



Ladeschaltung für 3-Zellen-Lithium-Polymer-Akkus

Lithium-Ionen-Polymer-Zellen gehören zu den neuesten Entwicklungen im Akkubereich und sind in der Lage, eine hohe Energiemenge bei geringem Gewicht zur Verfügung zu stellen. Daher sind diese neuen Akkus auch für verschiedene Modellbaubereiche sehr interessant. Die hier vorgestellte Ladeschaltung ist für die weit verbreiteten Akkupacks mit 3 in Reihe geschalteten Zellen und 11,1 V Nennspannung konzipiert.

Allgemeines

Lithium-Ionen-Polymer-Zellen, oft auch nur als Lithium-Polymer-Zellen bezeichnet, sind noch recht neu am Akkumarkt, haben aber aufgrund der hohen Energieausbeute bereits einen breiten Einsatzbereich erobert. Besonders im Modellbaubereich, wo es auf geringes Gewicht ankommt, wird dieser Akkutyp bald zur Standardausrüstung gehören.

Lithium-Polymer-Zellen weisen eine Zellenspannung von 3,7 V auf, wobei zum Laden eine spezielle Ladetechnik zwingend erforderlich ist. Die Ladeschlussspannung von 4,2 V je Zelle muss unbedingt

genau eingehalten werden, da bereits eine Überschreitung um mehr als 50 mV zur Beschädigung und zum Kapazitätsverlust führen kann. Bei Unterschreiten der Lade-

schlussspannung um mehr als 50 mV kann hingegen der Akku nicht mehr voll geladen werden.

Des Weiteren muss bei diesem Akkutyp die Tiefentladung unbedingt verhindert werden und weit entladene Zellen dürfen nur mit einem geringen Strom bis zur Entladeschlussspannung von 2,5 V je Zelle beaufschlagt werden.

Während NiCd- und NiMH-Akkus sehr robust sind und auch eine schlechte Behandlung verkraften, führen beim Lithium-Polymer-Akku Tiefentladen, Überladen oder zu hohe Ströme schnell zum Defekt. Derartig geschädigte Zellen können dann auch nicht mehr gerettet werden.

Neben der hohen Energiedichte bei geringem Gewicht sind als weitere Vorteile die geringe Selbstentladung von ca. 1 % pro Monat und die dünne Bauform, wodurch einfache Konfektionierungsmöglichkeiten bestehen, zu nennen. Auch das Parallelschalten von mehreren Zellen ist zulässig. Lithium-Polymer-Zellen weisen keinen Memory-Effekt auf.

Um die Vorteile der noch recht neuen Akkus nutzen zu können, ist unbedingt ein entsprechendes Ladegerät erforderlich.

Da, wie bereits erwähnt, bei den Akkupacks die Variante mit 3 in Reihe geschalteten Zellen (11,1 V Nennspannung) weit verbreitet ist, haben wir unsere Ladeschaltung für diese Variante ausgelegt. Die Schaltung arbeitet mit einem Spannungsüberwachungs-IC für 3-zellige Lithium-Polymer-Akkus und kann 4 unterschiedliche Ladeströme (350 mA, 530 mA, 720 mA, 1 A) liefern. Zur Verringerung der Verlustleistung arbeitet die Schaltung im Leistungsteil mit einem Step-down-Schaltregler. Die unstabilisierte Betriebsspannung der Schaltung darf zwischen 15 V und 30 V liegen.

Da üblicherweise die Akkus mit einem BEC-Steckerkabel ausgestattet sind, verfügt die Ladeschaltung über ein BEC-Buchsenkabel, wodurch auch ein zuverlässiger Verpolungsschutz sichergestellt ist.

Solange die Spannung des angeschlossenen Akkus unterhalb der Entladeschlussspannung liegt, leuchtet die orangefarbene LED „Vorladen“ und der Ladestrom stellt sich auf 10 % des eingestellten Wertes ein.

