



Ladegerät für Lithium-Eisen-Phosphat-Zellen LiFe 4

Mit dem hier vorgestellten Ladegerät können Einzelzellen, aber auch bis zu 4 in Reihe geschaltete LiFePO₄-Zellen geladen werden. Lithium-Akkus sind die modernste und leistungsfähigste Akku-Technologie, wobei aber im Allgemeinen hohe Anforderungen an die Genauigkeit der Ladetechnik gestellt werden. Die neueste Entwicklung auf dem Gebiet der Lithium-Akkus sind die Lithium-Eisen-Phosphat-Zellen (LiFePO₄), die neue Maßstäbe bezüglich Robustheit und Zyklenzahl setzen und eine hervorragende Entlade-Charakteristik haben.

Allgemeines zur Lithium-Technologie

Aufgrund der hohen Energiedichte bei geringem Gewicht haben alle Akkus auf Lithium-Technologie deutliche Vorteile gegenüber anderen Akku-Typen. Daher ist es sicherlich nicht verwunderlich, dass dieser Akku-Typ in recht kurzer Zeit weite Anwendungsfelder erobert hat. Im Notebook, Handy, aber auch im Consumer-Bereich ist diese Akku-Technologie heute nicht mehr wegzudenken.

Doch Vorsicht, bei falscher Behandlung reagieren Lithium-Akkus sehr kritisch und können bereits bei der geringsten Überladung zur ernststen Gefahr werden und blitzschnell Brände verursachen. Das Gefahrenpotential ist auch an den vielen Rückrufaktionen der letzten Jahre, selbst bei namhaften Herstellern, zu erkennen und an Bränden in verschiedenen Fabriken für Lithium-Akkus.

Im Hobbybereich sollte man diesen Akku-Typ nur einsetzen, wenn eine speziell auf den verwendeten Akku-Typ abgestimmte Ladetechnik zur Verfügung steht. Herkömmliche

Technische Daten: LiFe 4-Ladegerät

Akku-Technologie:	Lithium-Eisen-Phosphat-LiFePO ₄
Zellenzahl:	1 bis 4 (Auswahl mit Taster)
Ladespannung:	3,6 V je Zelle
Ladestrom:	0,5 A; 1,0 A; 1,5 A; 2,0 A (umschaltbar)
Eingangsspannung:	8–25 V (je nach Zellenzahl) 1 Zelle min. 8 V 2 Zellen min. 11 V 3 Zellen min. 15 V 4 Zellen min. 19 V
Anzeigen:	4 LEDs Zellenzahl LED Laden, LED Fertig
Ladeausgang:	2 Standard-Bananenbuchsen 4 mm
Lade-Enderkennung:	I MAX/5, I MAX/10, I MAX/15 (konfigurierbar)
Sicherheitstimer:	2 Std. 21 Min., 5 Std. (veränderbar)
Gehäuseabmessungen (B x H x T):	57 x 141,5 x 23,5 mm

Lithium-Akkus sollten nur mit Schutzbeschaltung zum Einsatz kommen, und bei der Ladeschluss-Spannung muss unbedingt eine hohe Präzision ($\pm 1\%$) eingehalten werden.

Deutlich unkritischer sind die neuen Lithium-Eisen-Phosphat-Akkus (LiFePO₄), die sehr zuverlässig und robust sind und in



Bild 1: Beispiel eines LiFePO₄-Akkus

Grenzen auch als eigensicher gelten. Dieser neue Zellentyp (Abbildung 1) vereint die Vorteile von Lithium-Akkus mit der Robustheit der altbekannten Nickel-Cadmium-Akkus (NC). Abbildung 2 zeigt an einem Beispiel den hervorragenden Entladeverlauf dieses Zellentyps, wobei in unserem Beispiel der Entladestrom der Nennkapazität der Zelle entspricht (1C).

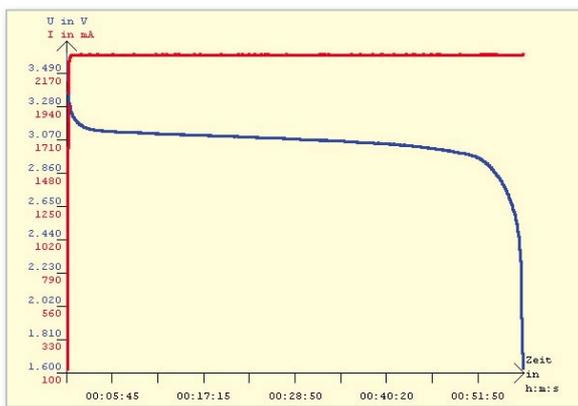


Bild 2: Entladeverlauf eines LiFePO₄-Akkus

Dabei fällt der besonders flache Kurvenverlauf während des gesamten Entladeverlaufs und der steile Spannungsabfall am Entladeende auf. Dieser Akku-Typ wurde für den Einsatz in Hochstromanwendungen wie z. B. in Elektro- und Hybridfahrzeugen entwickelt und darf in der 2,3-Ah-Variante mit bis zu 60 A entladen werden, Impulsentladungen sind sogar bis zu 150 A möglich.

