cuando el cambio de temperatura y voltaje es muy pequeño.

Ahora que ya hemos visto la primera y la segunda regla sobre las pilas, pasemos a las distintas tecnologías de pilas.

Tipo de pila: alcalina

Se trata de una pila de gran duración. Es, con diferencia, la pila más utilizada en los hogares, y resulta perfecta para diversas aplicaciones electrónicas, sobre todo desde que las empresas fabricantes han mejorado su composición química, por lo que funciona mucho mejor a la hora de suministrar mayores cantidades de corriente. Las pilas alcalinas son estupendas por su bajo precio y por que se pueden comprar en cualquier sitio. Son perfectas para aplicaciones de bajo voltaje a temperatura ambiente. Sin embargo, tienen dos defectos fundamentales: están contraindicadas cuando hace frío y no funcionan demasiado bien con alto voltaje. El gráfico de la figura 2 representa un modelo de una pila alcalina típica AA a distintas temperaturas y voltajes. Observe cómo la capacidad es excelente con voltajes bajos y temperaturas más elevadas. Hemos representado esta pila por medio de un polinomio de segundo grado.

Tipo de pila: litio

Hay muchas variedades de pilas de litio, por lo que resulta difícil agruparlas en la misma clase o el mismo modelo. No obstante, hay algunas características comunes. En el contexto que nos ocupa, nos centraremos en la fórmula del bisulfuro de hierro en particular. Este tipo de pila de litio NO es recargable, por lo que puede ser muy peligroso intentar recargar una. La gran ventaja de las pilas de litio desechables es que funcionan mucho mejor a bajas temperaturas y altos voltajes. El gráfico de la figura 3 representa un modelo de una pila de bisulfuro de hierro típica AA a distintas temperaturas y voltajes. Observe cómo la capacidad se estabiliza con mayores voltajes y no funciona nada mal a bajas temperaturas. Hemos representado esta pila por medio de una función logarítmica.

Tipo de pila: níquel e hidruro metálico [NiMH]

NiMH es la estrella de las pilas recargables. A diferencia de su prima, la pila de níquel y cadmio (NiCAD), tiende a mantener sus características tras muchas recargas. Por lo demás, es muy similar a la pila alcalina. Se trata de una pila muy económica que puede recargarse muchas veces. Sus mayores defectos son que es relativamente pesada y que tiene una menor densidad de energía, lo que significa que una pila AA típica empezará a 1,2 voltios en vez de a los 1,5 voltios convencionales. El gráfico comparativo de la figura 4 representa un modelo de una pila de NiMH de tamaño AA. Al igual que las alcalinas, la forma más fácil de describirlas es mediante un polinomio de segundo grado. Sin embargo, funcionan algo mejor a bajas temperaturas y su rendimiento no disminuye tan rápidamente a medida que aumenta el voltaje.