Technische Daten: Lithium-Polymer-Ladeschaltung

Ladeverfahren:	Strom-/Spannungskurve
Ladbarer Akkutyp:	3-Zellen-Lithium-Polymer
Akku-Nennspannung:	11,1 V
Ladespannung:	12,6 V
Ladestrom:	350 mA, 530 mA, 720 mA, 1000 mA
LED-Anzeigen:	Betrieb, Laden, Vorladen
Ladestufe:	Step-down-Schaltregler
Vorladen:	I = 10 % des ausgewählten Stroms
Betriebsspannung:	15 V–30 V DC
Platinenabmessungen:	117 x 73 mm

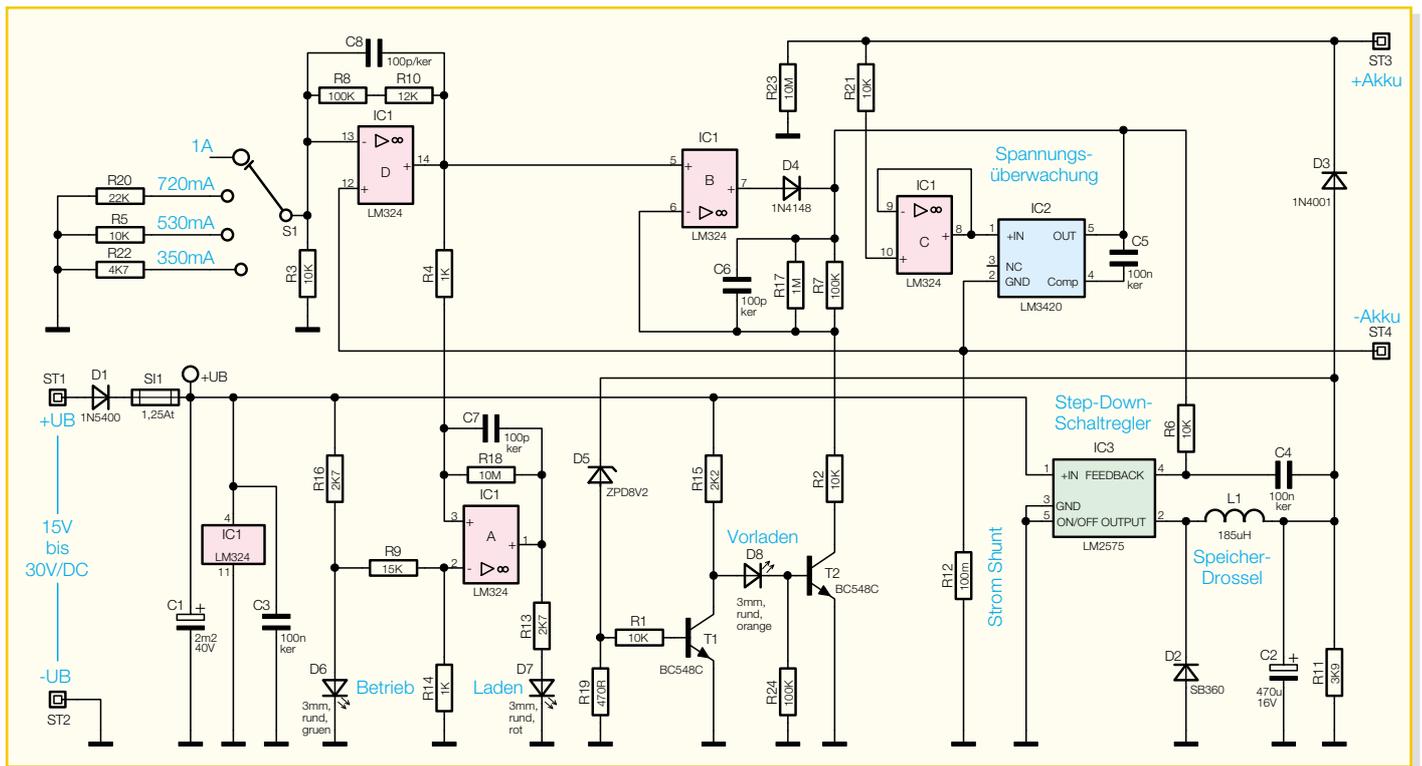


Bild 1: Schaltbild des Lithium-Polymer-Laders

Der Akku wird als voll erkannt, wenn sich bei Erreichen der Ladeschlussspannung (12,6 V) ein Ladestrom einstellt, der unterhalb von 10 % des eingestellten Stromwertes liegt. Die rote Kontroll-LED „Laden“ erlischt dann.

