

Lithium-Ionen/Lithium-Polymer-Ladegerät für 1 bis 4 Zellen

Die Ladeschaltung ist wahlweise für Lithium-Ionen- oder Lithium-Polymer-Akkus konfigurierbar, wobei ein bis vier Zellen mit bis zu 1,5 A geladen werden können.

Allgemeines

Aufgrund der hohen Energiedichte bei geringem Gewicht haben Lithium-Akkus schnell weite Anwendungsfelder erobert. Besonders in vielen Modellbaubereichen kommt es auf kompakte Abmessungen und geringes Gewicht an.

Zum Laden von Lithium-Akkus ist eine spezielle Ladetechnik, die auf den entsprechenden Akku-Typ abgestimmt ist, zwingend erforderlich. Besonders die Ladeschluss-Spannung muss mit hoher Präzision ($\pm 1\%$) eingehalten werden.

Die Zellenspannung beträgt 3,6 V bei Lithium-Ionen-Akkus und 3,7 V bei Lithi-

um-Polymer-Akkus, während die zugehörigen Ladeschluss-Spannungen mit 4,1 V und 4,2 V pro Zelle spezifiziert sind. Die Ladung erfolgt nach der Strom-Spannungskennlinie, d. h. es wird bis zum Erreichen der Ladeschluss-Spannung mit konstantem Strom und danach mit konstanter Spannung geladen.

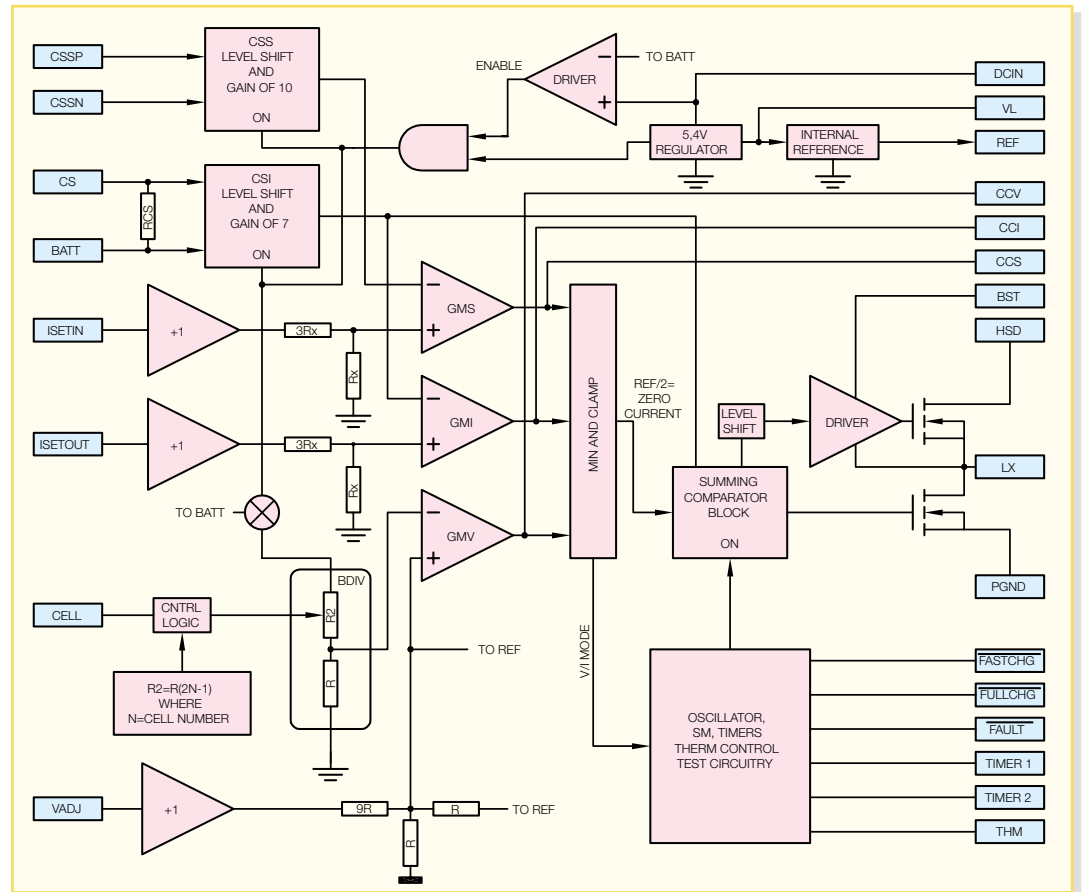
Lithium-Akkus gelten als voll geladen, wenn die Stromaufnahme auf einen Wert sinkt, der 10 % der Nennkapazität entspricht.