Während die Zellenspannung bei Lithium-Ionen-Akkus 3,6 V und bei Lithium-Polymer-Akkus 3,7 V beträgt, sind diese Zellen mit 3,3 V spezifiziert. Wie an der Entladekurve in Abbildung 2 zu sehen ist, stellt sich bei einem der Nennkapazität entsprechenden Entladestrom eine Spannung unterhalb der Nennspannung ein. Die Ladeschluss-Spannung dieses neuen Akku-Typs ist mit 3,6 V angegeben, muss aber nicht mit der hohen Genauigkeit eingehalten werden wie bei Lithium-Ionen- und Lithium-Polymer-Akkus. Maximal dürfen diese Zellen mit 3,8 V geladen werden, was aber die Lebensdauer deutlich reduziert.

Die Ladung erfolgt nach der CC-CV-Methode (Konstantstrom-Konstantspannung), was bedeutet, dass zuerst der Ladestrom begrenzt wird und ab Erreichen der Ladeschluss-Spannung wird die Spannung konstant gehalten. Der Strom

sinkt dann kontinuierlich, wobei der Akku als voll geladen gilt, wenn der Strom 10 % der Nennkapazitätsangabe unterschreitet.

Für eine lange Lebensdauer darf bei der Entladung die Zellenspannung 2 V nicht unterschreiten. Wie die Entladekurve zeigt, macht es auch keinen Sinn, diesen Akku-Typ unter 2,5 V je Zelle zu entladen. Weit entladene Zellen sollten nur mit geringem Strom ($I/10$) beaufschlagt werden, bis eine Zellenspannung von 2,5 V erreicht ist. Eine Tiefentladung sollte aber möglichst immer vermieden werden.

Die LiFePO₄-Zellen sind im Temperaturbereich von -20 °C bis $+60\text{ °C}$ einsetzbar, wobei das Laden unter 0 °C nicht zulässig ist.

Bei in Reihe geschalteten Zellen ist laut Hersteller kein Balancieren erforderlich, wird aber alle 10 bis 15 Entladezyklen empfohlen.

Besondere Anforderungen werden an das Konfigurieren von Akku-Packs gestellt. Nur selektierte Zellen mit absolut gleicher Kapazität, gleichem Alter und Ladezustand dürfen in Reihe geschaltet werden.

Allgemeines zum Ladegerät LiFe 4

Die hier vorgestellte Ladeschaltung basiert auf einem hochintegrierten Schaltkreis von Texas Instruments (BQ2954), der alle Stufen, inklusive schnellem Step-down-Schaltregler für eine geringe Verlustleistung, enthält. Der externe Schaltungsaufwand ist dadurch verhältnismäßig gering.

Das Ladegerät kann Einzelzellen oder bis zu 4 in Reihe geschaltete Zellen laden, wobei die Auswahl der Zellenzahl mittels eines Tasters geschieht und die Anzeige der ausgewählten Zellenzahl mit Hilfe von Leuchtdioden erfolgt. Um ein versehentliches Verstellen der Zellenzahl zu vermeiden, ist der Taster nach dem Start des Ladevorgangs gesperrt.

Zwei weitere Leuchtdioden zeigen den aktuellen Ladestatus (Abbildung 3) an, wobei mit Hilfe eines Codiersteckers (J 1) entsprechend Tabelle 1 drei unterschiedliche Anzeige-Modi konfiguriert werden können.

Versorgt wird das Ladegerät mit einem externen Netzteil, wobei die erforderliche Mindestspannung von der Zellenzahl des angeschlossenen Akkus abhängig ist (Tabelle 2). Der zulässige Eingangsspannungsbereich des Ladegerätes LiFe 4 beträgt 8 V bis 25 V. Zum Anschluss des Netzgerätes steht eine Standard-Kleinspannungsbuchse zur Verfügung.

Der Ladestrom richtet sich in erster Linie nach dem zur Ver-



Bild 3: 2 LEDs zeigen den Ladestatus an.

