

¿Las baterías Litio-Ion energizarán el nuevo milenio?

by Isidor Buchmann

¿Las baterías Litio-Ion energizarán el nuevo milenio?

by Isidor Buchmann

Por muchos años, la batería de Níquel Cadmio (NiCd) fue la única que se adecuaba a dispositivos portátiles, tales como los de comunicaciones inalámbricas. En 1990, surgieron las baterías de Níquel Metal Hidruro (NiMH) y de ion de litio (Li-Ion), ofreciendo mayores capacidades. Los dos sistemas pelearon estrechamente, cada una adjudicándose mejor rendimiento y menor tamaño.

¿Cuál será el sistema verdaderamente ganador y cuál será el que allane el camino en el nuevo milenio? La favorita parece ser la de la familia Li-Ion, especialmente para portátiles con un factor de forma pequeño.

Las baterías de Li-Ion son de bajo mantenimiento, ventaja que ningún otro proceso químico puede reclamar. No hay memoria y no se requieren ciclos para prolongar la vida de la batería. Además de una elevada densidad de energía y escaso peso, su auto descarga es menos de la mitad si se le compara con las de NiCd y NiMH. Podríamos decir que la batería de Li-Ion queda ubicada para aplicaciones de indicadores de combustible modernos.

En cuanto a lo negativo, la batería de Li-Ion es frágil y requiere un circuito de protección para mantener una operación segura. La corriente de carga es moderada y la carga se debe hacer conforme a normas estrictas. Además, la batería de Li-Ion envejece, ya sea que se use o no.

Historia

El trabajo pionero de la batería de litio lo empezó G. N. Lewis en 1912, pero a principios de 1970 aparecieron las primeras baterías no recargables de litio y se pudieron adquirir comercialmente. Los esfuerzos por desarrollar baterías recargables de litio siguieron en la década de los ochentas, pero fallaron debido a problemas de seguridad.

El litio es el metal más liviano, tiene el mayor potencial electroquímico y proporciona el mayor volumen de energía. Las baterías recargables que usan el metal de litio como electrodos negativos (ánodo), son capaces de

proporcionar tanto una elevada tensión como una excelente capacidad, produciendo una densidad de energía extraordinariamente alta.

Después de mucha investigación en baterías de litio recargables, durante los años ochentas, se determinó que los ciclos alteran el electrodo de litio, reduciendo así su estabilidad térmica y causando potencialmente una expansión interna. Si esto ocurre, la temperatura de la celda se acerca rápidamente al punto de fusión del litio, lo cual produce una reacción violenta. Una importante cantidad de baterías de litio recargables enviada a Japón tuvo que ser retirada en 1991 después que una batería en un teléfono celular soltó gases calientes que causaron quemaduras en la cara de un hombre.

Debido a la inestabilidad inherente del metal de litio, especialmente durante la carga, la investigación se orientó hacia las baterías de litio no-metálicas que usa iones de litio. Aunque son ligeramente más bajas en cuanto a densidad de energía que las de metal de litio, las de Li-Ion son seguras, con tal de que se reúnan ciertas precauciones al cargar y descargar. En 1991, Sony comercializó la primera batería de Li-Ion. Otros fabricantes le siguieron. Hoy en día, las baterías de Li-Ion son las que crecen más rápidamente en el mundo.

Versiones de Li-Ion

Han surgido varios tipos de baterías de Li-Ion. La versión original de Sony usaba coke como electrodo negativo (ánodo). Desde 1997, la mayoría de las baterías de Li-Ion, incluso la de Sony, han cambiado a grafito. Este electrodo proporciona una curva de tensión de descarga más plana que el coke y ofrece una curvatura cerrada, seguida por una caída de tensión rápida antes del corte de la descarga (vea la Figura 1). Consecuentemente, la energía útil del sistema de grafito puede ser recuperada descargando solo a 3.0 voltios la celda, en tanto que la versión de coke de Sony debe descargarse a 2.5 voltios para conseguir el mismo rendimiento.