Schaltung

Das Schaltbild der Lithium-Polymer-Ladeschaltung ist in Abbildung 1 dargestellt. Neben dem genauen Spannungsüberwachungs-Baustein IC 2 und dem Step-down-Schaltregler IC 3 sind nur noch ein 4fach-Operationsverstärker und wenige externe Komponenten erforderlich.

Die unstabilierte Versorgungsspannung wird der Schaltung an ST 1 gegenüber Schaltungsmasse (ST 2) zugeführt und gelangt über die Verpolungs-Schutzdiode D 1 und die Sicherung SI 1 direkt auf den Eingang des Step-down-Schaltreglers IC 3, dessen interne Struktur in Abbildung 2 zu sehen ist.

Der Elko C 1 dient zur Pufferung der unstabilierten Betriebsspannung.

Der Schaltreglerbaustein IC 3 ist in verschiedenen Varianten für feste Ausgangsspannungen oder mit variabler Ausgangsspannung erhältlich. In unserer Ladeschaltung kommt die variable Variante zum Einsatz, wobei der interne Widerstand R 1 unendlich ist und R 2 0 Ω beträgt. Die Feedback-Spannung vom Ladeausgang wird nicht über einen Spannungsteiler, sondern vom Ausgang des Spannungsüberwachungs-Bausteins IC 2 und von der Ladestromvorgabe IC 1 B geliefert.

Eine interne BAND-GAP-Referenz liefert die benötigte Referenzspannung von 1,23 V.

Die Schaltfrequenz des Wandlers beträgt 52 kHz und wird von einem internen Oszillator geliefert. An externer Beschaltung werden am Ausgang nur noch die Speicherdrossel L 1, die Schottky-Diode D 2 und der Ladeelko C 2 benötigt. Die an C 2 anliegende Spannung gelangt über D 3 zum Ladeausgang (ST 3). Bei ausgeschaltetem Gerät verhindert D 3 eine Entladung des angeschlossenen Akkus.

Der Spannungsüberwachungs-Baustein IC 2, dessen interner Aufbau in Abbildung 3 dargestellt ist, erhält die Spannung vom Ladeausgang (ST 3) über den Pufferverstärker IC 1 C.

Der Ausgang von IC 2 steuert wiederum

über R 6 direkt den Feedback-Eingang des Schaltreglers IC 3.

Da die Ladung von Lithium-Polymer-Akkus nach der Strom-/Spannungskurve erfolgt, muss zusätzlich eine Stromregelung mit Überwachung erfolgen. Dazu wird die am Stromshunt R 12 abfallende, zum Ladestrom proportionale Spannung auf den nicht invertierenden Eingang (Pin 12) des Operationsverstärkers IC 1 D geführt. Die Verstärkung dieses OPs ist mit S 1 in 4 Stufen umschaltbar und wird vom Verhältnis des Spannungsteilers im Rückkopplungszweig auf den invertierenden Eingang (Pin 13) bestimmt. Da der Widerstand vom invertierenden Eingang nach Masse in 4 Stufen verändert werden kann, sind mit S 1 4 unterschiedliche Ladeströme einstellbar.