Tabelle 1: LED-Anzeigemodus des Ladegerätes LiFe 4

LED	Ausgang offen	Vorladung	Konstant- strom- Ladung	Konstant- spannungs- Ladung	Akku voll	Ladeende erkannt
Modus 1: (IC 2, Pin 16 mit Masse verbunden)						
Rot (D 5)		X	X	X		
Grün (D 6)					X	X
BTST	X					
Modus 2: (IC 2, Pin 16 mit +5 V verbunden)						
Rot (D 5)		X	X	X		
Grün (D 6)					X	X
BTST	X					
Modus 3: (IC 2, Pin 16 offen)						
Rot (D 5)		X	X	X		
Grün (D 6)				X	X	X
BTST		X				

Tabelle 2: Mindest-Betriebsspannung in Abhängigkeit von der Zellenzahl

Zellenzahl	Mindest-Betriebsspannung
1	8 V
2	11 V
3	15 V
4	19 V

fügung stehenden Netzgerät und ist mit Hilfe eines Schiebeshalters in 4 Stufen von 0,5 A bis 2 A einstellbar. Mit einem weiteren Codierstecker (J 2) wird die Akku-voll-Erkennung und der Mindeststrom konfiguriert (Tabelle 3). Sobald die Stromaufnahme unterhalb der Mindeststromgrenze absinkt, wird der Ladevorgang komplett abgeschaltet. Zum Anschluss der zu ladenden Zellen stehen Standard-4-mm-Anschlussbuchsen zur Verfügung. Während des Betriebs ist unbedingt zu beachten, dass die Lüftungsöffnungen des Gehäuses nicht abgedeckt werden dürfen.

Schaltung

Das Hauptschaltbild unseres Lithium-Eisen-Phosphat-Ladegerätes ist in Abbildung 4 dargestellt und Abbildung 5 zeigt die recht einfache Spannungsversorgung. Zentrales Bauelement im Hauptschaltbild ist der Ladecontroller BQ2954 von Texas Instruments, in dem auch ein Schaltregler integriert ist. Abbildung 6 zeigt den internen Aufbau dieses ICs, dessen erforderliche externe Beschaltung sich auf ein Minimum beschränkt.

Der integrierte PWM-Controller steuert über den Modulation-Control-Output (Pin 14) den Transistor T 5, in dessen Kollektorkreis sich der Endstufentransistor T 4 befindet. Je nach Anforderung erfolgt durch Steuerung des Puls-Pause-Verhältnisses eine Begrenzung des Ladestroms oder der Ladespannung auf den vorgegebenen Wert. T 3 sorgt in diesem Zusammenhang für ein schnelles Sperren des Endstufentransistors T 4 im ausgeschalteten Zustand und somit für steile Flanken. Von BU 1 kommend gelangt die Ladespannung über SI 1 und

Tabelle 3: Akku-voll-Erkennung und Mindeststrom

Zellenzahl	Akku-voll-Erkennung	Mindeststrom
Mit Masse verbunden	I _{MAX} / 5	I _{MAX} / 10
Mit +5 V verbunden	I _{MAX} / 10	I _{MAX} / 15
Offen	I _{MAX} / 15	I _{MAX} / 20

die Verpolungsschutz-Diode D 1 auf den Emitter des Transistors T 4. Der Elko C 1 dient dabei zur Pufferung. Bei durchgeschaltetem Transistor T 4 fließt der Strom über die Speicherdrossel L 2 und die Sicherung SI 2 zum Ausgang (BU 3) sowie in den Pufferelko C 2. Aufgrund der in L 2 gespeicherten Energie bleibt der Stromfluss bei gesperrtem Endstufentransistor T 4 über die Schottky-Diode D 3 aufrechterhalten. Das Puls-Pause-Verhältnis bestimmt letztendlich die Ausgangsspannung bzw. den Ausgangsstrom der Ladeendstufe.

Damit zur Überprüfung, ob ein Akku angeschlossen ist oder nicht, die Ladeendstufe nicht durchgesteuert werden muss, verfügt der Baustein über den Ausgang „Battery-Test-Output“ (Pin 10). Über diesen Ausgang wird der Transistor T 2 gesteuert, der wiederum den Transistor T 1 in den leitenden Zustand versetzt. Dadurch wird über R 1 der Ausgang mit einer Spannung beaufschlagt, um zu überprüfen, ob ein Akku angeschlossen ist oder sich der Ausgang im offenen Zustand befindet.

Doch nun wieder zurück zum Ladebaustein IC 2. Die Leuchtdioden D 5 (Laden) und D 6 (Fertig) sind direkt an Pin 15 und Pin 16 angeschlossen. An Pin 16 wird während der Initialisierungsphase zusätzlich der mit J 1 gewünschte Anzeige-Modus abgefragt. Während der Abfrage nach dem Anlegen der Betriebsspannung ist Pin 11 hochohmig. Dadurch sind 3 Zustände und somit 3 unterschiedliche Anzeige-Modi möglich (siehe Tabelle 1).

Über einen weiteren Codierstecker (J 2), angeschlossen an Pin 6, kann die Schwelle für die „Akku voll“-Erkennung ausgewählt werden. Auch hier sind 3 Zustände möglich (Pin 6 offen, mit +5 V verbunden oder mit Masse verbunden).