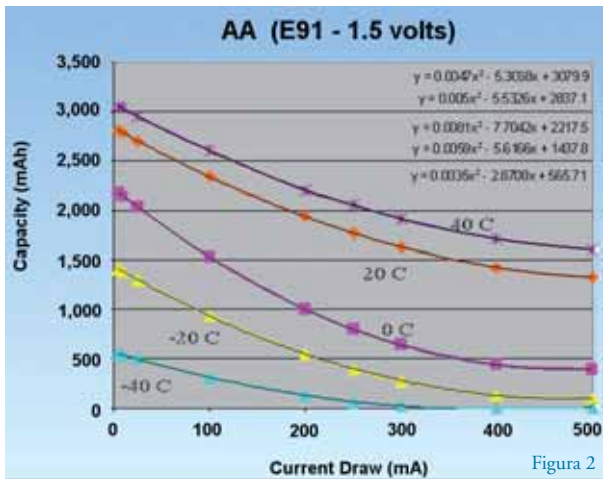


Figura 2

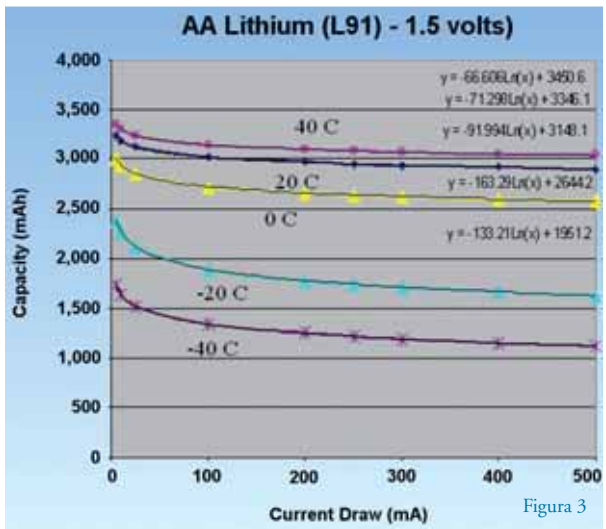


Figura 3

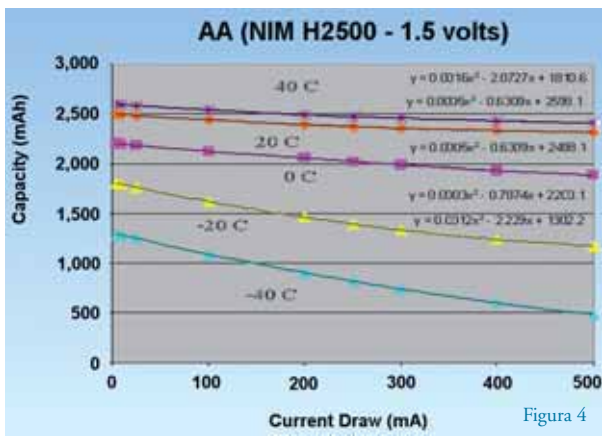
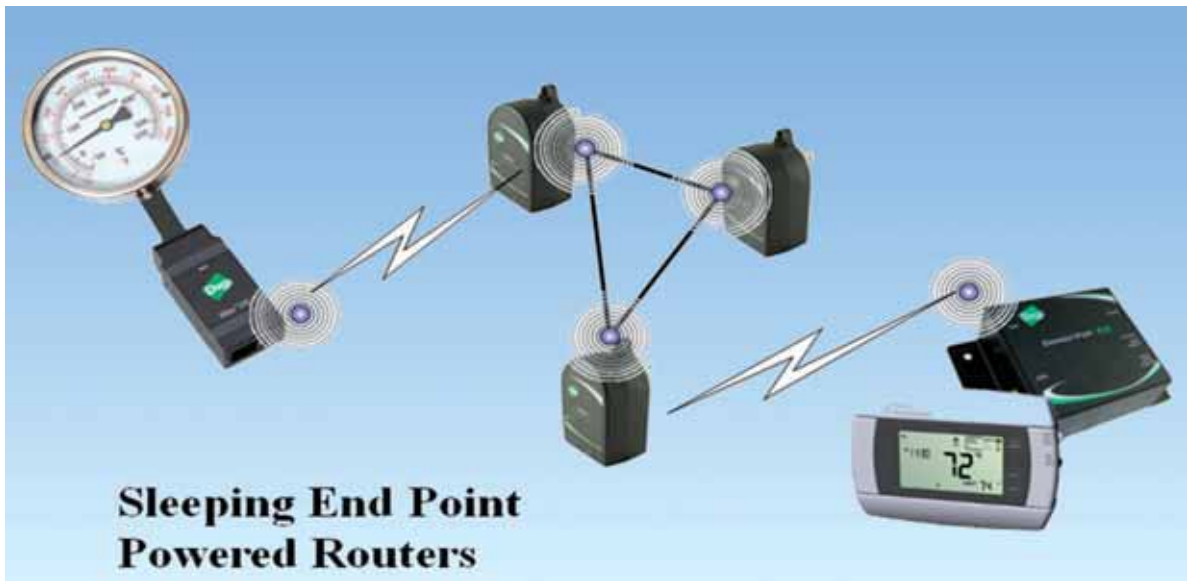