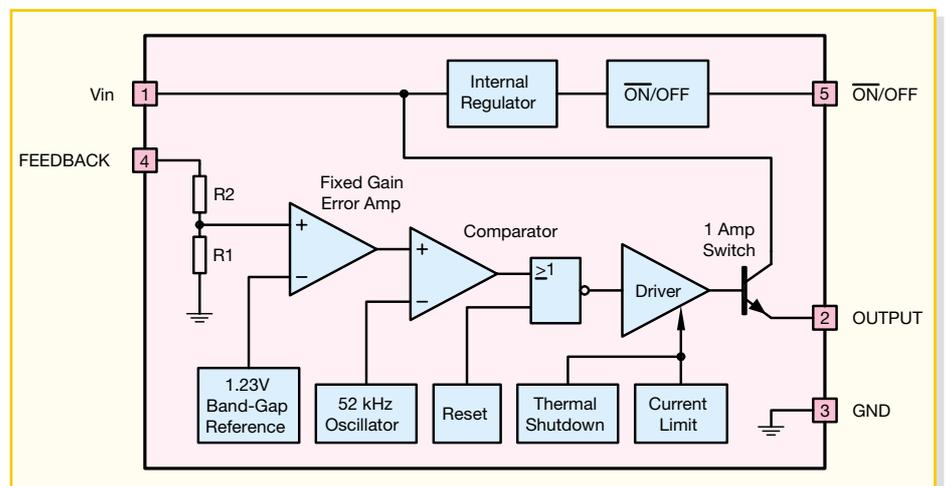


Bild 2: Interne Struktur des Step-down-Reglers IC 3

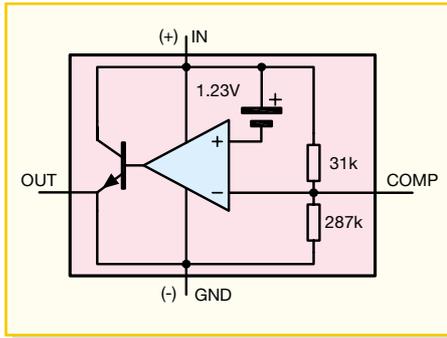


Bild 3: Innenschaltung des Spannungsüberwachungs-Bausteins IC 2

Die am Ausgang verstärkt zur Verfügung stehende stromproportionale Spannung gelangt direkt auf den nicht invertierenden Eingang eines weiteren, mit IC 1 B realisierten Verstärkers.

Solange der Spannungsteiler im Rückkopplungsweig dieses Verstärkers nicht aktiv ist, d. h. T 2 sich im Sperrzustand befindet, beträgt die Verstärkung 1. Bei durchgeschaltetem Transistor hingegen erfolgt eine ca. 10fache Verstärkung, so dass ein um den Faktor 10 geringerer Strom zur Strombegrenzung am Step-down-Schaltregler IC 3 führt.

Aufgabe von T 1, T 2 und externen Komponenten ist die Überwachung der Akkuspannung. Sobald die Akkuspannung unterhalb von 2,5 V bis 3 V je Zelle liegt, wird T 1 in den Sperrzustand versetzt und T 2 über R 15, D 8 durchgesteuert. Die Leuchtdiode D 3 zeigt dann den Zustand „Vorladen“ an. Die Lade-Enderkennung wird mithilfe von IC 1 A und der externen Beschaltung vorgenommen. In der vorliegenden Beschaltung handelt es sich bei IC 1 A um einen Komparator mit Hysterese. Dazu wird die an der Betriebs-LED D 6 abfallende Spannung als Referenz genommen und über den Spannungsteiler R 9/ R 14 auf den nicht invertierenden Eingang geführt. Der Komparator vergleicht nun ständig die Spannung an Pin 3 mit der Referenzspannung.

Bei ca. 10 % des ausgewählten Maximalstroms sinkt die Spannung an Pin 3 unterhalb der Referenzspannung an Pin 2. Darauf hin wechselt der Pegel am Ausgang von „High“ nach „Low“ und die Leuchtdiode D 7 erlischt. R 18 sorgt in Verbindung mit R 4 für eine Schalthysterese und C 7 verhindert Schwingneigungen.

Nachbau

Der praktische Aufbau der Ladeschaltung ist recht einfach, da mit Ausnahme des Ladeüberwachungs-Bausteins (IC 2), ausschließlich konventionelle bedrahtete Bauteile zum Einsatz kommen. Da alle Bauteile auf einer einzigen Leiterplatte mit den Abmessungen 116 x 72 mm Platz

finden, sind keine aufwändigen Verdrahtungen vorzunehmen.

Die Bestückungsarbeiten beginnen wir mit dem am schwierigsten zu verarbeitenden Bauteil, dem Spannungsüberwachungs-Baustein IC 2, der nur als SMD (Oberflächenmontage) erhältlich ist. Zur Verarbeitung sollten ein LötKolben mit sehr feiner Lötspitze, dünnes SMD-Lötlot, eine Pinzette und eine Lupe zur Verfügung stehen.