Die Kondensatoren C 12 und C 13 dienen zur Stabilisierung der Strom- und Spannungs-Regelschleifen, während die

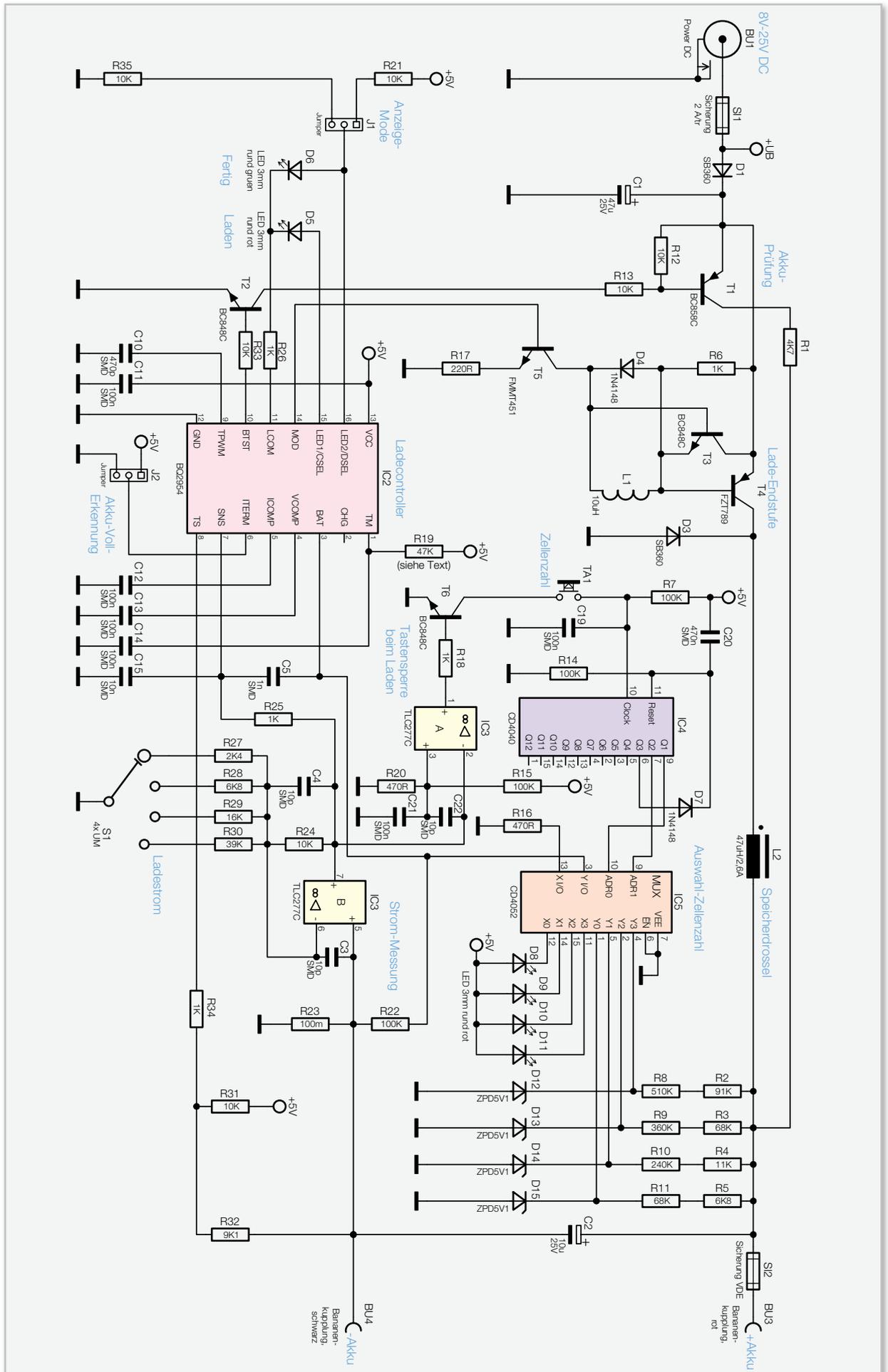


Bild 4: Hauptschaltbild des LiFe 4

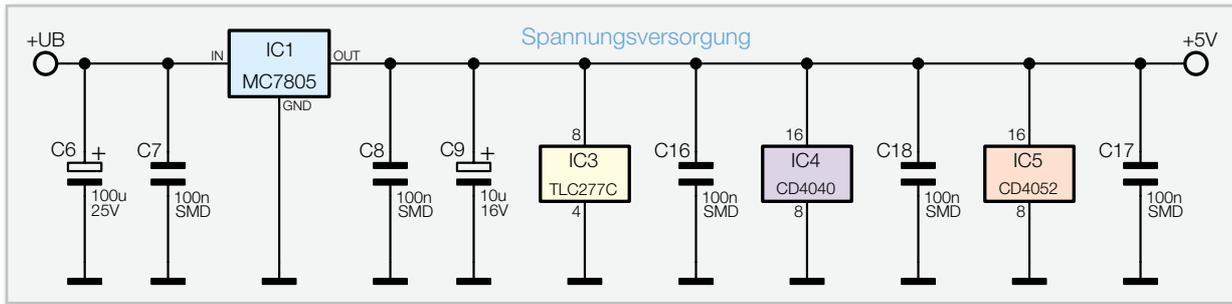


Bild 5: Spannungsversorgung des Ladegerätes LiFe 4

RC-Kombination R 19, C 14 die max. Ladezeit bestimmt. Nach folgender einfacher Formel wird die maximale Ladezeit berechnet:

$$\text{Max. Ladezeit (h)} = 500 \times R 19 \times C 14$$

