

Verhindert das Überladen von
einzelnen Lithiumzellen



Lithium-Polymer (LiPo)- Akku-Balancer

Der Vorteil von Lithium-Polymer-Akkus ist die besonders hohe Energiedichte bei gleichzeitig geringem Volumen und Gewicht. Ein Nachteil ist, dass diese Akkus sehr empfindlich gegen Überladung sind, so dass für eine lange Lebensdauer in Serie geschaltete Zellen nur mit entsprechenden Schutzschaltungen geladen werden sollten.

Allgemeines

Lithium-Akkus, insbesondere die modernen Lithium-Polymer-Zellen, haben bereits einen großen Teil des Marktes für portable Geräte erobert. Aber auch im Modellbau-bereich setzt sich dieser Akku-Typ aufgrund

des Gewichts- und Größenvorteils immer mehr durch. Dabei darf man aber nicht vergessen, dass der Einsatz bei falscher Behandlung mit Gefahren verbunden ist. Die Ladevorschriften des Herstellers sind unbedingt zu beachten, und zum Laden dieses Akku-Typs dürfen nur dafür konzipierte Ladegeräte eingesetzt werden.

Während NiCd- und NiMH-Akkus sehr robust sind und eine falsche Behandlung nicht sofort übel nehmen, kommt es bereits bei einer geringfügigen Überladung von LiPo-Zellen zur Schädigung. Auch bei einer Tiefentladung werden diese Zellen schnell zerstört.

Möchte man selbst Akku-Packs konfektionieren, so ist unbedingt darauf zu achten, dass alle in Serie geschalteten Zellen die gleiche Spannung aufweisen und beim ersten Zusammenschalten den gleichen Ladezustand haben. Wird dies nicht beachtet, kommt es bereits beim ersten Ladevorgang zur irreversiblen Schädigung.

Bei fertig konfektionierten Akku-Packs kommen grundsätzlich entsprechend selektierte Zellen zum Einsatz. So lange die Packs neu sind, werden alle in Reihe geschaltete Zellen auf gleiches Span-

Technische Daten: LiPo-Balancer LBA 1

Balancer-Spannung:	4,2 V ($\pm 0,5\%$)
Balancer-Strom:	350 mA oder 1,1 A (je nach Bestückung)
Stromaufnahme:	<1 μ A bei $U = <3,2$ V <100 μ A bei $U = >3,5$ V
Gewicht:	1,6 g 4,8 g mit Zusatz-Lastwiderstand
Abmessungen:	23 x 16,5 mm (optionaler Lastwiderstand nicht bestückt) 30 x 16,5 mm (optionaler Lastwiderstand bestückt)

nungsniveau geladen und alles ist (noch) in Ordnung. Im Laufe der Zeit kommt es aber zum Auseinanderdriften der Zellen, wofür verschiedene Ursachen verantwortlich sein können.

Egal, ob es sich um selbst konfektionierte Akku-Packs handelt oder ob die Zellen bereits werkseitig zusammengeschaltet sind, kann das Auseinanderdriften ohne entsprechende Schutzschaltung nicht verhindert werden. Eine Ursache kann z. B. eine unterschiedliche Erwärmung der Zellen im Betrieb sein. Bei hohen Entladeströmen werden die mittleren Zellen eines Akku-Packs oft wärmer als die äußeren, was wiederum Abweichungen bei der zur Verfügung stehenden Kapazität zur Folge hat, und beim Ladevorgang werden diese Zellen den „Voll“-Zustand nicht gleichzeitig mit den äußeren Zellen erreichen.

Neben der Temperatur sind Kapazitätstoleranzen, die immer mehr oder weniger vorhanden sind, die entscheidende Einflussgröße für das Auseinanderdriften. Nach mehreren Lade-Entlade-Zyklen steigt der Spannungsunterschied zwischen den einzelnen Zellen immer weiter an. Im Extremfall kann die Überladung dazu führen, dass Zellen sich aufblähen und platzen oder dass es sogar zu einem Brand kommt.

Betrachten wir den Ladevorgang anhand eines 3-zelligen Akku-Packs, wobei wir in unserem Beispiel annehmen, dass die Zellen bereits auseinander gedriftet sind oder aus anderen Gründen unterschiedliche Ladezustände aufweisen.