Eine Tiefentladung ist bei Lithium-Akkus unbedingt zu vermeiden, und weit entladene Zellen dürfen bis zur Entladeschluss-Spannung von ca. 2,5 V nur mit geringem Strom (I/10) beaufschlagt werden.

Technische Daten: LiPo 4

Akku-Technologien:	Lithium-Polymer, Lithium-Ionen
Zellenzahl:	..... einstellbar von 1 bis 4
Ladeverfahren:	.....
	Strom-/Spannungskurve
Ladestrom:	..... 0,3 A; 0,75 A 1,0 A; 1,5 A
LED-Anzeigen:	..... I-Laden, U-Laden, Fehler
Ladeendstufe:	..... PWM-Step-down-Schaltregler
Vorladen, Nachladen:	..... I = 10 % des ausgewählten Stromes
Eingangsspannung:	..... 8 V bis 28 V _{dc}
Platinenabmessungen:	..... 66 x 49 mm

Bild 1: Interne Funktionsabläufe des MAX 1758



Besondere Anforderungen werden an das Konfigurieren von Lithium-Akku-Packs gestellt. Nur selektierte Zellen mit absolut gleicher Kapazität und gleichem Ladezustand dürfen in Reihe geschaltet werden. Steht die dazu erforderliche Messtechnik nicht zur Verfügung, sollte man ausschließlich auf fertig konfektionierte Akku-Packs zurückgreifen, die werkseitig entsprechend ausgemessen sind.

Die hier vorgestellte Ladeschaltung basiert auf einem hochintegrierten Schaltkreis, der alle Stufen, inklusive Step-down-Schaltregler, zum Aufbau eines universellen Lademoduls für Lithium-Akkus enthält. Da extern nur noch wenige Bauteile erforderlich sind, konnte eine sehr kompakte Schaltung realisiert werden. Die Abmessungen der Leiterplatte betragen nur 66 x 49 mm.

Je nach zu ladendem Akku (Zellenzahl) ist eine Eingangsgleichspannung zwischen 8 V und 28 V erforderlich.

Über Codierstecker wird die Zellenzahl, der Ladestrom (einstellbar von 0,3 A bis 1,5 A in vier Stufen) und die Akku-Technologie (Lithium-Ionen oder Lithium-Polymer) konfiguriert. Ausgangsseitig ist das Modul zum Anschluss des zu ladenden Akkus mit einem BEC-Buchsenkabel ausgestattet, wodurch auch der Verpolungsschutz sichergestellt ist.

Grundsätzlich ist zuerst der Akku bzw. der Akku-Pack an die Ladeschaltung anzuschließen und dann die Betriebsspannung

anzulegen. Je nach Ladezustand des angeschlossenen Akkus leuchtet dann die gelbe Lade-Kontroll-LED für Stromladen oder die grüne LED für Spannungsladen, d. h. wenn bereits die Ladeschluss-Spannung erreicht ist, der Akku aber noch einen Strom aufnimmt, der über 10 % des eingestellten

Stromwertes liegt. Keine LED leuchtet, wenn der Akku voll geladen ist, d. h. die Stromaufnahme unter 10 % des eingestellten Stromwertes gesunken ist.

Eine weitere LED dient zur Fehleranzeige, wobei ein Fehler erkannt wird, wenn sich nicht innerhalb von 7,5 Minuten nach