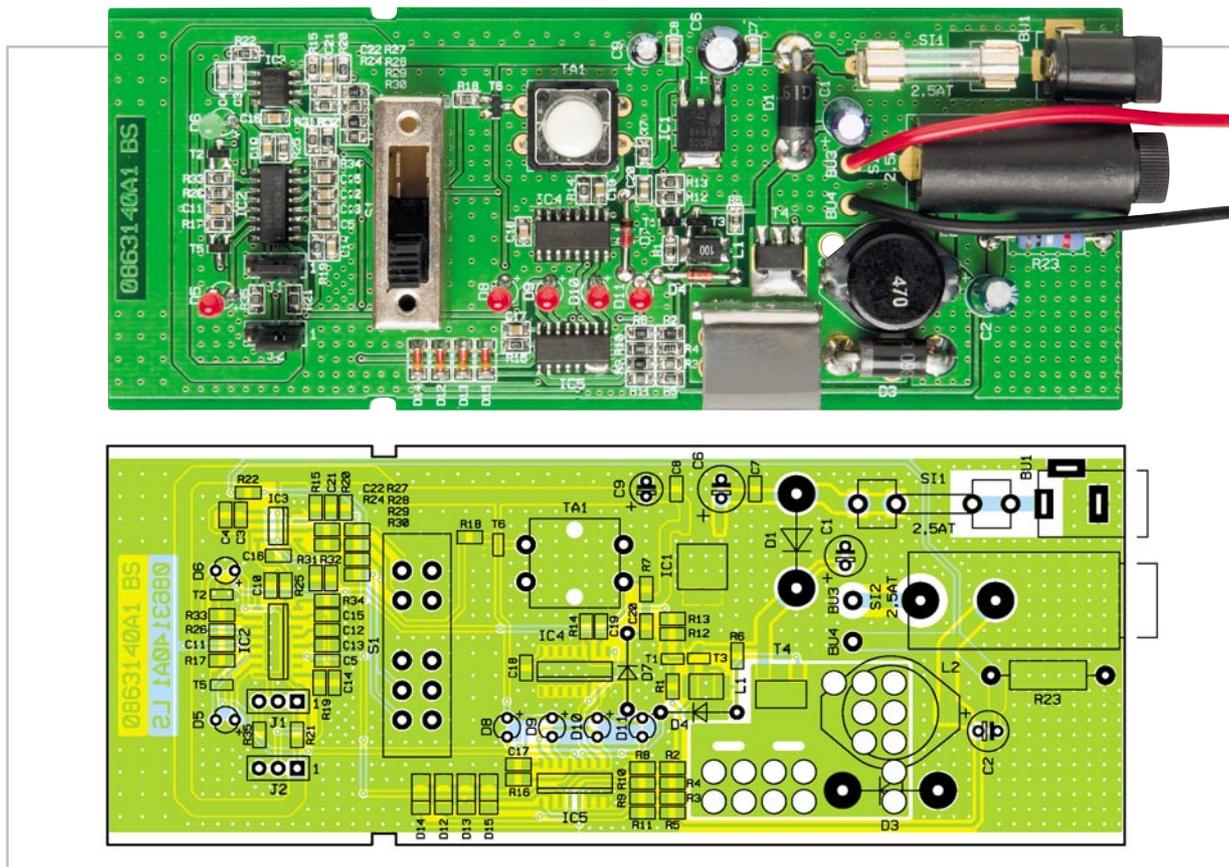
Für C 14 wird von Texas Instruments ein 100-nF-Kondensator empfohlen. In der Standard-Dimensionierung ($R 19 = 47 \text{ k}$) beträgt also die maximale Ladezeit 2 Stunden 21 Minuten. Wird R 19 durch einen 100-k-Widerstand ersetzt, erhöht sich die maximale Ladezeit auf 5 Stunden. Dieser Widerstandswert liegt dem Bausatz bei und ist im Bedarfsfall gegen den 47-k-Widerstand zu tauschen.