Die Ladeschluss-Spannung von Lithium-Polymer-Zellen beträgt 4,2 V, wobei je nach Hersteller der maximal zulässige Wert mit 4,235 V bis 4,250 V angegeben wird. Bei drei in Serie geschalteten Zellen muss das Ladegerät also die Ladespannung auf 12,60 V zzgl. der vom Hersteller erlaubten Toleranz begrenzen.

Wir nehmen nun an, dass Zelle 1 eine Spannung von 4,07 V, Zelle 2 eine Spannung von 4,35 V und Zelle 3 eine Spannung von 4,08 V aufweist. Da die Gesamtspannung des Akku-Packs erst 12,5 V beträgt, wird mit vollem Strom weiter geladen, obwohl die mittlere Zelle bereits stark überladen wird. Dadurch kommt es bei dieser Zelle zu einem irreversiblen Kapazitätsverlust, was wiederum bedeutet, dass diese Zelle beim nächsten Ladezyklus noch früher die Ladeschluss-Spannung erreicht.

Wird zudem noch beim Entladevorgang versucht, die Entladeschluss-Spannung möglichst weit auszunutzen, kann es vorkommen, dass bei der bereits vorgeschädigten Zelle auch noch zusätzlich eine Tiefentladung erfolgt. Der vorzeitige Ausfall dieser Zelle ist kaum noch aufzuhalten.

Nur durch entsprechende Schutzschaltungen, so genannten Balancern, kann dieser Teufelskreis verhindert werden.

In der Consumer-Elektronik eingesetzte Lithium-Akku-Packs werden grundsätzlich mit Schutzschaltungen ausgestattet. Abbildung 1 zeigt dies am Beispiel eines Laptop-Akku-Packs.

Wenn es im Bereich des Modellbaus oder bei anderen Anwendungen mit selbst konfektionierten LiPo-Akkupacks bereits nach weniger als 100 Ladezyklen zu Ausfällen kommt, liegt es meist an fehlenden Schutzschaltungen.

ELV-Balancer-Schaltung

Die ELV-Balancer-Schaltung zeichnet sich durch hervorragende Leistungsmerkmale aus. Je nachdem, ob der Balancer immer fest mit der Zelle verbunden bleiben soll oder extern in Verbindung mit einem Ladegerät zum Einsatz kommt, stehen bei der ELV-Schaltung unterschiedliche Bestückungsvarianten zur Verfügung. Besonders, wenn die Schaltung ständig mit der Zelle verbunden bleiben soll, kommt es natürlich auf jedes Gramm Gewicht und entsprechend geringe Abmessungen an.

Der Balancer muss die Energie, die von der Zelle nicht mehr aufgenommen werden kann, in Wärme umsetzen. Nun ist es aber ein Naturgesetz, dass auf einer kleinen Fläche auch nur eine begrenzte Energiemenge in Wärme umgesetzt werden kann. Um diesen gegensätzlichen Forderungen gerecht zu werden, erlaubt die Platine eine sehr flexible Nutzung.

Mit bis zu 350 mA Balancer-Strom kann die Umsetzung in Wärme mit SMD-Widerständen erfolgen, während mit einem zusätzlichen Leistungswiderstand bis zu 1,1 A Balancer-Strom möglich sind. Der Leistungswiderstand wird auf einem Platinenabschnitt untergebracht, der einfach abgeschnitten werden kann, wenn dieser Widerstand nicht bestückt werden soll.

Im Betrieb ist unbedingt zu beachten, dass der Balancer im Bereich der Widerstände R 3 bis R 5 und im Bereich des Leistungswiderstandes R 6 recht heiß werden kann.

Insbesondere mit bestücktem Leistungswiderstand (R 6) muss unbedingt der Einbau in ein berührungssicheres, nicht brennbares Gehäuse erfolgen. Zur Befestigung mit einer M3-Schraube steht eine Montagebohrung neben dem Leistungswiderstand zur Verfügung. Aufgrund der möglichen Temperatur darf der

Balancer nicht direkt auf das (Kunststoff-)Gehäuse des Akkus geklebt werden.

Vorteilhaft ist auch, dass der ELV-Balancer völlig ohne Abgleich auskommt. Im Gegensatz dazu erfolgt der Abgleich bei einigen am Markt befindlichen Balancern mit Trimpotis, wobei dann durchaus Zweifel an der Langzeitstabilität angebracht sind.