Zuerst wird ein LötPad der Leiterplatte vorverzinnt, dann das Bauteil exakt mit der Pinzette positioniert und am vorverzinnten LötPad angelötet. Das vollständige Verlöten erfolgt, wenn alle Anschlüsse exakt auf den zugehörigen LötPads aufliegen.

Danach folgen auf der Platinoberseite 6 Brücken aus versilbertem Schaltdraht, die zuerst auf Rastermaß abzuwinkeln sind, dann durch die zugehörigen Platino Bohrungen geführt werden und an der Platino unterseite zu verlöten sind.

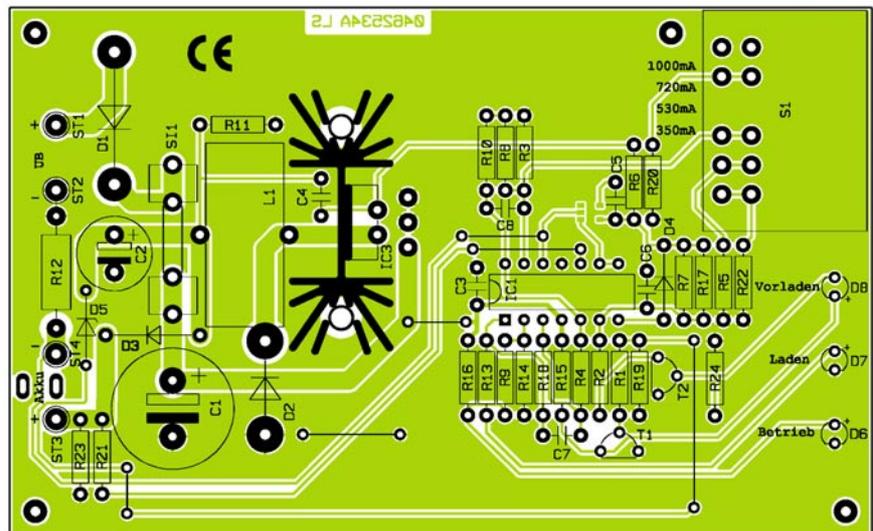
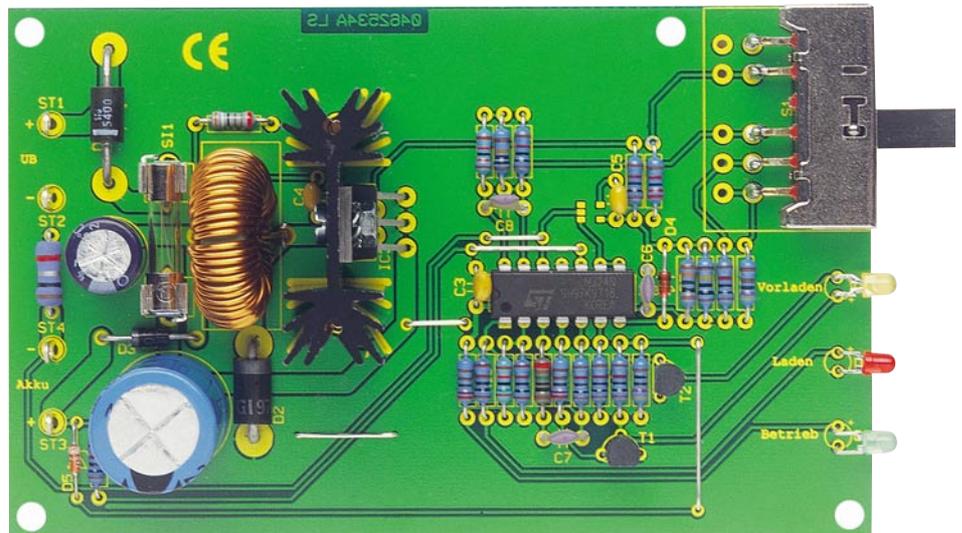
Nach dem Abschneiden der überstehen-

den Drahtenden sind die Widerstände an der Reihe, wobei auch hier zuerst die Anschlüsse auf Rastermaß abzuwinkeln sind. Nach dem Einsetzen in die zugehörigen Platino Bohrungen ist die Platine umzudrehen und alle Anschlüsse sind in einem Arbeitsgang zu verlöten. Wie bei den Drahtbrücken und auch allen nachfolgend zu bestückenden Bauteilen sind die überstehenden Drahtenden mit einem scharfen Seitenschneider direkt oberhalb der Lötstellen abzuschneiden.

