

3  
**Li**  
 lithium  
 6.941

# Mobiles Kraftpaket

## Lithium-Powermanagement-Modul

Um eigene Schaltungen mit einem aufladbaren Lithium-Akku-System auszustatten, ist ein entsprechendes Powermanagement erforderlich. Neben der Ladung und Entladung innerhalb der zulässigen Grenzen sind beim Einsatz von Lithium-Akkus zwingend umfangreiche Sicherheitsanforderungen zu erfüllen. Diese Aufgabe übernimmt das Lithium-Powermanagement-Modul LPM1.

Bausatz-  
beschreibung  
und  
Montagevideo



#10263

QR-Code scannen oder  
Webcode im ELV Shop  
eingeben



### Infos zum Bausatz LPM1



**Schwierigkeitsgrad:**  
leicht



**Ungefähre Bauzeit:**  
0,5 h



**Verwendung SMD-Bauteile:**  
SMD-Teile sind bereits  
komplett bestückt



**Besondere Werkzeuge:**  
LötKolben



**Lötferahrung:**  
ja



**Programmierkenntnisse:**  
nein



**Elektrische Fachkraft:**  
nein

### Allgemeines

Von der grundsätzlichen Funktion ist das Powermanagement-Modul mit einer Powerbank zu vergleichen, wobei Standard-Powerbanks für dauerhafte Stromversorgungen aufgrund des Stromverbrauchs im Betriebszustand nicht infrage kommen. Sobald integrierte Spannungswandler in Powerbanks arbeiten, kommt es zur nennenswerten Eigen-Stromaufnahme, und oft schalten diese Geräte bei Unterschreiten einer Mindeststromaufnahme der angeschlossenen Last (zu versorgende Schaltung) automatisch wieder ab. Darüber hinaus können Powerbanks ausgangseitig ausschließlich 5 V zur Verfügung stellen. Um z. B. eine 3,3-V-Schaltung zu versorgen, müsste dann eine weitere externe Spannungswandlung erfolgen. Da lineare Spannungsregler zu viel Verlustleistung hätten, wäre ein weiterer Schaltregler erforderlich.

Auch wenn der Einsatz von Lithium-Akkus heute Stand der Technik ist, sind natürlich alle Sicherheitsaspekte wie eine sichere Ladeerkennung mit 50 mV Genauigkeit, ein Überladeschutz, ein Tiefentladeschutz und eine Temperaturüberwachung unbedingt zu beachten.

Die Schaltung des Lithium-Powermanagement-Moduls arbeitet mit einem Ladecontroller von Skyworks für Lithium-Polymer-Akkus von 4,2 V mit integrierter Schutzelektronik (Tiefentladeschutz). Aus Sicherheitsgründen empfehlen wir grundsätzlich, im Hobbybereich ausschließlich Akkus mit integrierter Schutzelektronik zu verwenden. Zum Laden kön-