Eine weitere wichtige Forderung ist ein äußerst geringer Ruhestrom, da die Zelle schließlich nicht bei der Lagerung vom Balancer entladen oder sogar tiefentladen werden darf. Der Ruhestrom des ELV-Balancers beträgt bei Spannungen <3 V ca. $1 \mu\text{A}$ und bei Spannungen $>3,5$ V weniger als $100 \mu\text{A}$. Im Vergleich zu vielen anderen Balancern ein extrem niedriger Wert.

Funktionsweise

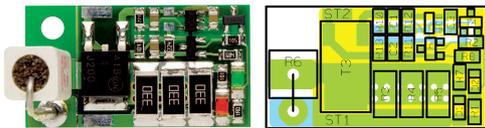
Wie wird nun mit den so genannten Balancern das Überladen von einzelnen Lithiumzellen verhindert? Die Funktionsweise ist recht einfach. Der Balancer ist im Grunde genommen nichts anderes als ein elektronischer Lastwiderstand, der bei Erreichen der Ladeschluss-Spannung parallel zur Zelle geschaltet wird und einen wesentlichen Teil des Ladestroms aufnimmt. Die Zellen eines Akku-Packs werden somit „in der Balance“ gehalten und dadurch die wichtigste Forderung beim Ladevorgang erfüllt. Die Lebensdauer von Lithiumzellen kann daher mit Balancern deutlich gesteigert werden.

Da jede Zelle bzw. jede parallel geschaltete Zellengruppe einen Balancer erhalten muss, kommt es bei fest am Akku angebrachten Balancern auf geringe Abmessungen und geringes Gewicht an. Schließlich möchte man nicht die Vorteile der LiPo-Zellen durch die Schutzschaltungen verlieren.

Wie aus den technischen Daten ersichtlich, betragen die Abmessungen des ELV-LiPo-Balancers in der fest mit der Zelle verbundenen Variante nur $23 \times 16,5$ mm,



Bild 1:
Lithium-Akku
mit integrierter Elektronik



Ansicht der fertig bestückten Platine des LiPo-Balancers mit zugehörigem Bestückungsplan

Oberflächenmontage zum Einsatz kommen, ist der praktische Aufbau sehr einfach, da alle schwierige zu verarbeitenden Bauteile wie IC 1 und die Transistoren bereits werkseitig vorbestückt sind. Auch die LED D 1 zur Betriebsanzeige und die zur Stabilisierung dienende Leuchtdiode D 2 sind vorbestückt. Von Hand zu verarbeiten sind nur noch die SMD-Widerstände und die 3 SMD-Kondensatoren. Bei diesen Bauteilen wird zuerst ein Lötpad der Leiterplatte vorverzinnt, dann das Bauteil mit der Pinzette genau positioniert und am vorverzinnten Lötpad angelötet. Danach erfolgt das Verlöten des zweiten Bauteilanschlusses in der gleichen Weise.

Der optional einzusetzende Leistungswiderstand R 6 ist in stehender Position zu bestücken. Dazu sind zuerst 2 Löthül- sen stramm in die zugehörigen Platinenbohrungen zu pressen und an der Platinenunterseite sorgfältig zu verlöten. Die Löthülse in der Platinenmitte ist dann auf ca. 7 mm Länge oberhalb der Platine zu kürzen (während des Abschneidens am besten einen Draht einführen, damit es nicht zur Verformung kommt). Danach sind die Anschlüsse des Leistungswiderstandes in die Löthül- sen zu stecken und sorgfältig zu verlöten (Abbildung 4).

Inbetriebnahme

Nachdem die Platine vollständig bestückt ist, sollte eine gründlich Überprüfung hinsichtlich Löt- und Bestückungsfehlern er-

folgen. Die danach durchzuführende Kontrolle der Funktion ist einfach mit einem stabilisierten regelbaren Labornetzgerät möglich. Dazu wird die Strombegrenzung des Labornetzgerätes auf ca. 1,5 A und die Ausgangsspannung auf 3,0 V eingestellt. Der Balancer ist mit ST 1 am Pluspol und mit ST 2 am Minuspol des Netzgerätes anzuschließen. Die Stromaufnahme des Balancers darf jetzt nur ca. 1 µA betragen. Langsam wird die Ausgangsspannung auf ca. 3,7 V hochgeregelt. Die LED D 1 darf noch nicht leuchten und die Stromaufnahme der Schaltung sollte jetzt 50 µA bis 100 µA betragen.

