

Lithium-Ionen-Akku-Check

Bei den neuen Lithium-Ionen-Akkus kann, im Gegensatz zu anderen Akkutypen, der aktuelle Energieinhalt zu jedem Zeitpunkt relativ genau bestimmt werden, um z. B. die Restbetriebszeit zu ermitteln. Die hier vorgestellte Schaltung ist zur Überprüfung von ein-, zwei- und dreizelligen Akkus geeignet.

Allgemeines

Moderne Geräte aus dem Bereich der Unterhaltungselektronik und Mobiltelefone werden immer kleiner und handlicher. Dieser Trend stellt auch neue Herausforderungen an die Stromversorgung der Mobilgeräte, denn gerade die Akkus machen einen überproportional großen Anteil an Größe und Gewicht aus. Hohe Energiedichten bei möglichst geringem Gewicht und vor allem geringes Volumen sind daher heute gefragt.

An Sekundärzellen, d. h. wiederaufladbaren Energiequellen wurden bisher fast ausschließlich Nickel-Cadmium- (NC) und Nickel-Metall-Hydrid (NiMH)-Akkus in diesem Bereich der Mobilgeräte eingesetzt. Während NC-Zellen preiswert und völlig ausgereift sind, zeichnen sich die relativ neuen NiMH-Akkus durch bis zu 50 % mehr Kapazität bei gleicher Baugröße und eine erheblich bessere Umweltverträglichkeit aus, da auf das Schwermetall Cadmium verzichtet werden konnte.

Hinsichtlich Zellenspannung (1,2 V) und Ladeverfahren (Konstantstrom) sind diese beiden Akkutypen vergleichbar und weitestgehend kompatibel zueinander.

Im Gegensatz zu Nickel-Cadmium-Zellen sind Nickel-Metall-Hydrid-Akkus nicht hochstromfähig. Aufgrund der relativ neuen Technologie dürfte bei den NiMH-Akkus ein großes Entwicklungspotential zur Kapazitätserhöhung liegen.

Mit der Entwicklung des Lithium-Ionen-Akkus ist hinsichtlich der Energiedichte und somit auch der Baugröße und des Gewichtes ein neuer Durchbruch gelungen.

Lithium-Ionen-Primärbatterien, seit mehr als 20 Jahren verfügbar, zeichnen sich durch eine extrem hohe Energiedichte und eine sehr geringe Selbstentladung aus. Die Entwicklung wiederaufladbarer Energiespeicher auf Lithiumbasis scheiterte offensichtlich jahrelang an unüberwindbaren Problemen.

Erst seit relativ kurzer Zeit kommen Akkus auf Lithiumbasis in Großserien (z. B. in Sharp- und JVC-Camcordern) zum Einsatz.

Gegenüber herkömmlichen Akkus bieten Lithium-Ionen-Akkus erhebliche Vorteile. So sind aufgrund der hohen Zellenspannung von ca. 4 V Anwendungen mit nur einer Zelle möglich. Im Vergleich zu herkömmlichen Nickel-Cadmium-Akkus konnte das Gewicht um ca. 80 % und das Volumen um ca. 50 % bei gleichem Energiespeichervermögen reduziert werden. Des Weiteren haben Lithium-Ionen-Akkus eine wesentlich geringere Selbstentladung und keinen Memoryeffekt.

Der Name Lithium-Ionen-Akku beruht darauf, daß die Anode nicht aus metallischem Lithium, sondern aus Kohlenstoff besteht, wo beim Laden reversibel Lithium-Ionen eingelagert werden.

Wie bereits erwähnt, erreichen Lithium-Ionen-Akkus bei entsprechenden Gegen- elektroden Zellenspannungen von ca. 4 V.

Ladeverfahren

Lithium-Ionen-Akkus erfordern grundsätzlich ein anderes Ladeverfahren als NC- und NiMH-Akkus, da der prinzipielle Verlauf der Zellenspannung beim Laden und Entladen völlig anders ist.

Das Laden von Lithium-Ionen-Akkus ist eher mit dem Laden von Blei-Gel-Akku zu vergleichen (aber auch nur ansatzweise). Diese Akkutypen reagieren sehr empfindlich auf Tiefentladung und Überladung.

Doch nun zum Ladeverfahren: Lithium-Ionen-Akkus werden bis zum Erreichen der Ladeschlußspannung mit einem Konstantstrom und danach mit Konstantspannung geladen.

