

Lithium-Polymer-Schutzschaltung

Diese kleine Schutzschaltung verhindert bei Lithium-Polymer-Zellen Überladung und Tiefentladung, verfügt über eine elektronische Überstrom- und Kurzschluss-Sicherung und ist für Dauerströme bis zu 3,8 A ausgelegt.

Allgemeines

Lithium-Polymer-Zellen sind die modernsten Zellen am Akku-Markt und bieten erhebliche Vorteile gegenüber anderen Akku-Systemen. Der entscheidende Vorteil ist dabei die deutlich höhere Energieausbeute bezogen auf Gewicht und Baugröße. Im Modellbaubereich spricht man bei Lithium-Akkus sogar von der Revolution am Akku-Markt.

Im Gegensatz zu den nahezu unverwüstlichen NiCd-Zellen und im Vergleich zu NiMH-Akkus sind Lithium-Zellen schwierig in der Handhabung. Bereits geringfügige Überladung oder Tiefentladung führen zu irreversibler Schädigung oder Totalausfall. Präventive Maßnahmen zum Schutz vor Überladung oder Tiefentladung sind daher bei diesem Zellentyp sehr wichtig.

Beim Ladevorgang muss die max. Ladeschluss-Spannung mit mind. 1 %

Genauigkeit eingehalten werden, und eine Entladung unter 2,5 V je Zelle ist nicht zulässig. Maßnahmen zum Schutz vor Tiefentladung sollten daher auch nicht vernachlässigt werden. Bleibt eine Lithium-Zelle nur wenige Tage unter 1,5-V-Zellenspannung, wird die Zelle intern chemisch instabil und unbrauchbar. Das Aufladen derartiger Zellen ist mit einem hohen Risiko

verbunden, und die Sicherheit kann nicht mehr gewährleistet werden. Bei internem Schluss oder einem Teilschluss kommt es dann zu einer starken Erwärmung.

Das Aufladen von Lithium-Polymer-Zellen erfolgt nach der Strom-/Spannungskurve zunächst mit einem Konstantstrom bis 4,2 V Zellenspannung, und danach wird die Spannung mit hoher Genauig-

Technische Daten: Lithium-Polymer-Schutzschaltung LPS 1	
Geeignete Akku-Technologie:	Lithium-Polymer
Zellenzahl:	1
Dauerstrom:	max. 3,8 A
Ladespannungs-Schwelle:	4,25 V
Entladeschluss-Schwelle:	2,5 V
Stromaufnahme:	<6 µA
Abmessungen:	14 x 11 mm
Gewicht:	0,6 g