Von der Platino oberseite werden 4 Lötstifte mit Öse (ST 1 bis ST 4) stramm durch die zugehörigen Platino Bohrungen gespresst und dann sorgfältig verlötet.

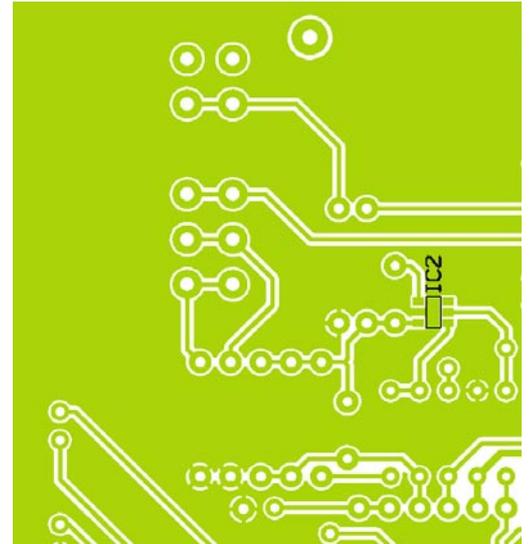
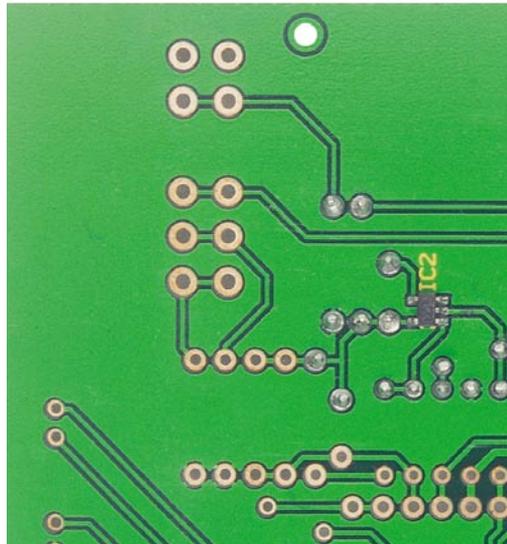
Danach sind die Keramik-Kondensatoren mit möglichst kurzen Anschlüssen einzulöten.

Die als Nächstes zu bestückenden Dioden sind an der Katodenseite (Pfeilspitze) durch einen Ring gekennzeichnet. Bei D 1 bis D 3 ist ein Leiterplattenabstand von ca. 1 bis 2 mm zu beachten.



Ansicht der fertig bestückten Platine der Ladeschaltung für Lithium-Polymer-Akkus von der Bestückungsseite mit zugehörigem Bestückungsplan

Vergrößerter Ausschnitt der Lötseite zur besseren Darstellung der Bestückung von IC 2



Bei den im nächsten Arbeitsschritt zu bestückenden Elektrolyt-Kondensatoren ist unbedingt die korrekte Polarität zu beachten, da falsch gepolte Elkos sogar explodieren können.

Die Anschlüsse der Kleinsignaltransistoren sind vor dem Verlöten so weit wie möglich durch die zugehörigen Platinenbohrungen zu führen.

Danach wird die Speicherdrossel L 1 bestückt und deren Anschlüsse an der Lötseite mit viel Lötzinn festgesetzt.

Die beiden Hälften des Platinensicherungshalters werden gleich nach dem Einlöten mit der zugehörigen Feinsicherung bestückt.

Nun wird der Step-down-Schaltregler IC 3 mit einer Schraube M3 x 8 mm, Zahnscheibe und Mutter am Kühlkörper befestigt. Nach dem Einsetzen in die Leiterplatte werden danach die beiden Stifte des Kühlkörpers und die Anschlüsse von IC 3 sorgfältig verlötet.