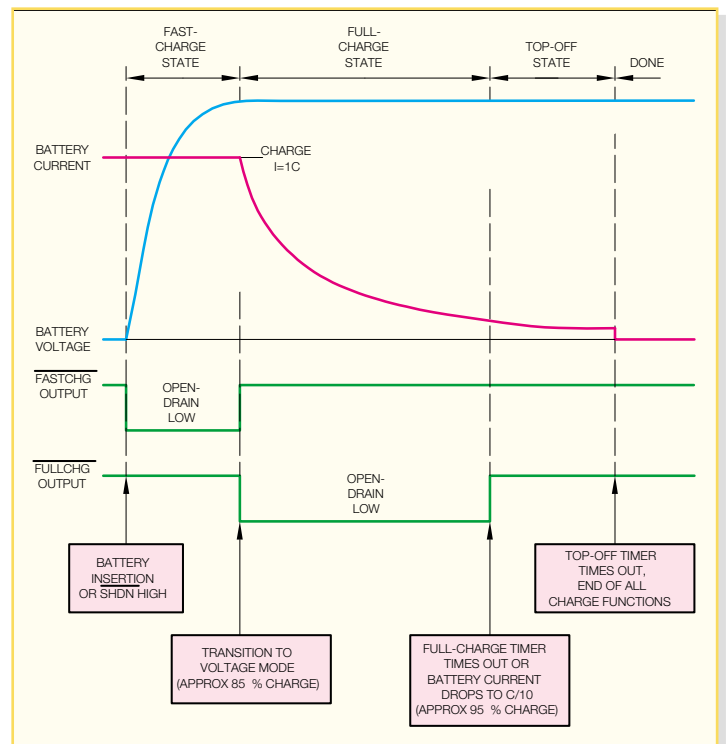


Bild 2: Ansicht einer Ladesequenz des MAX 1758

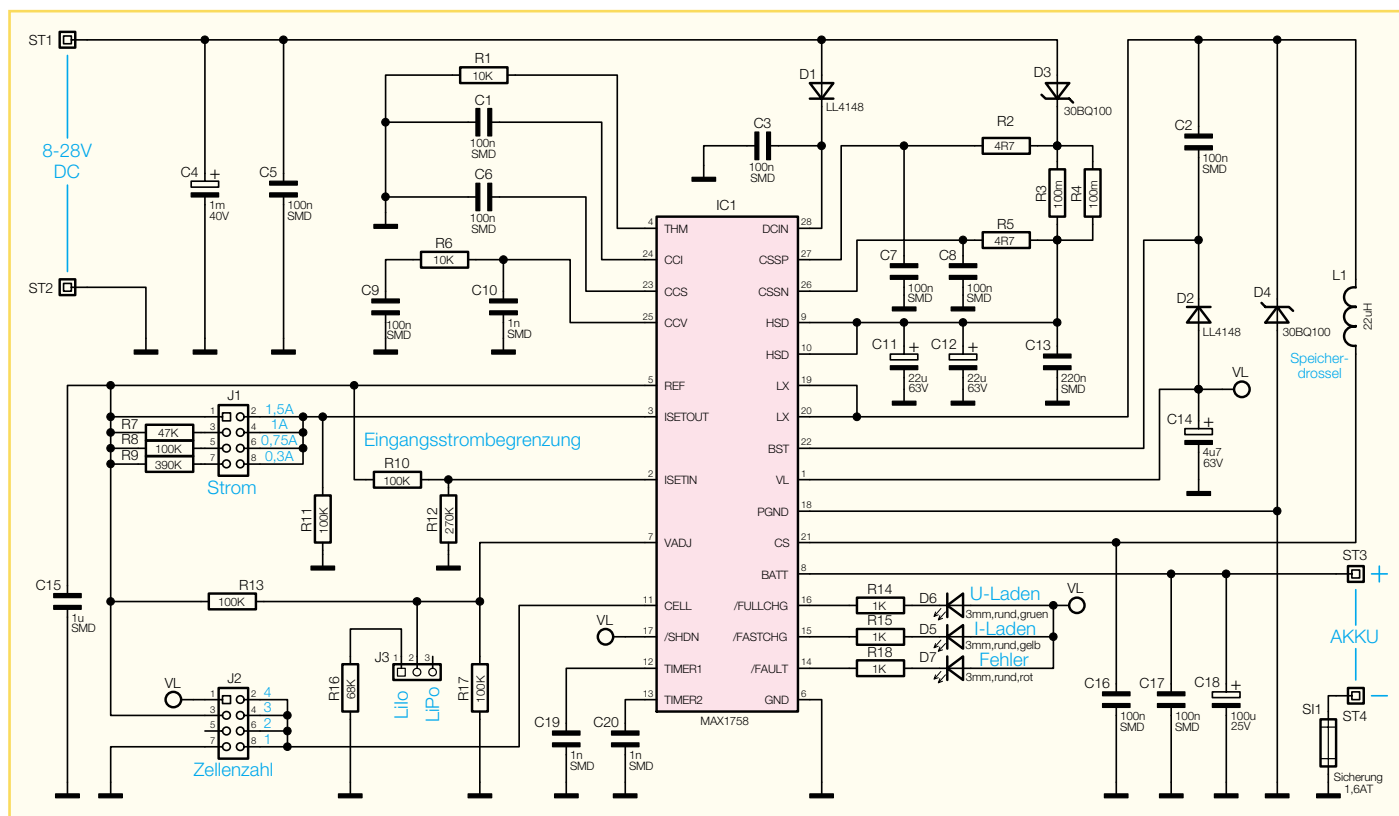


Bild 3: Schaltbild des Lademoduls LiPo 4

Ladebeginn eine Zellenspannung von mehr als 2,5 V aufbaut oder der Übergang von Stromladung auf Spannungsladung nicht innerhalb von 90 Minuten erfolgt.