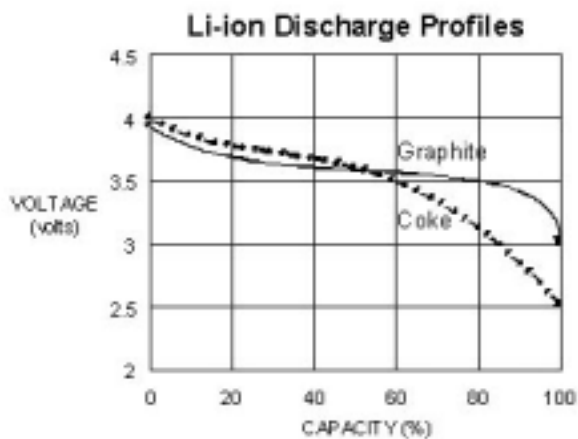


Figura 1: Características de descarga de Li-Ion con coke y electrodo de grafito

Para el electrodo positivo (cátodo), han surgido dos procesos químicos distintos. Ellos son el de cobalto y manganeso, también conocidos como espínela. Mientras el cobalto ha sido usado mucho más tiempo, la espínela es más segura y perdona más si se la abusa. Los circuitos de protección pueden simplificarse e inclusive eliminarse. Las unidades pequeñas de espínela prismática para telefonía móvil pueden incluir solamente un fusible térmico y un sensor de temperatura. Además de la seguridad agregada, el costo de materia prima del manganeso es más bajo que el del cobalto. A modo de intercambio, la espínela ofrece una densidad de energía ligeramente más baja, sufre pérdida de capacidad a temperaturas por encima de los 40 ° C y envejece más rápidamente que el cobalto. La *Figura 2* compara las ventajas y desventajas de los dos procesos químicos.

Cobalto		Manganeso (Espínela)
Densidad de energía (Wh/kg)	140 ¹	120 ¹
Seguridad	En sobrecarga, el electrodo de cobalto proporciona litio extra, el cual se puede transformar en litio metálico, causando un riesgo potencial de seguridad si no se protege con un circuito de seguridad.	En sobrecarga, el electrodo de manganeso se queda sin litio y hace que la celda sólo se caliente. Los circuitos de seguridad para las unidades pequeñas de 1 y 2 celdas pueden eliminarse.
Temperatura	Amplio rango de temperatura	Pérdida de capacidad por encima de 40° C
Envejeciendo	Posibilidad de almacenamiento a corto plazo. La impedancia aumenta con el envejecimiento. Las versiones más nuevas ofrecen almacenamiento más prolongado	Ligeramente menos que el cobalto. La impedancia cambia poco durante la vida de la celda. Debido a mejoras continuas, el tiempo de almacenamiento es difícil de predecir.
Esperanza de vida	Mínima: 300, 50 % a 500 ciclos	Puede ser más corta que la del cobalto
Costo	Materia prima: relativamente alto; el circuito de protección agrega costo.	Materia prima 30 % menos que la de cobalto. Ventaja de costo con menos circuitos.

Figura 2: Comparación de Cobalto y Manganeso como electrodos positivos.

¹ Basado en las celdas de generación actual 18650. La densidad de energía tiende a ser más baja para las celdas prismáticas,

Los productos químicos y aditivos ayudan a equilibrar el intercambio crítico entre alta densidad de energía, prolongado tiempo de almacenamiento, vida de ciclo prolongada y seguridad. Se pueden lograr elevadas densidades de energía con relativa facilidad. Por ejemplo, al agregar más níquel en vez de cobalto se aumenta la tasa amperio/hora y baja el costo de elaboración, pero torna la celda menos segura. Mientras una nueva compañía puede concentrarse en una elevada densidad de energía para ganar rápida aceptación del mercado, la seguridad, vida de ciclo y almacenamiento pueden quedar comprometidos. Los fabricantes más importantes, tales como Sony, Panasonic, Sanyo y Moli le dan importancia a la seguridad.