Der 4-stufige Schiebeschalter S 1 kann sowohl stehend als auch in liegender Position (Foto) bestückt werden. Bei der liegenden Variante sind zuerst 5 1-mm-Lötstifte in die Platine zu löten. Unter Verwendung von viel Lötzinn sind danach die Schalteranschlüsse an die Lötstifte anzulöten.

Bei den Leuchtdioden ist die Polarität

am Bauteil durch einen längeren Anodenanschluss (+) gekennzeichnet. Die LED-Anschlüsse werden 5 mm hinter dem Gehäuseaustritt polaritätsrichtig abgewinkelt und danach mit ca. 4 mm Leiterplattenabstand eingelötet.

Zum Anschluss der Akkupacks wird ein BEC-Buchsenkabel verwendet. Dieses ist zuerst zur Zugentlastung von oben durch die zugehörigen Platinenschlitze zu führen und dann mit der roten Leitung an ST 3 und mit der schwarzen Leitung an ST 4 anzulöten. Die eingangsseitige unstabilierte Versorgungsspannung ist mit dem Pluspol an ST 1 und mit dem Minuspol an ST 2 anzuschließen.

Nachdem die Platine nun vollständig bestückt ist, sollte eine gründliche Überprüfung hinsichtlich Löt- und Bestückungsfehlern erfolgen. Danach wird zur ersten Inbetriebnahme die Eingangsspannung (z. B. 20 V) angelegt, jedoch noch kein Akku am Ladeausgang angeschlossen. Am Ladeausgang (ST 3, ST 4) muss eine Spannung von 12,6 V (± 150 mV) zu messen sein und die Stromaufnahme der Schaltung sollte zwischen 30 mA und 50 mA liegen.

Erst wenn diese ersten Prüfungen zur Zufriedenheit ausgefallen sind, wird der zu ladende Akku am Ladeausgang angeschlossen.

Je nach Ladezustand muss dann eine Begrenzung auf den eingestellten Stromwert oder auf die Ladeschlussspannung von 12,6 V erfolgen. Solange die Stromaufnahme des Akkus 10 % des eingestellten Stromwertes übersteigt, leuchtet die Lade-Kontroll-LED. Liegt hingegen die Akkuspannung unterhalb der Entladeschlussspannung, erfolgt eine Vorladung mit reduziertem Strom (10 % des eingestellten Wertes) und die orangefarbene Kontroll-LED „Vorladen“ leuchtet.

Wenn alle Tests zufrieden stellend verlaufen sind, ist das Laden dieser interessanten Akkupacks kein Problem. **ELV**

Stückliste: 3-Zellen-Lithium-Polymer-Ladeschaltung

Widerstände:

0,1 Ω /1W/5%/Metalloxid	R12
470 Ω	R19
1k Ω	R4, R14
2,2k Ω	R15
2,7k Ω	R13, R16
3,9k Ω	R11
4,7k Ω	R22
10k Ω	R1-R3, R5, R6, R21
12k Ω	R10
15k Ω	R9
22k Ω	R20
100k Ω	R7, R8, R24
1M Ω	R17
10M Ω	R18, R23

Kondensatoren:

100pF/ker	C6-C8
100nF/ker	C3-C5
470 μ F/16V	C2
2200 μ F/40V	C1

Halbleiter:

LM324/SGS	IC1
LM3420A-12.6/SMD	IC2
LM2575T-ADJ	IC3

BC548C	T1, T2
1N5400	D1
SB360	D2
1N4001	D3
1N4148	D4
ZPD8,2V/0,4W	D5
LED, 3 mm, grün	D6
LED, 3 mm, rot	D7
LED, 3 mm, orange	D8

Sonstiges:

Speicherdrossel, 185 μ H/2,5A	L1
Schiebeschalter, 4 Stellungen, print	S1
5 Lötstifte, 1 mm	S1
Sicherung, 1,25A, träge	SI1
Platinensicherungshalter (2 Hälften), print	SI1
Lötstift mit Lötöse	ST1-ST4
1 BEC-Buchsenkabel	
1 Kühlkörper SK104, 38,1 mm mit Lötstiften	
1 Zylinderkopfschraube, M3 x 8 mm	
1 Mutter, M3	
1 Fächerscheibe, M3	
17 cm Schaltdraht, blank, versilbert	