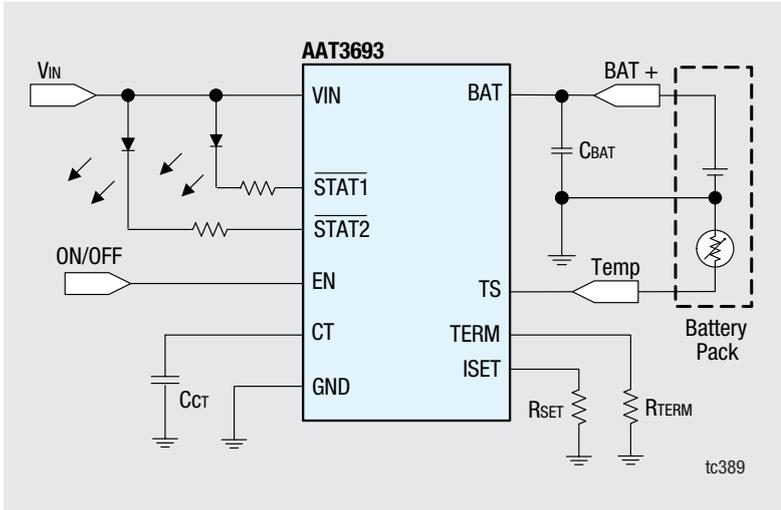


Bild 1: Typische Beschaltung des Ladecontrollers AAT3693

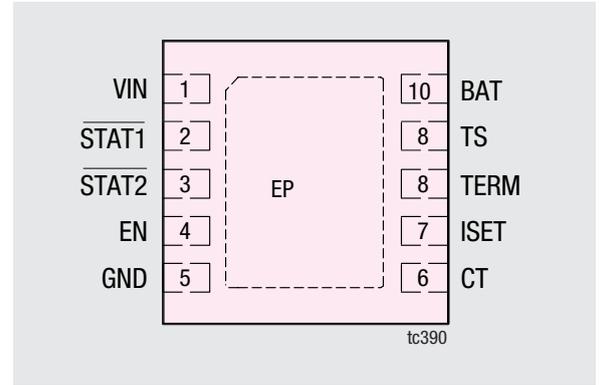


Bild 2: Anschlussbelegung des AAT3693

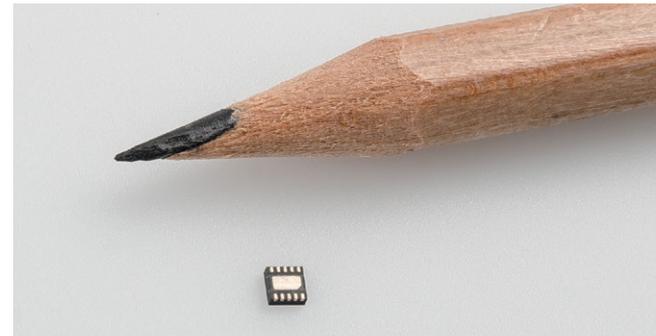


Bild 3: Blick auf die Unterseite des Ladechips AAT3693 im Größenvergleich zu einer Bleistiftspitze

nen Standard-5-V-USB-Netzteile genutzt werden. Über Löt-Kodierbrücken ist der Ladestrom in 3 Stufen konfigurierbar (100 mA, 500 mA, 1 A).

Ausgangsseitig stellt das LPM1 wahlweise 3,0 V, 3,3 V, 3,6 V oder 5 V mit bis zu 800 mA Strombelastbarkeit zur Verfügung (ebenfalls über Löt-Kodierbrücken konfigurierbar).

Die Ladeerkennung ist bei 5 %, 10 % oder 20 % des ausgewählten Ladestromes konfigurierbar.

**Pinbelegung des AAT3693**

Pin	Signal-Name	Typ	Beschreibung
1	VIN	Eingang	Ladespannungseingang
2	STAT1	Ausgang	Statussignal Laden und Fehler zusammen mit STAT2
3	STAT2	Ausgang	Statussignal Fertig und Fehler zusammen mit STAT1
4	EN	Eingang	Freigabe-Pin (Enable)
5	GND	Ein-/Ausgang	Masse-Anschluss
6	CT	Eingang	Kondensator-Anschluss für Ladetimer
7	ISET	Eingang	Programmier-Pin für Ladestrom
8	TERM	Eingang	Programmier-Pin für Ladeerkennung
9	TS	Ein-/Ausgang	Temperatursensor-Anschluss
10	BAT	Ausgang	Ladeausgang
EP	EP		Kühl-Lötfläche

Tabelle 1

Im Ladecontroller des Typs AAT3693 sind alle Stufen zur sicheren Ladung von Lithium-Polymer-Akkus integriert, und die erforderliche externe Beschaltung besteht nur aus wenigen passiven Bauteilen (Bild 1). Die Anschlussbelegung des Bausteins ist in Bild 2 zu sehen, und Tabelle 1 zeigt die Bedeutung der Anschlüsse.

Trotz der umfangreichen Funktionen und der integrierten Ladeendstufe betragen die Abmessungen des Bausteins nur 2,2 x 2,2 mm, und der Größenvergleich zu einer Bleistiftspitze in Bild 3 zeigt dies eindrucksvoll. Natürlich kann so ein Baustein kaum noch von Hand verarbeitet werden.

Mit einem einzigen externen Widerstand (ISET) wird der Ladestrom des AAT3693 vorgegeben, wobei Bild 4 und Bild 5 den Zusammenhang des Widerstandswerts zum Ladestrom zeigen.

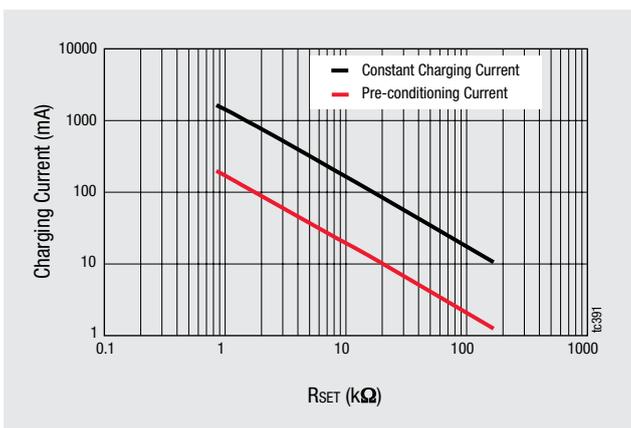


Bild 4: Abhängigkeit des Ladestroms und der Vorladung von der Widerstandsbeschaltung RSET