Schaltung

Die Schaltung unseres Lithium-Lademoduls basiert auf einem hochintegrierten Ladechip von Maxim, der alle aktiven Baugruppen inklusive PWM-Step-down-Wandler enthält. Die erforderliche externe Beschaltung beschränkt sich auf ein Minimum, da selbst die Leistungsendstufe des Schaltreglers im Baustein integriert ist. Abbildung 1 zeigt das interne Funktionsdiagramm des MAX 1758. Eine typische, automatisch ablaufende Ladesequenz des MAX 1758 ist in Abbildung 2 zu sehen.

Der integrierte PWM-Schaltregler arbeitet mit 300 kHz Schaltfrequenz, so dass auch eine recht kleine SMD-Speicherdrossel ausreicht. Das gesamte Schaltbild des Lademoduls ist in Abbildung 3 dargestellt. Je nach Zellenzahl des zu ladenden Akkus ist an ST 1 und ST 2 eine Eingangs-Gleichspannung zwischen 8 V und 28 V anzulegen. Diese Spannung gelangt über D 1 auf Pin 28 des MAX 1758 (IC 1) zur Versorgung der internen Steuerelektronik und über D 3 auf den in IC 1 integrierten Leistungs-Schaltregler. C 4 nimmt eine Pufferung der Eingangsspannung vor, und die SMD-Keramik-Kondensatoren C 3, C 5 dienen zur hochfrequenten Störabblockung.

Der Eingangsstrom des Schaltreglers

erzeugt an den beiden parallel geschalteten Widerständen R 3 und R 4 einen Spannungsabfall, der über R 2, R 5 zur Eingangs-Stromregelung auf Pin 26 und Pin 27 des Bausteins gegeben wird. Mit Hilfe des Spannungsteilers R 10 und R 12 erfolgt die Vorgabe der Eingangsstrombegrenzung. Bei Erreichen des maximalen Eingangsstromes wird der Ladestrom entsprechend heruntergefahren.

Der integrierte PWM-Controller steuert den „High-side MOS-FET“, dessen Drain-Anschluss an Pin 9, Pin 10 und dessen Source-Anschluss an Pin 19 und Pin 20 extern zugänglich ist. Je nach Anforderung erfolgt durch Steuerung des Puls-Pausen-Verhältnisses eine Begrenzung des Ladestromes oder der Ladesspannung auf den vorgegebenen Wert.

Bei durchgeschaltetem FET fließt der Strom über die Speicherdrossel L 1 und den zwischen Pin 21 und Pin 8 im Chip integrierten Shunt-Widerstand zum Ausgang (ST 3) sowie in den Pufferelko C 18. Aufgrund der in L 1 gespeicherten Energie bleibt der Stromfluss bei gesperrtem FET über die Schottky-Diode D 4 aufrechterhalten. Das Puls-Pausen-Verhältnis bestimmt letztendlich die Ausgangsspannung bzw. den Ausgangsstrom der Endstufe.

Die Messung des Ladestromes erfolgt mit Hilfe des zwischen Pin 21 und Pin 8 integrierten Shunt-Widerstandes, und die Erfassung der Ausgangsspannung erfolgt ebenfalls direkt am Ausgang des Reglerbausteins (Pin 8).

Die weiteren Kondensatoren und Elkos im Bereich des Schaltreglers dienen zur Pufferung und zur Störunterdrückung.

Aus der Versorgungsspannung wird intern eine stabilisierte Spannung von 5,4 V gewonnen, die an Pin 1 zur Verfügung steht und mit C 14 gepuffert wird.

Eine genaue Referenzspannung von 4,2 V steht an Pin 5 des Bausteins zur Verfügung und wird mit C 15 gepuffert.