Las celdas de Li-Ion causan menos daño al ser eliminadas que las baterías de plomo o cadmio. En la familia de baterías de Li-Ion, la espínela es la mejor en cuanto a la eliminación del componente activo.

Cargando la batería de Li-Ion

El cargador Li-Ion es un dispositivo limitador de tensión similar al cargador de plomo-ácido regulado con válvula (VRLA). Las diferencias principales del cargador de Li-Ion son una mayor tensión por celda, tolerancia de tensión más estrecha y ausencia de goteo o carga flotante a plena carga.

Considerando que el VRLA ofrece algo de flexibilidad en cuanto al corte de tensión, los fabricantes de celdas Li-Ion son muy estrictos sobre la opción de tensión. Cuando se introdujo por primera vez, el límite de tensión de carga del sistema de grafito era de 4.10 voltios por celda. Aunque las tensiones más elevadas entregan una mayor densidad de energía, la oxidación de la celda limitaba seriamente la vida útil en las primeras celdas de grafito si se las cargaba por encima de 4.10V/ celda. Este efecto se ha solucionado actualmente con aditivos químicos y la mayoría de las celdas más nuevas de Li-Ion se calibran a 4.20 V. La tolerancia en todas las baterías de Li-Ion es solamente ± 0.05 voltios por celda.

El tiempo de carga de todas las baterías de Li-Ion es de aproximadamente 3 horas en una corriente de carga inicial 1C. La batería permanece fresca durante la carga. La carga plena se logra después que la tensión alcanza el umbral superior de tensión y la corriente cae y se nivela a aproximadamente 3% de su valor nominal, o aproximadamente 0.03C.

Al aumentar la corriente de carga en un cargador de Li-Ion no se acorta demasiado el tiempo de carga. Aunque la cresta de tensión se alcanza más rápidamente con corriente más elevada, la carga tope tomará mucho más tiempo. La *Figura 3* muestra la tensión y la firma de corriente de un cargador, a medida que la celda de Li-Ion pasa por las fases uno y dos.