Zunächst ist vor Beginn der Ladung die aktuelle Zellenspannung wichtig, da ein vollständig entladener Lithium-Ionen-Akku nicht mit dem maximal zulässigen Ladestrom beaufschlagt werden darf. Ein leerer Akku wird daher zuerst mit einem niedrigen Konstantstrom geladen, bis eine Zellenspannung von ca. 2,7 V erreicht ist. Danach erfolgt die Schnell-Ladung mit einem hohen Konstantstrom (z. B. 1 C).

Erreicht der Akku die Ladeschlußspannung von 4,2 V, wird auf Spannungsregelung umgeschaltet. Der Ladestrom fällt nun exponential ab und geht annähernd zu Null, wenn der Akku vollständig geladen ist. Intelligente Ladegeräte schalten dann üblicherweise nach einer vorgegebenen Zeit ab.

Die Überwachung der absoluten Ladeschlußspannung von 4,2 V je Zelle muß bei Lithium-Ionen-Akkus mit mindestens 1 % Genauigkeit erfolgen. Während eine zu hohe Spannung zur Überladung und somit zur Schädigung des Akkus führt, bedeuten 100mV-Unterspannung bereits 7%-Kapazitätsverlust.

In Abbildung 1 sind die typischen Strom-

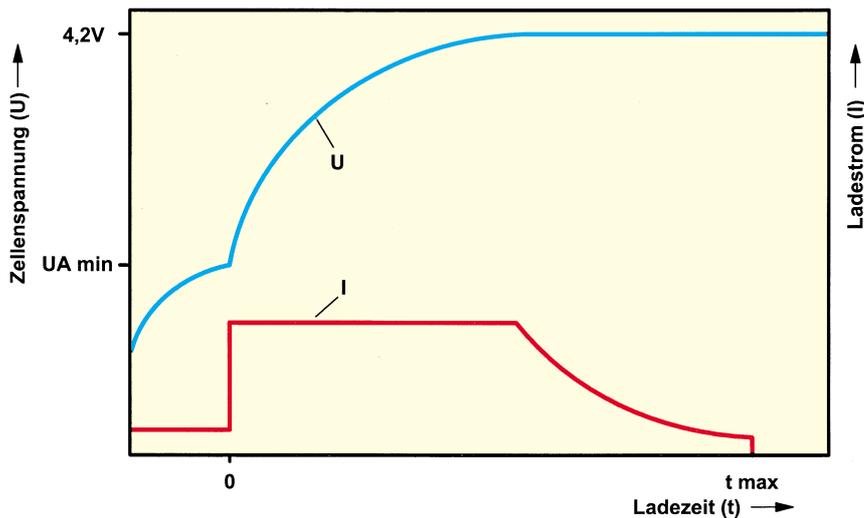


Bild 1: Typische Strom- und Spannungsverläufe an einer Lithium-Ionen-Zelle während des Ladevorgangs

und Spannungsverläufe am Akku während des Ladevorgangs zu sehen.

Werden NC- und NiMH-Akkus mit einem der Nennkapazität entsprechenden Strom beaufschlagt, so sind diese nach ca. einer Stunde voll geladen. Aufgrund des exponentiellen Stromabfalls nach Erreichen der Ladeschlußspannung dauert der Ladezyklus bei einem Lithium-Ionen-Akku bei gleichem Ladestrom ca. 2 Stunden.

Soll ein Lithium-Ionen-Akku in einer Stunde geladen werden, so ist ein Ladestrom erforderlich, der der doppelten Nennkapazität (2 C) entspricht.

Lithium-Ionen-Akkus zeigen auch während der Entladung ein völlig anderes Verhalten als Nickel-Cadmium- und Nickel-Metall-Hydrid-Typen. Abbildung 2 zeigt dazu den Spannungsverlauf an einem 2,4Ah-Akku, der mit einem konstanten Strom von 500 mA entladen wird.

Abgesehen vom Anfangsbereich ist die Zellenspannung proportional zum Ladungsinhalt. Durch diesen weitgehend linearen Zusammenhang zwischen der Zellenspannung und der gespeicherten Energie ist zu jedem Zeitpunkt die aktuell vorhandene Akkukapazität meßbar.