Wie bereits erwähnt, ist der Ladecontroller MAX 1758 zur Ladung von 1 bis 4 in Reihe geschalteten Zellen konzipiert. Die Auswahl erfolgt mit Hilfe des Codiersteckers J 2.

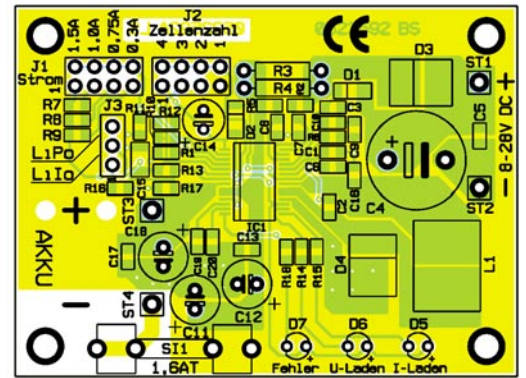
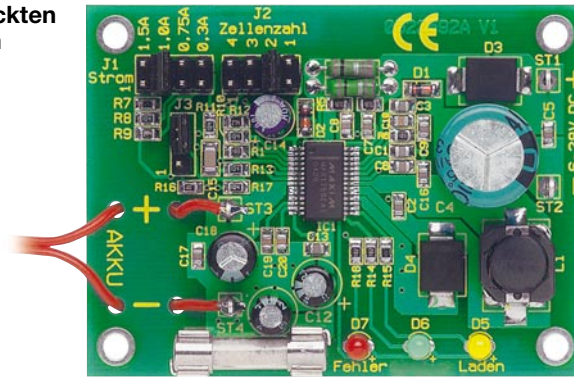
Zur genauen Spannungsvorgabe ist die Zellenspannung an Pin 7 im Bereich von 4 V bis 4,4 V veränderbar. Dadurch besteht die Möglichkeit, mit Hilfe von J 3 die Schaltung wahlweise zur Ladung von Lithium-Ionen- oder Lithium-Polymer-Akkus zu konfigurieren.

Der maximale Ladestrom des Moduls wird durch eine Spannung an Pin 3 des Chips vorgegeben. In unserer Schaltung sind mit Hilfe von J 1 vier unterschiedliche Ladeströme selektierbar, wobei einfach der Widerstandsteiler zwischen der Referenzspannung und der Schaltungsmasse verändert wird. Nach folgender einfacher Formel ist der Ladestrom zu berechnen:

$$I_L = 1,5 \text{ A} \left(\frac{U_{\text{ISETout}}}{U_{\text{Ref}}} \right)$$

Insgesamt verfügt der MAX 1758 über

Ansicht der fertig bestückten Platine mit zugehörigem Bestückungsplan



vier integrierte Sicherheitstimer, deren Zeiten mit Hilfe der Kondensatoren C 19, C 20 an Pin 12 und Pin 13 veränderbar sind. Timer 1 an Pin 12 bestimmt dabei die maximale Vorladezeit, die maximale Zeit für die Spannungsladung und die Nachladezeit, während Timer 2 die Stromladezeit begrenzt.

Die Zeiten verändern sich proportional mit den Kapazitäten an Pin 12 und Pin 13, wobei 1 nF als Standardwert gilt. Bei Standardkapazitätswerten an den Timereingängen beträgt die Vorladezeit 7,5 Min., die Stromladezeit max. 90 Min., die Spannungsladung ebenfalls 90 Min., und die Nachladezeit ist auf 45 Min. begrenzt.

Nachbau

Der praktische Aufbau ist recht einfach, da die Leiterplatte bereits mit vorbestückten SMD-Komponenten geliefert wird. Der Ladebaustein ist aufgrund des geringen Pin-Abstandes auch kaum von Hand zu

verarbeiten. Die einzigen von Hand aufzulötenen SMD-Teile sind die Speicherdrossel L 1 und die Schottky-Dioden D 3 und D 4. Diese Bauteile sind exakt auf die entsprechenden Löt pads zu positionieren und dann sorgfältig mit ausreichend Löt-zinn festzusetzen.

Vier Lötstifte mit Öse sind dann die ersten zu bestückenden konventionellen Bauteile. Diese werden stramm in die zugehörigen Platinenbohrungen gepresst und ebenfalls mit ausreichend Löt-zinn verlötet.

Danach werden die Elektrolyt-Kondensatoren polaritätsrichtig eingesetzt und verlötet. Vorsicht! Falsch gepolte Elkos können explodieren. Elkos sind üblicherweise am Minuspol gekennzeichnet.