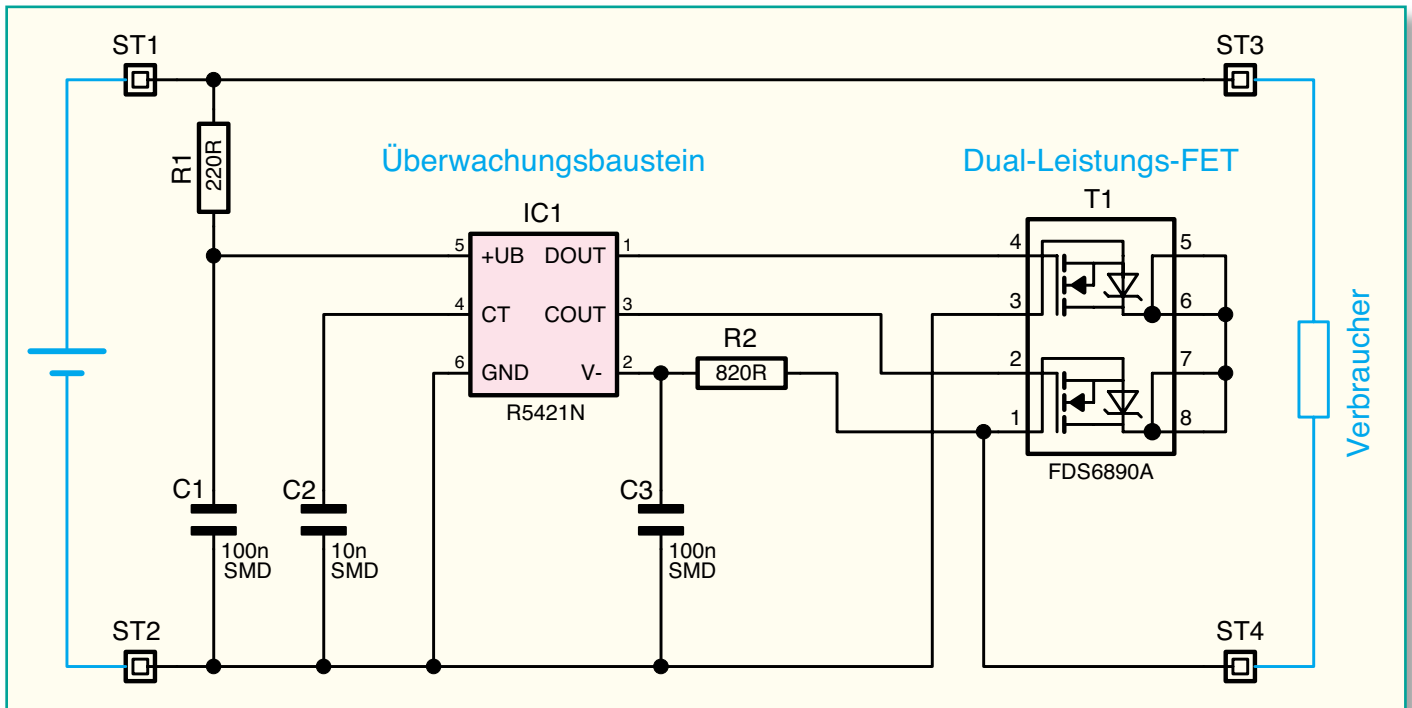


Bild 1: Schaltbild der Lithium-Polymer-Schutzschaltung

keit (mind. $\pm 1\%$) konstant gehalten. Bei konstanter Spannung sinkt der Strom dann kontinuierlich ab, bis bei einem Strom, der ca. 10 % der Nennkapazitäts-Angabe entspricht, von einem vollgeladenen Akku auszugehen ist.

Im Gegensatz zu anderen Akku-Systemen haben Lithium-Akkus eine höhere Ladeeffizienz, d. h. der Ladefaktor ist ungefähr 1. Somit kommt es während des Ladevorgangs auch nicht zu einer nennenswerten Erwärmung.

Wie bereits erwähnt ist die Einhaltung der Ladeschluss-Spannung eine der wichtigsten Forderungen beim Ladevorgang, da bereits je nach Hersteller 35–50 mV Überspannung zur irreversiblen Schädigung und zu Kapazitätsverlusten führen können.

Wird hingegen der Ladevorgang mit einer zu geringen Ladeschluss-Spannung beendet, kann der Akku nicht mehr voll geladen werden. Bei 50 mV Unterspannung ist bereits mit 8 bis 10 % weniger Kapazität zu rechnen. Allerdings erhöhen sich bei Unterspannung die Lebensdauer und Zyklenzahl des Akkus.

Lithium-Akkus haben keinen Memory-Effekt, daher schadet das Aufladen eines teilweise entladenen Akkus nicht. Gefährlich wird es, wenn die max. Ladeschluss-Spannung deutlich überschritten wird. Dann besteht die Gefahr, dass die Zellen sich aufblähen, platzen oder sogar brennen.

Neben dem Lade-/Entladeverhalten wird die Lebensdauer von Lithium-Akkus auch durch die Art der Lagerung stark beeinflusst. Hohe Temperaturen bei vollem Ladezustand führen zur vorzeitigen

Alterung. Da Lithium-Akkus eine sehr geringe Selbstentladung haben, ist die kühle Lagerung im halbvoll geladenen Zustand zu empfehlen.