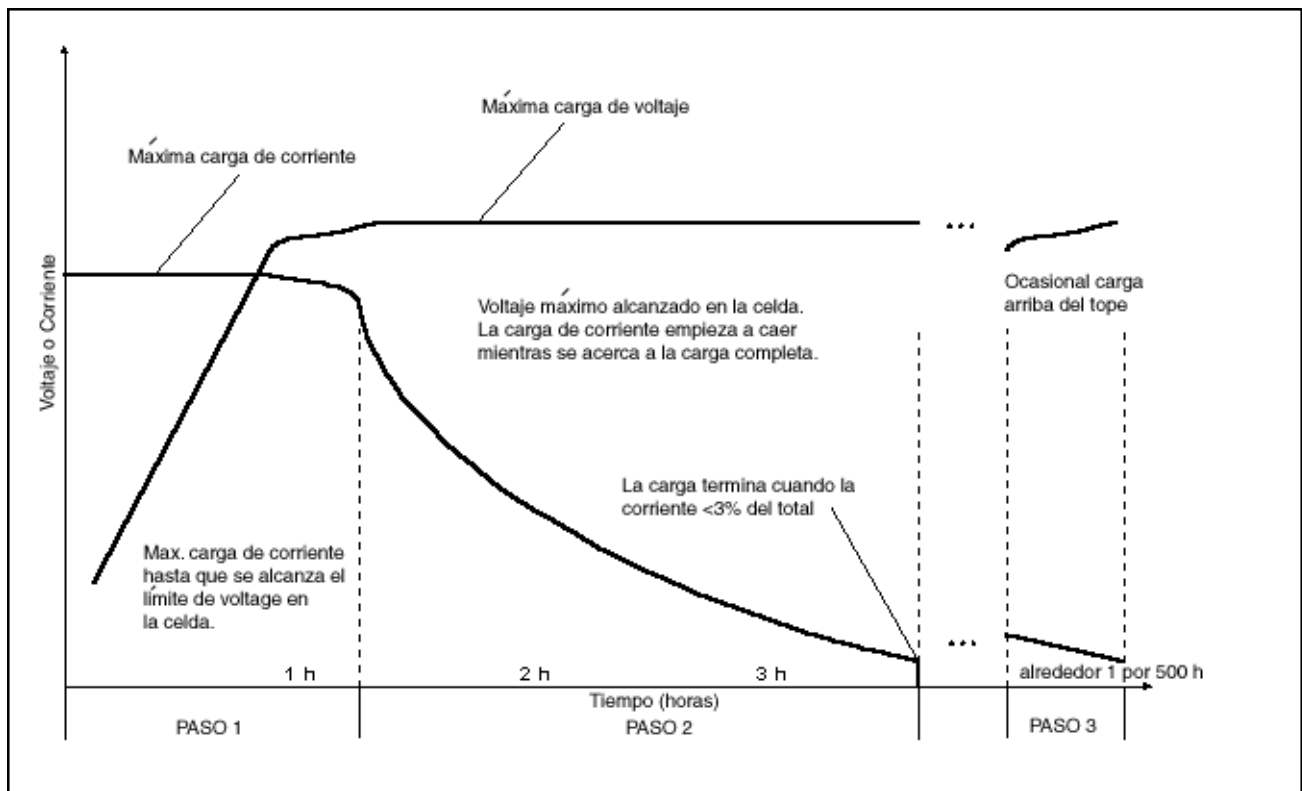


Figura 3: Pasos de carga en una batería de Li-Ion

La carga rápida de baterías Li-Ion en una hora o menos resulta normalmente en niveles de carga más bajos. Semejante al cargador simplemente elimina la fase dos y pasa directamente a «listo» una vez que el umbral de tensión se alcanza al final de la fase uno. El nivel de carga a estas alturas es de casi 70 %. La carga de nivelación toma normalmente el doble que la carga inicial.

No se aplica ninguna carga por goteo porque las baterías Li-Ion son incapaces de absorber sobrecargas. La carga por goteo podría causar revestimiento de litio metálico, condición que torna inestable la celda. En cambio, se aplica una carga de nivelación para compensar la pequeña cantidad de auto descarga que consumen la batería y su circuito de protección.

Dependiendo del cargador y de la auto-descarga de la batería, se puede implementar una carga de nivelación cada 500 horas o 20 días.

Normalmente, la carga entra cuando la tensión terminal abierta cae a 4.05 voltios por celda y se desconecta cuando alcanza 4.20V/celda.

Circuito de protección

Las unidades de baterías comerciales de Li-Ion contienen dispositivos de protección redundantes para brindar seguridad en toda circunstancia.

Normalmente, se abre un FET (Field-Effect Transistor) si la tensión de carga de cualquier celda alcanza 4.30V, y se activa un fusible si la temperatura de la celda se acerca a los 90° C (194° F). Además, un interruptor de presión en cada celda interrumpe permanentemente la corriente de carga si se excede el límite de seguridad de presión, y los circuitos de control internos de tensión cortan la batería en los puntos de tensión bajos y altos. Se hacen excepciones en el caso de unidades de espínela prismática y cilíndrica que contengan solamente una o dos celdas.

La batería de Li-Ion se descarga normalmente a 3 voltios por celda. La energía de corte más baja de «baja tensión» es de 2.5V/celda. Sin embargo, durante almacenamiento prolongado, es posible una descarga por debajo de este nivel de tensión. Los fabricantes recomiendan carga por goteo para levantar dicha batería gradualmente hasta la zona de tensión «aceptable». No todos los cargadores se diseñan para aplicar una carga cuando una batería de Li-Ion ha bajado por debajo de 2.5V/celda.