Mit unserem Lithium-Ionen-Akku-Check ist nun der Spannungsbereich, der

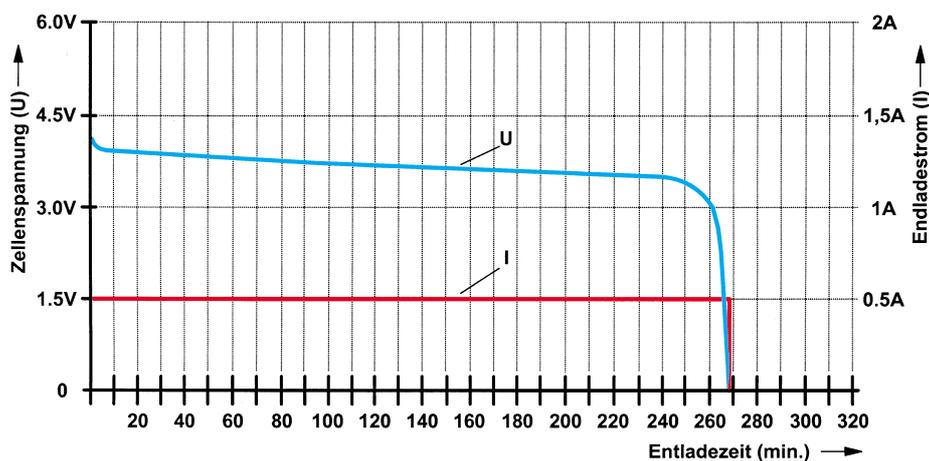
zwischen einem mit 10%-Ladungsinhalt geladenen und einem vollständig geladenen Akku liegt, auf einer aus 10 Leuchtdioden bestehenden Skala verteilt. Die Anzahl der leuchtenden LEDs ist dabei proportional zum Ladungsinhalt des Akkus.

Schaltung

Die Schaltung des Lithium-Ionen-Akku-Checks ist in Abbildung 3 zu sehen. Neben einem Analog-Digital-Wandler des Typs LM3914N, der die zugeführte Eingangsspannung linear auf einer zehnstelligen Leuchtdiodenskala anzeigt, sowie 10 Leuchtdioden sind nur noch wenige passive Komponenten erforderlich. Sämtliche zur Ansteuerung der LEDs dienenden Baugruppen sind im Chip integriert. Beim Lithium-Ionen-Akku-Check arbeitet die mit dem Pluspol an ST 1 und dem Minuspol an ST 2 zugeführte Meßspannung auch gleichzeitig als Spannungsversorgung der Schaltung. Der LM3914 verfügt über einen weiten Versorgungsspannungsbereich von <math>< 3\text{ V}</math> bis 25 V.

Die an den Pins 1 sowie 10 bis 18 ange-

Bild 2: Entladekurve eines einzelligen Lithium-Ionen-Akkus



schlossenen Leuchtdioden werden mit einem Konstantstrom betrieben, so daß die Betriebsspannung keinen Einfluß auf die Helligkeit hat. Der Konstantstrom hängt von der Belastung der chipinternen Referenzspannungsquelle an Pin 7 ab. Die Belastung stellt der mit R 6 und R 7 aufgebaute Spannungsteiler für die untere Schwelle der Meßspannung dar. Durch jede leuchtende LED fließt dann der 10fache Strom wie durch den an Pin 7 (1,25 V) angeschlossenen Spannungsteiler. In der vorliegenden Schaltung beträgt der LED-Strom (somit bei 1,1 kΩ von Pin 7 nach Masse) ca. 11 mA.

Der LM 3914 ist mit einem chipinternen linearen 10stufigen Spannungsteiler ausgestattet, der mit dem oberen Anschluß (R_{HI}, Pin 6) an der Referenzspannung und mit dem Fußpunkt (R_{LO}, Pin 4) am Abgriff des Spannungsteilers R 6, R 7 liegt. Der linear auf die 10 Leuchtdioden verteilte Anzeigebereich des LM3914 liegt somit zwischen 1,14 V (an Pin 4) und der an Pin 6 anliegenden Referenzspannung von 1,25 V.