Doch nun zu unserer Schutzschaltung, die sowohl die Ladeschaltung vom Akku trennt, bevor es gefährlich wird, als auch bei Unterschreiten von 2,5 V Zellenspannung den Akku vom Verbraucher trennt. Die gesamte Schutzschaltung ist nur daumen-nagelgroß (Abmessungen 14 x 11 mm) und kann Dauerströme bis zu 3,8 A verkraften. Das Gewicht von 0,6 g ist genauso wie die Stromaufnahme von weniger als 6 μ A vernachlässigbar.

Der Anschluss und die Funktionsweise sind einfach. Über kurze Leitungsabschnitte werden ST 1 mit dem Pluspol und ST 2 mit dem Minuspol der zu schützenden Lithium-Zelle verbunden. Aufgrund der äußerst geringen Stromaufnahme darf die Schaltung dauerhaft mit der Zelle verbunden bleiben, wodurch wir eine intelligente Lithium-Zelle erhalten, die sich selbst vor Überladung und Tiefentladung schützt. Zusätzlich ist noch eine Überstrom- und Kurzschluss-Sicherung vorhanden.

Ausgangsseitig werden ST 4 mit dem Minuspol und ST 3 mit dem Pluspol des Verbrauchers verbunden. Diese Anschlüsse sind somit die neuen Anschlüsse der Zelle nach außen. Natürlich darf auch weiterhin eine beliebige Anzahl von Zellen mit Schutzschaltungen zu einem Akku-Pack verschaltet werden.

Eine Absicherung zwischen Akku-Pack und Verbraucher ist weiterhin genauso vorzunehmen wie bei Akku-Packs ohne Schutzschaltung.

Die Ladeschluss-Spannung während des normalen Ladevorgangs zu begrenzen, ist weiterhin die Aufgabe des Ladegeräts und nicht der Schutzschaltung. Bei Erreichen von 4,2 V je Zelle begrenzt das Ladegerät die Ladeschluss-Spannung, und der Ladestrom nimmt im weiteren Verlauf kontinuierlich ab. Sollte diese Funktion aber versagen, greift unsere Schutzschaltung bei 4,25 V ein und trennt das Ladegerät vom Akku, bevor es zur deutlichen Schädigung kommt, oder es sogar gefährlich wird. Erst wenn die Zellenspannung von 4,05 V unterschritten wird, erfolgt automatisch wieder die Zuschaltung des Ladegeräts.

Im Entladefall wird, wie bereits gesagt, der Verbraucher vom Akku getrennt, wenn die Zellenspannung unter 2,5 V je Zelle absinkt. Erst mit dem Zuführen eines Ladestroms wird dieser Zustand wieder zurückgesetzt.

Schaltung

Die Schaltung unserer Lithium-Polymer-Schutzschaltung ist in Abbildung 1 dargestellt und besteht aus wenigen Bauelementen. Zentrales Bauelement ist dabei das Überwachungs-IC des Typs R5421N11C dessen interne Struktur in Abbildung 2 dargestellt ist. An weiteren Komponenten sind neben dem Dual-Leistungs-FET nur noch wenige passive Komponenten erforderlich.

Die mit R 1 und C 1 realisierte Zeitkonstante stabilisiert die Betriebsspannung des Bausteins und verhindert, dass Spannungsspitzen zum vorzeitigen Ansprechen führen.