Die Messung des Ladestroms erfolgt mit Hilfe des Shunt-Widerstands R 23, dessen stromproportionaler Spannungsabfall an Pin 5 (nicht-invertierender Eingang) des Operationsverstärkers IC 3 anliegt. Die am Ausgang dieses Verstärkers anliegende Spannung gelangt über R 25 auf Pin 7 des BQ2954. Sobald an diesem Pin 250 mV anliegen, wird der

Ladestrom begrenzt. Je nachdem, welche Verstärkung mit Hilfe des Schalters S 1 beim Operationsverstärker IC 3 eingestellt ist, erfolgt die Strombegrenzung bei 0,5 A, 1 A, 1,5 A oder 2 A.

An Pin 3 des BQ2954 wird die Akkuspannung erfasst. Sobald die Spannung an diesem Pin 2,05 V erreicht, erfolgt die Begrenzung der Ladespannung (CV-Modus). Je nach Zellenzahl wird die am Akku bzw. Akku-Pack gemessene Spannung über die mit R 2 bis R 5, R 8 bis R 11 und R 22 aufgebauten Spannungsteiler in Verbindung mit dem Multiplexer IC 5 heruntergeteilt. Gesteuert wird der Multiplexer vom Binärzähler IC 4, dessen Ausgang mit jedem „High/Low“-Übergang am Takteingang (Pin 10) eine Stufe weiter zählt, wobei die Taktflanke mit Hilfe des Tasters TA 1 erzeugt wird. Tasterbetätigungen können sich allerdings nur auswirken, solange der Transistor T 6 durchgesteuert ist.

Die parallel über den Multiplexer geschalteten Leuchtdioden D 8 bis D 11 dienen dabei zur Anzeige der ausgewählten Zellenzahl.



Ansicht der fertig bestückten Leiterplatte mit zugehörigem Bestückungsplan

Stückliste: Lithium-Eisen-Phosphat-Ladegerät LiFe 4

Widerstände:

0,1 Ω /1 W/Metalloxid	R23
220 Ω /SMD/0805	R17
470 Ω /SMD/0805	R16, R20
1 k Ω /SMD/0805	R6, R18, R25, R26, R34
2,4 k Ω /SMD/0805	R27
4,7 k Ω /SMD/0805	R1
6,8 k Ω /SMD/0805	R5, R28
9,1 k Ω /SMD/0805	R32
10 k Ω /SMD/0805	R12, R13, R21, R24, R31, R33, R35
11 k Ω /SMD/0805	R4
16 k Ω /SMD/0805	R29
39 k Ω /SMD/0805	R30
47 k Ω /SMD/0805	R19*
68 k Ω /SMD/0805	R3, R11
91 k Ω /SMD/0805	R2
100 k Ω /SMD/0805	R7, R14, R15, R19*, R22
240 k Ω /SMD/0805	R10
360 k Ω /SMD/0805	R9
510 k Ω /SMD/0805	R8

Kondensatoren:

10 pF/SMD/0805	C3, C4, C22
470 pF/SMD/0805	C10
1 nF/SMD/0805	C5
10 nF/SMD/0805	C15
100 nF/SMD/0805	C7, C8, C11–C14, C16–C19, C21
470 nF/SMD/0805	C20
10 μ F/16 V	C9
10 μ F/25 V	C2
47 μ F/25 V	C1
100 μ F/25 V/105 °C	C6

* siehe Text

Halbleiter:

MC7805CDT/SMD	IC1
BQ2954SN/SMD/TI	IC2
TLC277C/SMD	IC3
CD4040/SMD	IC4
CD4052/SMD	IC5
BC858C	T1
BC848C	T2, T3, T6
FZT789A/SMD	T4
FMMT451/SMD	T5
SB360	D1, D3
1N4148	D4, D7
ZPD 5,1 V/SMD	D12–D15
LED, 3 mm, Rot	D5, D8–D11
LED, 3 mm, Grün	D6

Sonstiges:

SMD-Induktivität, 10 μ H	L1
SMD-Induktivität, 47 μ H/2,6 A	L2
Hohlsteckerbuchse, 2,1 mm, print	BU1
Telefonbuchse, 4 mm, Rot	BU3
Telefonbuchse, 4 mm, Schwarz	BU4
Mini-Drucktaster, B3F-4050, 1 x ein	TA1
Tastknopf, 18 mm	TA1
Schiebeschalter, 4 Stellungen, print	S1
Stiftleiste, 1 x 3-polig, gerade, print	J1, J2
Jumper, geschlossene Ausführung	J1, J2
Platinensicherungshalter (2 Hälften), print	SI1
VDE-Sicherungshalter PTF50, liegend, print	SI2
Sicherung, 2,5 A, träge	SI1, SI2
1 Kühlblech, bearbeitet	
1 Profil-Gehäuse, Lichtgrau, komplett, bearbeitet und bedruckt	
12 cm flexible Leitung, ST1 x 0,75 mm ² , Rot	
12 cm flexible Leitung, ST1 x 0,75 mm ² , Schwarz	