Algunas baterías ofrecen un corte de tensión extremadamente bajo que desconecta permanentemente la unidad si una celda cae debajo de 1.5 voltios. Esta precaución se hace para prohibir la recarga si la batería ha permanecido en una condición inaceptable de tensión. Una descarga profunda causa recubrimiento de cobre, lo cual puede llevar a un cortocircuito en la celda.

La mayoría de los fabricantes no venden celdas de Li-Ion sueltas sino que lo hacen en conjuntos de baterías completas, con circuito de protección. Esta precaución es entendible cuando se considera el peligro de explosión e incendio si la batería se carga y se descarga más allá de los límites de seguridad.

Una preocupación mayor surge si la electricidad estática o un cargador defectuoso han podido destruir el circuito de protección de la batería. Dicho daño causa a menudo que los interruptores transistorizados se fundan y queden en forma permanente en la posición “ON” sin conocimiento del usuario. Una batería con el circuito de protección defectuoso puede funcionar normalmente pero no proporciona la seguridad requerida. Si se la carga más allá de los límites de seguridad de tensión con un cargador accesorio de diseño pobre, la batería puede calentarse, hincharse y en algunos casos ventear llamas. El realizar un cortocircuito en dicha batería también puede ser arriesgado.

Analizadores para las baterías Litio-Ion

En el pasado, se usaron analizadores de batería para restaurar aquellas afectadas por «memoria». Con las baterías libres de níquel de hoy en día, la memoria ya no es más un problema y el énfasis de un analizador está cambiando a la comprobación de rendimiento de batería, control de calidad y prueba rápida.

La sabiduría convencional dice que una nueva batería siempre funciona sin problemas. A pesar de ello, muchos usuarios saben que una batería nueva de fábrica no siempre cumple con las especificaciones del fabricante. Con un analizador de batería, todas las baterías nuevas pueden verificarse como parte de un procedimiento de control de calidad. Además, se pueden hacer demandas de garantía si la capacidad cae por debajo del nivel especificado al final del periodo de garantía.

La vida típica de una batería Li-Ion es de 300-500 ciclos de descarga/carga o dos años desde su fabricación. La pérdida de capacidad de la batería ocurre gradualmente y a menudo sin el conocimiento del usuario. Aunque totalmente cargada, la batería eventualmente retrocede a un punto donde puede tener menos de la mitad de su capacidad original. La función del analizador de baterías es identificar estas baterías débiles y «retirarlas».

El analizador de baterías también puede usarse para solucionar la causa de tiempos cortos de operación. El cargador puede no proporcionar una carga plena o el dispositivo portátil puede absorber más corriente que la esperada. Muchos de los analizadores de batería de hoy en día pueden simular la firma de carga de un dispositivo digital y verificar el tiempo de operación basándose en la capacidad de batería disponible.

Quizás el rasgo más importante de los analizadores de baterías modernos sea la habilidad de leer la resistencia interna de la batería. Como parte del envejecimiento natural, la resistencia interna de una batería Li-Ion aumenta gradualmente debido a la oxidación de las celdas. Cuanto más alta la resistencia, menos energía puede entregar la batería.

En Cadex, hemos desarrollado un método de pulso para medir la resistencia interna de la batería. Conocido como *OhmTest*[™], en cinco segundos se obtiene la lectura en mili-ohmios (mΩ) sin descargar la batería. Disponible con los analizadores de batería C7000, el programa *OhmTest*[™] permite la prueba de un gran volumen de baterías en cuestión de minutos. Esta técnica es especialmente útil para organizaciones que necesitan verificar la condición de un lote de baterías antes de ser entregadas.



Figura 4: El analizador de baterías serie C7000 puede medir los $m\Omega$ como parte de una prueba rápida de baterías o ser incluida en el programa de reacondicionamiento.