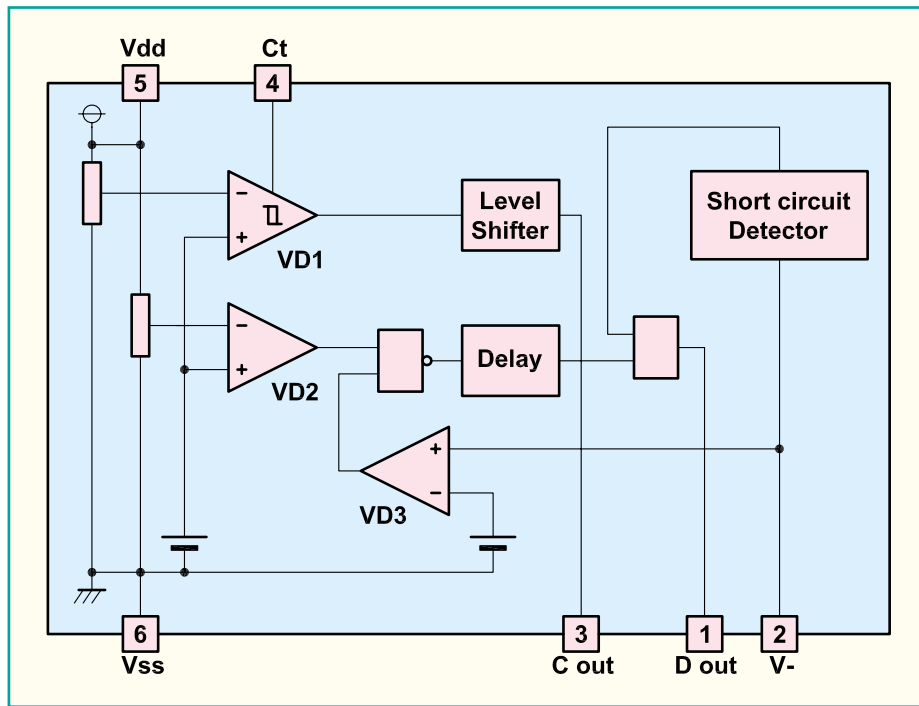


Bild 2: Interner Aufbau des Überwachungs-ICs R5421N111C

Der Voltage-Detektor VD 1 im Blockschaltbild (Abbildung 2) überwacht die Zellenspannung an Pin 5 und sperrt über den nachgeschalteten Level-Shifter den mit dem Gate an Pin 3 angeschlossenen MOSFET, wenn die Spannung von einem niedrigen Wert zu einem höheren Wert die Ladeschluss-Spannung übersteigt. Der Ausgang C-Out des ICs wechselt dann auf Low-Pegel. Erst bei Unterschreiten von 4,05 V wechselt C-Out (Pin 3) automatisch wieder von Low nach High.

Für den Schutz vor Tiefentladung ist der Voltage-Detektor VD 2 zuständig, der ebenfalls die Spannung an Pin 5 überwacht. Sobald die Spannung von einem höheren Wert zu einem niedrigeren Wert (fallende Flanke) 2,5 V unterschreitet, wechselt der Pegel an Pin 1 (D-Out) von High nach Low. Dieser Zustand wird erst mit dem Anschluss eines Ladegerätes und dem Zuführen eines Ladestroms wieder aufgehoben.

Die Überstrom- und Kurzschlusserkennung ist aktiv, wenn beide in T 1 integrierte FETs durchgesteuert sind. Sobald an Pin 2 eine Spannung über 0,9 V registriert wird,

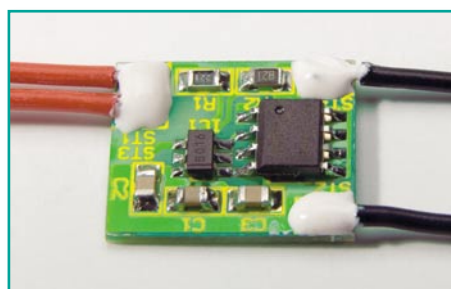


Bild 3: Sicherung der Leitungsanschlüsse durch zusätzlichen Klebstoff

d. h. diese Spannung an den RDS-On-Widerständen der FETs abfällt, ist von einem Kurzschluss auszugehen, und der über Pin 1 gesteuerte Transistor wird in weniger als 50 µs gesperrt.