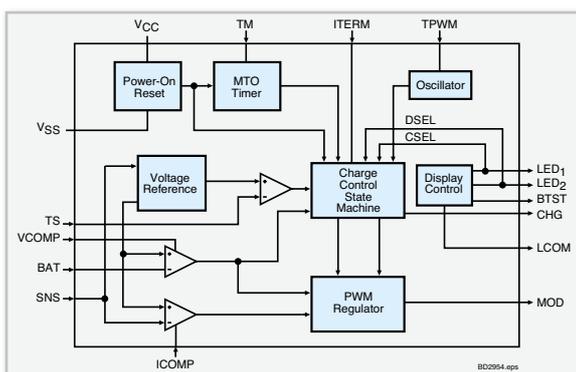


Bild 6: Der interne Aufbau des Ladecollectors BQ2954

IC 3 A bildet zusammen mit T 6 eine Tastensperre. Sobald ein nennenswerter Ladestrom fließt und der Spannungspegel an IC 3, Pin 2 über den Pegel an Pin 3 steigt, wird T 6 gesperrt. Mit Hilfe des Tasters TA 1 kann die Zellenzahl nicht mehr versehentlich verstellt werden. Je nach Zellenzahl des zu ladenden Akkus ist an BU 1 eine Eingangs-Gleichspannung zwischen 8 V und 25 V anzulegen.

Die über die Sicherung SI 1 kommende Spannung gelangt auch auf den in Abbildung 5 dargestellten Spannungsregler IC 1 und den Pufferelko C 6. Ausgangsseitig liefert der

Spannungsregler +5 V zur Versorgung der gesamten Elektronik. Der Elko C 9 dient zur Schwingneigungsunterdrückung, und die Kondensatoren C 7, C 8 verhindern hochfrequente Störeinflüsse am Spannungsregler und C 16 bis C 18 sind zur Störunterdrückung an den Versorgungspins der einzelnen ICs positioniert.

Nachbau

Der praktische Aufbau des Ladegerätes LiFe 4 stellt keine große Herausforderung dar, da grundsätzlich bei allen ELV-Bausätzen sämtliche SMD-Komponenten werkseitig vorbestückt sind. Von Hand bleiben nur noch die Bauteile in konventioneller, bedrahteter Bauform einzulöten.

Zuerst werden die Anschlüsse der beiden Schottky-Dioden D 1 und D 3 auf Rastermaß abgewinkelt und dann die Anschlüsse unter Beachtung der korrekten Polarität von oben durch die zugehörigen Platinenbohrungen geführt. Am Bauteil ist der Katodenanschluss (Pfeilspitze) durch einen Ring gekennzeichnet. Unter Zugabe von ausreichend Lötzinn werden die Anschlüsse im nächsten Schritt so verlötet, dass zwischen Bauteilkörper und Platinenoberfläche ein Abstand von

1 bis 2 mm entsteht.

In der gleichen Weise ist danach der Widerstand R 23 einzulöten.

Danach werden die bedrahteten Dioden D 4 und D 7 bestückt, die keinen Leiterplattenabstand benötigen.

Im nächsten Arbeitsschritt sind die Elektrolyt-Kondensatoren polaritätsrichtig einzusetzen und sorgfältig zu verlöten. Vorsicht! Falsch gepolte Elkos können explodieren. Elkos sind üblicherweise am Minuspol gekennzeichnet.

Alle überstehenden Drahtenden an der Platinenunterseite werden mit einem scharfen Seitenschneider direkt oberhalb der Lötstellen abgeschnitten.

Nun sind die Stiftleisten zur Aufnahme der Codierstecker J 1 und J 2 einzulöten. Dabei ist darauf zu achten, dass die Stiftleisten jeweils mit dem Kunststoffsteg plan auf der Platinenoberfläche aufliegen. Alsdann sind die beiden Codierstecker entsprechend der gewünschten Konfiguration zu setzen.

Der Schiebeschalter S 1, der Taster TA 1, die Buchse BU 1 und der Sicherungshalter SI 2 müssen vor dem Verlöten unbedingt plan auf der Platinenoberfläche aufliegen. Das Gleiche gilt auch für die beiden Hälften des Platinensicherungshalters SI 1, der gleich nach dem Einlöten mit einer 2,5-A-Feinsicherung bestückt wird. Der Sicherungshalter SI 2 wird ebenfalls mit der zugehörigen Glas-Feinsicherung bestückt.