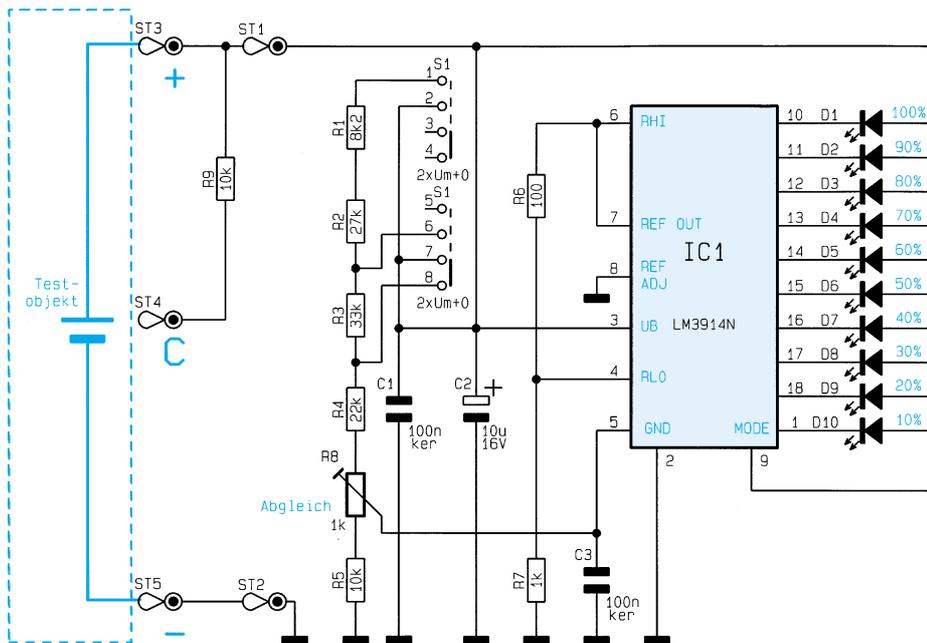
Betrachten wir nun die Spannungsverhältnisse an einer Lithium-Ionen-Zelle bei unterschiedlichem Energieinhalt. Während ein vollständig geladener Akku eine Zellenspannung von 4,1 V aufweist, beträgt die Spannung bei einem 90 % entladenen Akku, d. h. bei 10 % Restenergie-Inhalt, noch ca. 3,7 V. Innerhalb dieses Bereichs ist der Zusammenhang zwischen Zellenspannung und Ladungsinhalt proportional. Ab ca. 5 % Restenergie-Inhalt bis zur Entladeschlußspannung von 2,7 V zeigen Lithium-Ionen-Akkus einen recht steilen Spannungsabfall.

In der eingezeichneten Schalterstellung (einzellige Akkus) gelangt die zur Zellenspannung proportionale Meßspannung über den mit R 4, R 8 und R 5 aufgebauten Spannungsteiler auf den Meßeingang (Pin 5) des LM3914N.

Bei zweizelligen Akkus ist der Widerstand R 3 zusätzlich in Reihe geschaltet und bei dreizelligen Akkus (obere Schalterstellung) wird die Meßspannung mit R 1 bis R 5 sowie den zum Abgleich dienenden Trimmer R 8 auf die erforderliche Größe am Meßeingang heruntergeteilt.

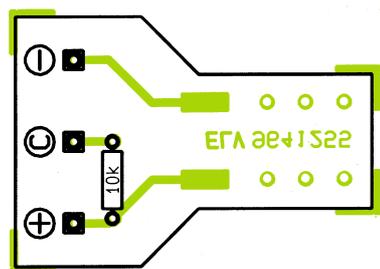
Die Spannungsversorgung wird dem Baustein an Pin 3 zugeführt, während Pin 2 die Schaltungsmasse darstellt. Die Keramikcondensatoren C 1, C 3 und der Elko C 2 dienen zur Störunterdrückung.

Im Bereich der Unterhaltungselektronik gehören Sharp-Camcorder zu den ersten mit Lithium-Ionen-Akkus ausgestatteten Geräten. Die Sharp-Akkus des Typs BT-L1 sind mit einer integrierten Schutzschaltung ausgestattet, so daß die Zellenspannung nicht direkt meßbar ist. Erst wenn der Anschluß C über einen Widerstand (z. B. 10 kΩ) mit dem Plusanschluß verbunden



wird, liegt die Spannung an den Akkukontakten an.