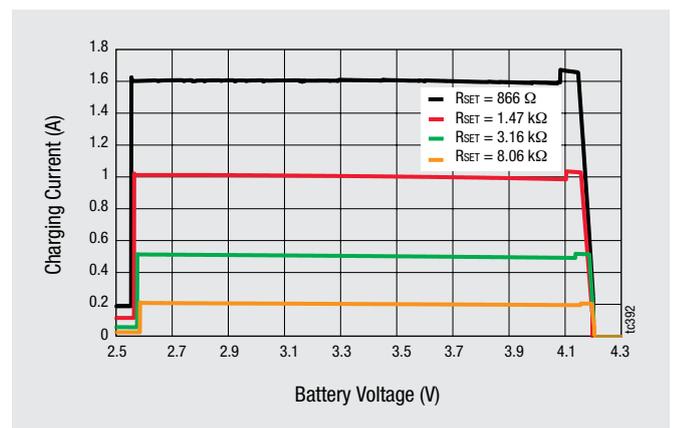


Bild 5: Ladeströme in Abhängigkeit von der Zellenspannung

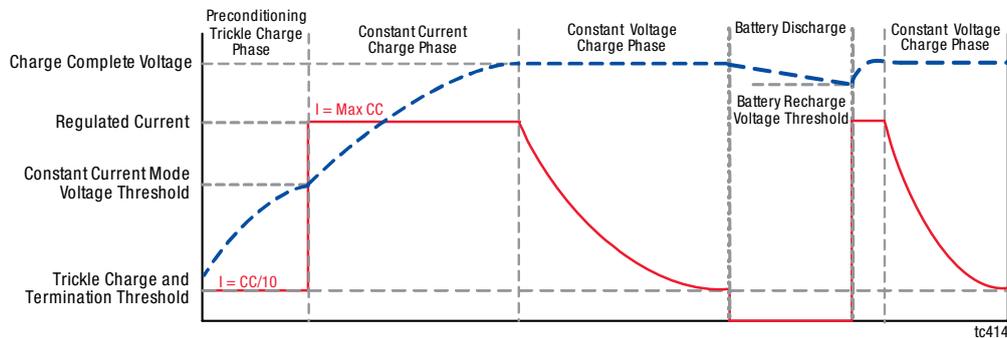
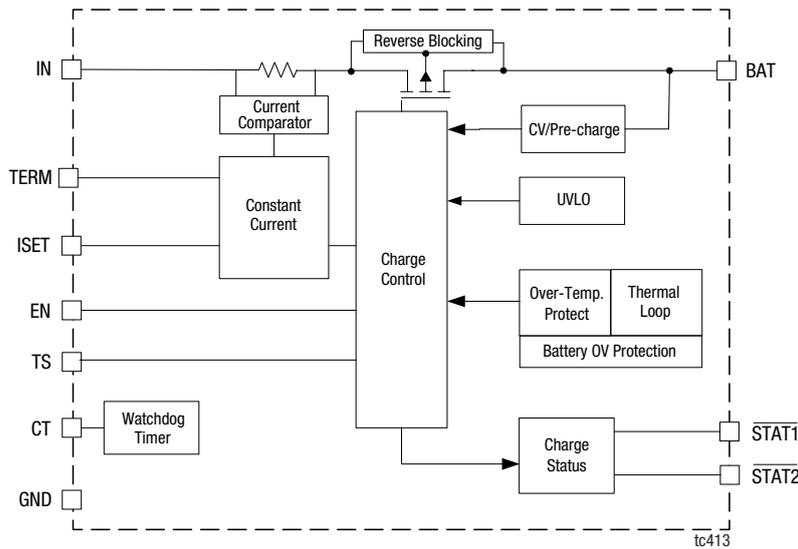


Da unsere Schaltung sowohl eine Ausgangsspannung unterhalb der Akkuspannung als auch eine Ausgangsspannung oberhalb der Akkuspannung erzeugen kann, ist ausgangsseitig ein „Buck-/Boost-Converter“ erforderlich. Bezüglich Eigenverbrauch werden an diesen Converter hohe Anforderungen gestellt, da das Lithium-Powermanagement-Modul auch über längere Zeiträume angeschlossene Schaltungen versorgen soll. Hier kommt der aus anderen ELV

Tabelle 2

### Ausgangsstrom in Abhängigkeit von der Ausgangsspannung

Ausgangsspannung	Ausgangsstrom (max.)
3,0 V	800 mA
3,3 V	800 mA
3,6 V	700 mA
5,0 V	550 mA



### Lithium-Polymer-Ladecontroller

Das Funktions-Blockdiagramm (oberes Bild) zeigt die interne Struktur des Lade-ICs AAT3693, in dem alle Stufen zur sicheren Ladung einer einzelnen Lithium-Polymer-Zelle integriert sind. Grundsätzlich arbeitet der Baustein nach dem Konstantstrom-/Konstantspannungsverfahren (CC/CV), wobei zusätzlich umfangreiche Schutz- und Sicherheitsmechanismen integriert sind.