Die Einbauhöhe der Leuchtdioden beträgt 17,5 mm, gemessen von der LED-Spitze bis zur Platinenoberfläche. Bei den



Bild 7: Einbau der Ladebuchsen und Verlegung der Anschlussleitungen im Gehäuse

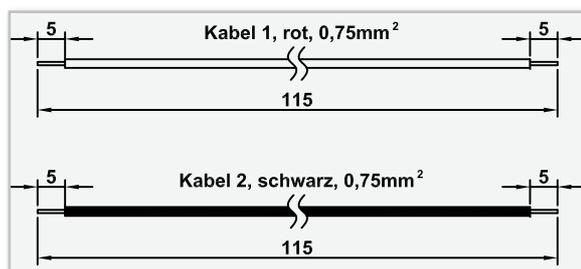


Bild 8: Die rote und schwarze Anschlussleitung sind wie abgebildet vorzubereiten.

LEDs ist die Polarität am Bauteil durch einen längeren Anodenanschluss (+ im Bestückungsplan) gekennzeichnet.

Das Kühlblech für den Endstufen-Transistor T 4 ist wie auf dem Platinenfoto zu sehen einzusetzen und mit viel Lötzinne auf der gesamten Länge festzusetzen.

Die beiden Ladebuchsen BU 3 und BU 4 werden, wie in Abbildung 7 zu sehen, in das Gehäuse montiert. Jeweils eine rote und eine schwarze Anschlussleitung (Abbildung 8) werden an beiden Enden auf 5 mm Länge abisoliert, verdreht, an den entsprechenden Anschlusspunkten eingeführt und verlötet. Die rote Leitung wird dabei zur Verbindung der roten Ausgangsbuchse (+) mit Platinen-Anschlusspunkt BU 3 und die schwarze Leitung zur Verbindung der schwarzen Buchse (–) mit BU 4 verwendet. Im Gehäuse sind die Leitungsabschnitte, wie abgebildet, leicht nach außen (Gehäuserand) zu verlegen, damit beim Zusammenbau die Leitungen die LEDs D 5 und D 6 nicht berühren. Über diese Leuchtdioden ist zur Isolation, wie in Abbildung 9 zu sehen, jeweils ein 14 bis 15 mm langer Gewebe-Isolierschlauch zu schieben.

Nachdem die Bestückungsarbeiten so weit beendet sind, sollte eine gründliche Überprüfung hinsichtlich Löt- und Bestückungsfehlern erfolgen. Die fertig aufgebaute Platine ist in das Schiebegehäuse einzusetzen und das Gehäuse zu schließen.

Da die Ladung von Lithium-Akkus grundsätzlich mit Vorsicht erfolgen soll, ist es zu empfehlen, den entsprechenden Akku zur ersten Inbetriebnahme mit in Reihe geschaltetem Amperemeter zur Überprüfung des Ladestroms anzuschließen. Wenn der Ladestrom mit dem eingestellten Wert übereinstimmt, sollten während des ersten Ladevorgangs die Ladespannung und die Lade-Enderkennung überwacht werden. Wenn diese ersten Tests positiv verlaufen sind, steht dem Einsatz dieses interessanten Ladegerätes nichts mehr entgegen.

Die vom Akku-Hersteller empfohlenen Ladebedingungen und Sicherheitshinweise sind grundsätzlich zu beachten. **ELV**

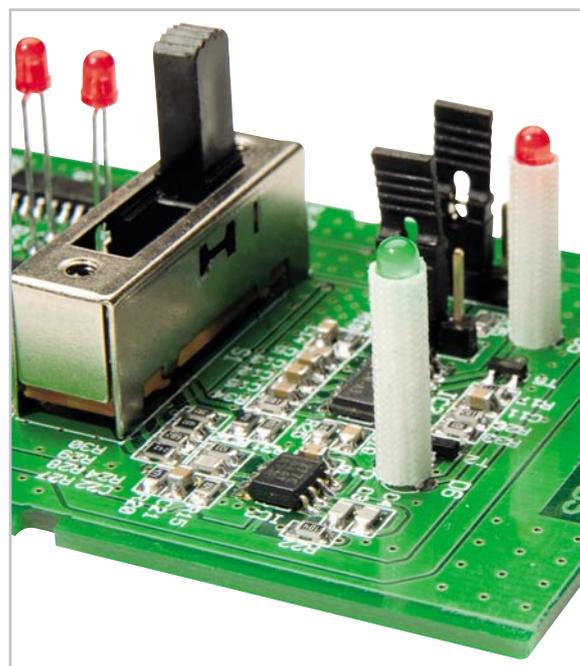


Bild 9: Die Anschlüsse der LEDs D 5 und D 6 werden mit Gewebe-Isolierschlauch geschützt.