Eine Überlastung wird erkannt, wenn bei einer steigenden Flanke an Pin 2 der Pegel von 0,2 V überschritten wird, d. h. am gemeinsamen RDS-On-Widerstand der in T 1 integrierten FETs diese Spannung abfällt. Ausgehend von typischen Werten bei den Kernkomponenten IC 1 und T 1 ist das bei ca. 4,5 A Laststrom der Fall. Innerhalb von 17 ms wird in diesem Fall die Last von der Zelle getrennt. Mit dem Start des nächsten Ladevorgangs erfolgt im Kurzschluss- oder Überlastungsfall ein Zurücksetzen der elektronischen Sicherung.

Nachbau

Bei der Lithium-Polymer-Schutzschaltung kommen ausschließlich SMD-Komponenten zum Einsatz, und diese sind, wie bei ELV-Bausätzen üblich, bereits werkseitig bestückt. Somit sind keine Bestückungsarbeiten auf der Leiterplatte erforderlich, und es bleibt nur noch der Anschluss der Schutzschaltung an die zu überwachende Zelle. Dabei sind jedoch unbedingt ein paar Sicherheitsmaßnahmen zu beachten. Für die nachfolgende Schaltung ist die Lithium-Zelle mit Schutzschaltung wie eine Lithium-Zelle ohne Schutzschaltung zu betrachten, d. h. eine Absicherung des Verbraucher-Eingangs ist wie bisher vorzunehmen.

Über kurze Leitungsabschnitte werden zuerst ST 3 mit dem Pluspol und ST 4 mit

Stückliste: Lithium-Polymer (LiPo)- Schutzschaltung LPS1

Widerstände:

220 Ω/SMD/0805	R1
820 Ω/SMD/0805	R2

Kondensatoren:

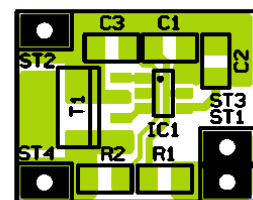
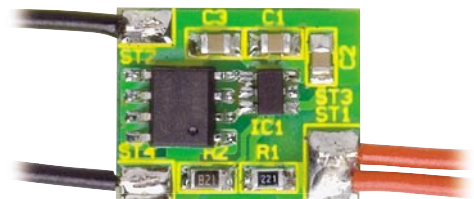
10 nF/SMD/0805	C2
100 nF/SMD/0805	C1, C3

Halbleiter:

R5421N111C/SMD/Ricoh.....	IC1
FDS6890A/SMD/Fairchild.....	T1

Sonstiges:

20 cm flexible Leitung,	
ST1 x 0,22 mm ² , Rot	ST1, ST3
20 cm flexible Leitung,	
ST1 x 0,22 mm ² ,	
Schwarz	ST2, ST4



Ansicht der fertig bestückten Platine der LPS 1 mit zugehörigem Bestückungsplan (vergrößerte Darstellung, Originalabmessungen: 14 x 11 mm)

dem Minuspol des Verbrauchers verbunden. Danach werden ST 2 der Schutzschaltung mit dem Minuspol der Zelle und ST 1 der Schutzschaltung mit dem Pluspol der Zelle verbunden. Vor dem Verlöten sind dabei alle Leitungsenden auf ca. 4 mm Länge abzuisolieren, zu verdrehen und vorzuzerzinnen. Das Verlöten muss besonders sorgfältig erfolgen, und die Leitungsisolierungen sind unbedingt bis an die Platine heranzuführen.

Um ein versehentliches Lösen zu verhindern, ist es unbedingt erforderlich, dass alle Leitungsanschlüsse (wie in Abbildung 3 gezeigt) mit einem temperaturstabilen Klebstoff zusätzlich gesichert werden.

Das kleine Modul kann letztendlich direkt auf die Zelle geklebt oder zusammen mit der Zelle eingeschrumpft werden. **ELV**