Figura 4



Método de cálculo

En la imagen de la figura 5 aparece un sensor de temperatura conectado a una red basada en ZigBee, y luego a una pantalla. El objetivo es leer la temperatura en la pantalla cada minuto. Supongamos que cada lectura transfiere 128 bytes de datos y que el tiempo de transferencia de los datos, incluidos NACK y ACK, es de unos 200 ms. Con el fin de alargar la duración de la pila, la radio debe estar en reposo hasta que sean necesarias una transmisión o recepción de datos. Supongamos que el tiempo de transmisión y recepción de datos es de 200 ms, y que el tiempo de transmisión y recepción de activación es de 50 ms. El tiempo en reposo es el que queda.

Haciendo un cálculo rápido, vemos que el tiempo de activación y el tiempo en reposo a lo largo de un día se puede calcular de esta forma:

Tiempo de activación:

1.440 x 250 ms = 360 seg. (0,1 h.)

Tiempo en reposo:

86.400 – 360 = 86.040 seg. (23,9 h.)

A continuación, debemos obtener el consumo de corriente del dispositivo. Por simplificar, supongamos que el voltaje en reposo es de 11 uA, mientras que el voltaje en activación es de 14 mA. Con estas cifras, calculamos el consumo diario de energía en mAh:

Consumo diario de energía:

mAh = (11 uA)(23,9)+ (14 mA)(0,1)
= 1,66 mAh al día

Corriente media:

I = 1,66 mAh / 24 h. = 69 uA

Ahora, pasemos a la parte difícil. Vamos a utilizar el modelo de pila alcalina AA para una pila E91.

Modelo de pila alcalina (E91 – AA)

Con los valores de la tabla 1 y tomando el consumo de corriente y el consumo diario de corriente, tenemos lo siguiente:

Temp. de 0º C:

2.217 mAh /1,66 mAh = 1.335 días

Temp. de 20º C:

2.839 mAh /1,66 mAh = 1.710 días

Modelo de pila de litio (L91 – AA)

Con estos valores y tomando el consumo de corriente y el consumo diario de corriente, tenemos lo siguiente:

Temp. de 0º C:

2.999 mAh /1,66 mAh = 1.807 días

Temp. de 20º C:

3.230 mAh /1,66 mAh = 1.946 días

Conclusión

Hemos repasado la terminología sobre pilas y los distintos tipos. Hemos visto las reglas que provocan que haya cambios drásticos en la capacidad de las pilas. Es importante conocer bien los objetivos antes de elegir una pila y tener en cuenta el voltaje y la temperatura. Recuerde: sólo se pierde capacidad una vez, y no se recupera.

Current:	0.069 mA	*Capacity Model (for current i in mA)*
Temp	Capacity	*Output measured in mAh*
40C	3,080	= 0.0047 i² - 5.3137 i + 3080.8
20C	2,839	= 0.005 i² - 5.5464 i + 2839.1
0C	2,217	= 0.0081 i² - 7.7065 i + 2217.8
-20C	1,440	= 0.0059 i² - 5.6314 i + 1439.9
-40C	564	= 0.0035 i² - 2.8627 i + 564.55

Current:	0.069 mA	*Capacity Model (for current i in mA)*
Temp	Capacity	*Output measured in mAh*
40C	3,342	= -66.606 ln(i+5) + 3450.6
20C	3,230	= -71.298 ln(i+5) + 3346.1
0C	2,999	= -91.994 ln(i+5) + 3148.1
-20C	2,379	= -163.29 ln(i+5) + 2644.2
-40C	1,735	= -133.21 ln(i+5) + 1951.2