Um bei diesem Akkutyp komfortabel messen zu können, gehört ein kleiner Meßadapter, der lediglich mit einem Widerstand und 3 Lötstiften bestückt wird, zum Lieferumfang.



Ansicht der fertig aufgebauten Meßadapterplatine mit zugehörigem Bestückungsplan

Nachbau

Der praktische Aufbau dieser kleinen Schaltung ist sehr einfach und in weniger als einer Stunde zu bewerkstelligen.

Zuerst werden anhand der Stückliste und des Bestückungsplanes 8 Metallfilmwiderstände (inkl. Meßadapter) bestückt. Die Anschlußbeinchen sind 2 mm hinter dem Gehäuseaustritt abzuwinkeln, durch die zugehörige Platinenbohrung zu führen und

an der Lötseite leicht anzuwinkeln. Nach dem Umdrehen der Platine werden alle Widerstände in einem Arbeitsgang verlötet und die überstehenden Anschlußbeinchen mit einem Seitenschneider so kurz wie möglich abgekniffen, ohne dabei die Lötstellen selbst zu beschädigen.

Stückliste: Lithium-Ionen-Akku-Check

Widerstände:

100Ω	R6
1kΩ	R7
8,2kΩ	R1
10kΩ	R5, R9
22kΩ	R4
27kΩ	R2
33kΩ	R3
PT10, liegend, 1kΩ	R8

Kondensatoren:

100nF/ker	C1, C3
10µF/16V	C2

Halbleiter:

LM3914N	IC1
LED, 2,5 x 5mm, rechteck, grün	D1-D10

Sonstiges:

Print-Schiebeschalter, 2 x um mit Mittelstellung	S1
Lötstifte mit Lötöse	ST1, ST2
Lötstifte, 1,3mm	ST3-ST5
1 Gehäuse, bedruckt und gebohrt	
30cm 2adrige Litze (rot/schwarz)	
2 x 0,4mm ²	

Es folgt das Bestücken der beiden Keramik Kondensatoren. Beim Einlöten des Elkos C 1 in liegender Position ist unbedingt auf die korrekte Polarität zu achten.

Die 10 Rechteckleuchtdioden (D 1 bis D 10) benötigen eine Einbauhöhe von

Bild 3: Schaltbild des Lithium-Ionen-Akku-Check

11 mm, gemessen von der Oberseite des Bauelements bis zur Platinenoberfläche. Alsdann sind der Schalter S 1 und der Trimmer R 8 einzulöten.

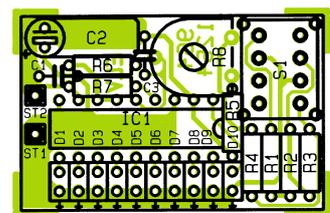
Das IC ist so einzusetzen, daß die Gehäusekerbe des Bauelements mit dem Symbol im Bestückungsdruck übereinstimmt.

Zwei Lötstifte mit Öse (ST 1, ST 2) dienen zum Anschluß der Meßleitungen. Während an ST 1 die rote Leitung anzulöten ist, wird an ST 2 die schwarze Leitung angelötet.

Die beiden anderen Enden der Meßleitungen sind, wie auf dem Foto zu sehen, durch die zugehörigen Zugentlastungsbohrungen der Meßadapterplatine zu führen und auf der Leiterbahnseite zu verlöten.

Als Meßkontakt dienen 3 Lötstifte, die vor dem Verlöten von der Lötseite stramm in die zugehörigen Bohrungen der Meßadapterplatine zu pressen sind. An der Platinenoberseite sind die Spitzen der Lötstifte abzuschneiden.

Der Abgleich des Lithium-Ionen-Akku-Check ist sehr einfach. Zum Abgleich wird ein vollgeladener Akku angeschlossen und



Leiterplatte des Lithium-Ionen-Akku-Check mit zugehörigem Bestückungsplan

der Trimmer R 8 so eingestellt, daß die Leuchtdiode D 1 (100 %) gerade zu leuchten beginnt.

Nach erfolgreich durchgeführtem Abgleich wird die Schaltung in die Gehäuseunterhalschale des dafür vorgesehenen Gehäuses gesetzt und der Gehäusedeckel aufgepreßt.

Damit ist der Aufbau dieser kleinen Schaltung abgeschlossen, und der Video-Amateur ist immer über den aktuellen Energieinhalt seiner Lithium-Ionen-Akkus informiert.