Nach Abschneiden der überstehenden Drahtenden an der Platinenunterseite werden die Anschlüsse der Widerstände R 3 und R 4 abgewinkelt, durch die zugehörigen Platinenbohrungen gesteckt und sorgfältig verlötet. Auch hier sind die überste-

henden Drahtenden oberhalb der Lötstellen abzuschneiden.

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

Nun sind die Stiftleisten zur Aufnahme der Codierstecker J 1 bis J 3 einzulöten. Dabei ist darauf zu achten, dass die Stiftleisten jeweils mit dem Kunststoffsteg plan auf der Platinenoberfläche aufliegen. Als dann sind die drei Codierstecker entsprechend der gewünschten Konfiguration zu setzen.

Zum Anschluss der Akkus dient ein BEC-Buchsenkabel, dessen Anschlussleitungen zuerst zur Zulentlastung von oben durch die zugehörigen Platinenbohrungen zu fädeln sind (siehe Platinenfoto). Die rote Leitung wird danach an ST 3 und die schwarze Leitung an ST 4 angelötet.

Die Einbauhöhe und Position der Leuchtdioden richtet sich nach den individuellen Wünschen und dem eventuellen Einbau in ein Gehäuse. Bei den LEDs ist die Polarität am Bauteil durch einen längeren Anodenanschluss (+) gekennzeichnet.

Die eingangsseitige unstabilisierte Versorgungsspannung ist mit dem Pluspol an ST 1 und mit dem Minuspol an ST 2 anzuschließen.

Nachdem die Bestückungsarbeiten so weit beendet sind, sollte eine gründliche Überprüfung hinsichtlich Löt- und Bestückungsfehlern erfolgen.

Da Lithium-Akkus sehr empfindlich sind, wird zur ersten Inbetriebnahme die Eingangsspannung angelegt, jedoch noch kein Akku am Ladeausgang angeschlossen. Am Ladeausgang ist die Ladespannung entsprechend der jeweiligen Zellenzahl zu überprüfen. Erst wenn diese Prüfung zur Zufriedenheit ausgefallen ist, darf der entsprechende Akku mit in Reihe geschaltetem Amperemeter zur Überprüfung des Ladestromes angeschlossen werden. Wenn auch dieser Test positiv verlaufen ist, steht dem Einsatz dieses interessanten Lademoduls nichts mehr entgegen. Die vom entsprechenden Akku-Hersteller empfohlenen Sicherheitshinweise sind grundsätzlich zu beachten.



Stückliste: Lithium-Ionen-Lademodul (4 Zellen) LiPo 4

Widerstände:

0,1 Ω	.....	R3, R4
4,7 Ω/SMD/0805	.....	R2, R5
1 kΩ/SMD/0805	.....	R14, R15, R18
10 kΩ/SMD/0805	.....	R1, R6
47 kΩ/SMD/0805	.....	R7
68 kΩ/SMD/0805	.....	R16
100 kΩ/SMD/0805	.....	R8, R10, R11, R13, R17
270 kΩ/SMD/0805	.....	R12
390 kΩ/SMD/0805	.....	R9

Kondensatoren:

1 nF/SMD/0805	.....	C10, C19, C20
100 nF/SMD/0805	....	C1–C3, C5–C9, C16, C17
220 nF/SMD/0805	.....	C13
1 µF/SMD/1206	.....	C15
4,7 µF/63 V	.....	C14
22 µF/63 V/105 °C	.....	C11, C12
100 µF/25 V/105 °C	.....	C18
1000 µF/40 V	.....	C4

Halbleiter:

MAX1758/SMD	.....	IC1
LL4148	.....	D1, D2
30BQ100/SMD	.....	D3, D4
LED, 3 mm, Gelb	.....	D5
LED, 3 mm, Grün	.....	D6
LED, 3 mm, Rot	.....	D7

Sonstiges:

Drosselspule 22 µH/2,5 A/SMD	....	L1
Lötstift mit Lötöse	.....	ST1–ST4
Stiftleiste, 2 x 4-polig, gerade, print	.....	J1, J2
Stiftleiste, 1 x 3-polig, gerade, print	.....	J3
Jumper	.....	J1–J3
Sicherung, 1,6 A, träge	.....	SI1
Platinensicherungshalter (2 Hälften), print	.....	SI1
1 BEC-Buchsenkabel		