Debe de notarse que la Prueba Ohm no proporciona conclusiones definitivas sobre el estado de carga y estado de salud de una batería. Las lecturas pueden variar ampliamente y dependen del proceso químico de las baterías, tamaño de la celda (capacidad en mAh), tipo de celda, número de celdas conectadas en serie, circuito de protección, instalación eléctrica y tipo del contacto. El estado de carga en el momento que se toma la lectura también tiene su papel. Las baterías deben tener por lo menos un 50 % de carga para obtener una lectura importante en $m\Omega$. Es esencial una conexión sólida de terminales ya que un contacto pobre proporcionará lecturas elevadas de $m\Omega$. Las conexiones temporales y extensas no son convenientes.

Para utilizar la Prueba Ohm como confirmación de la batería, es esencial obtener una lectura de referencia de una buena batería con rendimiento conocido. Debido a que cada tipo de batería puede ser diferente, se requerirá una lectura de referencia para cada modelo.

Conclusión

La batería Li-Ion recibe buenas calificaciones en cuanto a rendimiento y confiabilidad. La escasez de modelos ha bajado y los precios son accesibles. Consecuentemente, se equipan más equipos portátiles con baterías Li-Ion.

Las baterías Li-Ion han encontrado su lugar en el mercado con dispositivos portátiles que exigen una forma física pequeña. Los usos más populares son los teléfonos celulares y las computadoras portátiles (también llamadas notebooks o laptop). Debido al aspecto de envejecimiento, las baterías Li-Ion son muy convenientes para aplicaciones de usuarios activos. Las baterías Li-Ion no satisfacen plenamente en las aplicaciones de elevada corriente, tales como herramientas de potencia, defibriladores de corazón y radios móviles para seguridad pública.

Otro campo donde las baterías Li-Ion han mostrado ser menos favorables es en aplicaciones que requieren solamente el uso ocasional de baterías. En una computadora laptop energizada principalmente por CA, por ejemplo, la batería de Li-Ion envejece con el tiempo y no se puede aprovechar todo el beneficio de la misma. El elevado nivel de temperatura en la mayoría de las laptops hace también que las baterías Li-Ion envejezcan prematuramente. Las pruebas de campo revelaron, sin embargo, que las baterías Li-Ion se ven menos afectadas por el calor que las de NiMH.

Los sistemas polímeros de litio (Li-polymer), los cuales se encuentran en las primeras etapas de producción, luchan por alcanzar y superar el rendimiento de las baterías Li-Ion. El elevado costo inicial y el suministro limitado son los inconvenientes principales. Se espera que una vez que se alcance la producción en masa, las baterías de Li-polímero tendrán un precio menor que las de Li-Ion debido a su armado más simple.



www.cadex.com



Sobre el Autor

Isidor Buchmann es el fundador y Director Ejecutivo de Cadex Electronics Inc., en Richmond (Vancouver) Columbia Británica, Canadá. Autor de muchos artículos y libros en tecnología de mantenimiento de baterías, El Sr. Buchmann es un conferencista muy conocido que ha realizado ponencias técnicas y presentaciones en seminarios y conferencias en todo el mundo.

Sobre la Compañía

Cadex Electronics Inc. es líder mundial en el diseño y fabricación de analizadores y cargadores avanzados de batería. Sus productos galardonados se usan para prolongar la vida de baterías en comunicaciones inalámbricas, servicios de emergencia, informática móvil, aviónica, biomedicina, radiodifusión y defensa. Los productos Cadex se venden en más de 100 países.



Cadex Electronics Inc.

22000 Fraserwood Way, Richmond, British Columbia, Canada V6W 1J6
Tel: 604-231-7777 Fax: 604-231-7755 E-mail: info@cadex.com Web: www.cadex.com
Copyright ©2000 Cadex Electronics Inc. Printed in Canada.