Die Ausgangsspannung wird weiter erhöht. Ab 4,2 V ($\pm 0,5\%$) muss die Leuchtdiode D 1 leuchten und ein Laststrom zu messen sein, der bis auf ca. 350 mA steigt, wenn nur die Lastwiderstände R 3 bis R 5 bestückt sind. Wurde zusätzlich der Leistungswiderstand R 6 eingebaut, beträgt der Balancer-Strom ca. 1,1 A.

Ist der erste Funktionstest zufrieden stellend verlaufen, kann der Anschluss an die zu überwachende Zelle erfolgen. Dabei wird ST 1 mit dem Pluspol und ST 2 mit dem Minuspol der zugehörigen LiPo-Zelle verbunden. Da bereits Spannungsdifferenzen im mV-Bereich eine Rolle spielen, wird empfohlen, keine gemeinsamen längeren Anschlussleitungen für mehrere Balancer zu verwenden.

Zu beachten ist, dass die Balancer am Ende des Ladevorgangs recht heiß werden können. Dies trifft besonders dann zu, wenn die Zellen schon stark auseinander gedriftet sind und zusätzlich der Leistungswiderstand R 6 bestückt ist.

Insbesondere mit bestücktem Leistungswiderstand muss der Einbau unbedingt in ein Gehäuse erfolgen, welches den Anforderungen einer Brandschutzumhüllung entspricht. Da ohne Leistungswiderstand an der Platinenunterseite keine Anschluss-

Stückliste: Lithium-Akku-Balancer LBA 1

Widerstände:

1 Ω/SMD/0805.....	R1
5,6 Ω/5 W.....	R6
33 Ω/1 W/SMD/2512.....	R3–R5
100 Ω/SMD/0805.....	R7
220 Ω/SMD/0805.....	R10
100 kΩ/SMD/0805.....	R13
220 kΩ/SMD/0805.....	R11
680 kΩ/SMD/0805.....	R8
1 MΩ/SMD/0805.....	R2
2 MΩ/1 %/SMD/0805.....	R12

Kondensatoren:

100 nF/SMD/0805.....	C1–C3
----------------------	-------

Halbleiter:

LM3420A-4,2/SMD.....	IC1
MJD200/SMD.....	T3
IRLML6401/SMD.....	T4
BC848C.....	T5
LED, SMD, Rot, low current.....	D1
LED, SMD, Grün, low current.....	D2

Sonstiges:

2 Lötstifte, ø 1,5 x 20 mm.....	R6
10 cm flexible Leitung,	
ST1 x 0,22 mm ² , Rot.....	ST1
10 cm flexible Leitung,	
ST1 x 0,22 mm ² , Schwarz.....	ST2

drähte oder Lötstellen vorhanden sind, können die Balacer auch mit einem temperaturstabilen Klebstoff direkt auf temperaturbeständige Oberflächen aufgeklebt werden (z. B. Metall). Abbildung 5 zeigt einen 2-zelligen Lithium-Polymer-Akku mit nachgerüsteten Balancern. Hier müssen zusätzlich noch alle Kabelverbindungen mit einem temperaturstabilen Klebstoff gesichert werden. **ELV**

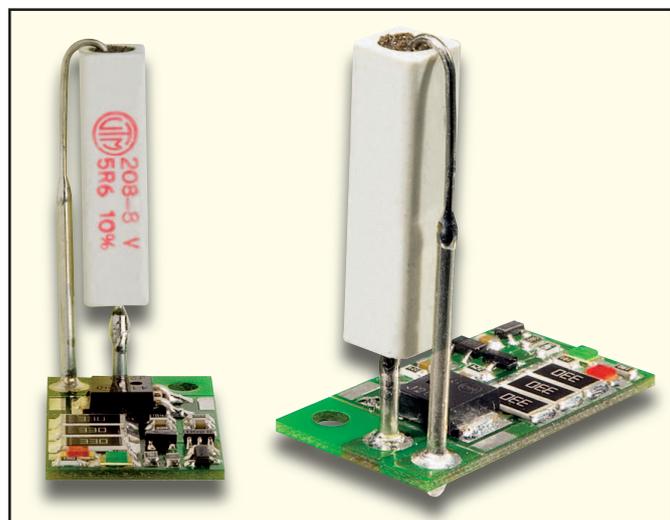


Bild 4: Montage des Leistungswiderstandes R 6



Bild 5: 2-zelliger Lithium-Polymer-Akku mit nachgerüsteten Balancern