Der Ladestrom wird über einen einzigen externen Widerstand vorgegeben (ISET), und die komplette Regelung erfolgt intern. Die maximale Ladespannung von 4,2 V ist mit  $\pm 42$  mV Toleranz spezifiziert – sobald die Ladeendspannung erreicht ist, wird der Ladestrom automatisch reduziert. Ein „Reverse Blocking“ im Ladezweig verhindert einen

Stromrückfluss bei zu geringer Eingangsspannung, wobei ein Undervoltage Lockout (UVLO) für das komplette Abschalten des Bausteins bei Unterschreiten von  $3,5 \text{ V} \pm 0,5 \text{ V}$  sorgt. Ebenfalls führt eine Überspannung am Akku zur sofortigen Abschaltung.

Des Weiteren ist ein Übertemperaturschutz integriert, wobei die Temperaturüberwachung des Akkus mithilfe eines externen NTC-Widerstands (üblicherweise im Akku integriert) erfolgt.

Die Grafik (unteres Bild) zeigt die Strom- und Spannungsverläufe in den unterschiedlichen Ladephasen des AAT3693.

Ein integrierter Charge-Timer (CT) sorgt bei Beschaltung mit einem 100-nF-Kondensator für eine automatische Beendigung des Ladevorgangs nach 3 Stunden.



Schaltungen bereits bewährte TPS63020 von Texas Instruments zum Einsatz. Der maximale zur Verfügung stehende Ausgangsstrom ist entsprechend [Tabelle 2](#) abhängig von der Ausgangsspannung.

Eine Duo-LED zeigt den Betriebszustand der Ladeschaltung an (Rot = Laden, Grün = Fertig, beide LEDs aus = Fehler).

Die Temperaturabfrage des Akkus erfolgt über einen im Akku integrierten NTC, der direkt mit dem Ladecontroller verbunden wird.

Die mechanischen Abmessungen des LPM1 betragen nur 45,5 x 22 mm, und das Modul kann sehr flexibel eingesetzt werden. Sowohl die Kontaktierung über Leitungen, angeschlossen an Lötösen, als auch die Kontaktierung über Lötstifte ist möglich. Darüber hinaus ist das Rastermaß des Moduls für eine mögliche Steckbrettmontage ausgelegt.

## Schaltung

Das Gesamtschaltbild des LPM1 ist in [Bild 6](#) zu sehen, wo über die Micro-USB-Buchse BU1 die Ladespannung zugeführt werden kann. Alternativ besteht die Möglichkeit, die Ladespannung an ST1 gegenüber Schaltungsmasse (ST2) oder an Pin 1 und 2 der Stiftleiste BU2 anzuschließen. Über das PTC-Schutzelement (R1) gelangt die Spannung auf Pin 1 des Ladecontrollers IC2.

Wie bereits erwähnt wird über einen Widerstand, angeschlossen an ISET, der Ladestrom vorgegeben. In unserer Schaltung können über die Löt-Kodierbrücken J8 bis J10 verschiedene Widerstandskombinationen ausgewählt werden, wodurch die Ladeströme 100 mA, 500 mA und 1 A zur Verfügung stehen. In gleicher Weise erfolgt über die Löt-Kodierbrücken J11 bis J13 die Auswahl der Ladeenderkennung (5 %, 10 % oder 20 % des ausgewählten Ladestroms).

Die Ladeanzeige, realisiert mit der Duo-LED D1, ist an die Open-Drain-Status-Ausgänge (Pin 2 und 3) angeschlossen, wobei die Widerstände R6 und R9 zur Strombegrenzung dienen.

Normalerweise befindet sich der Ladecontroller über R4 im aktivierten Zustand, sobald die Ladespannung am Eingang anliegt. Über Pin 5 und Pin 6 der Stiftleiste kann im Bedarfsfall auch eine Deaktivierung bei angeschlossener Ladespannung erfolgen. Über das PTC-Schutzelement R10 (Polyswitch) ist der Akku direkt am Ladeausgang (Pin 10) angeschlossen. Der im Akku integrierte 10-k-NTC-Temperatursensor (angeschlossen an ST3) ist direkt mit Pin 9 des AAT3693 verbunden. Bei aktueller Dimensionierung ist der Ladevorgang zwischen ca. 15 °C und 45 °C freigegeben.

Aus Sicherheitsgründen wird der Buck-/Boost-Converter (IC1) gesperrt, solange der Akku geladen wird. Wenn kein Ladevorgang

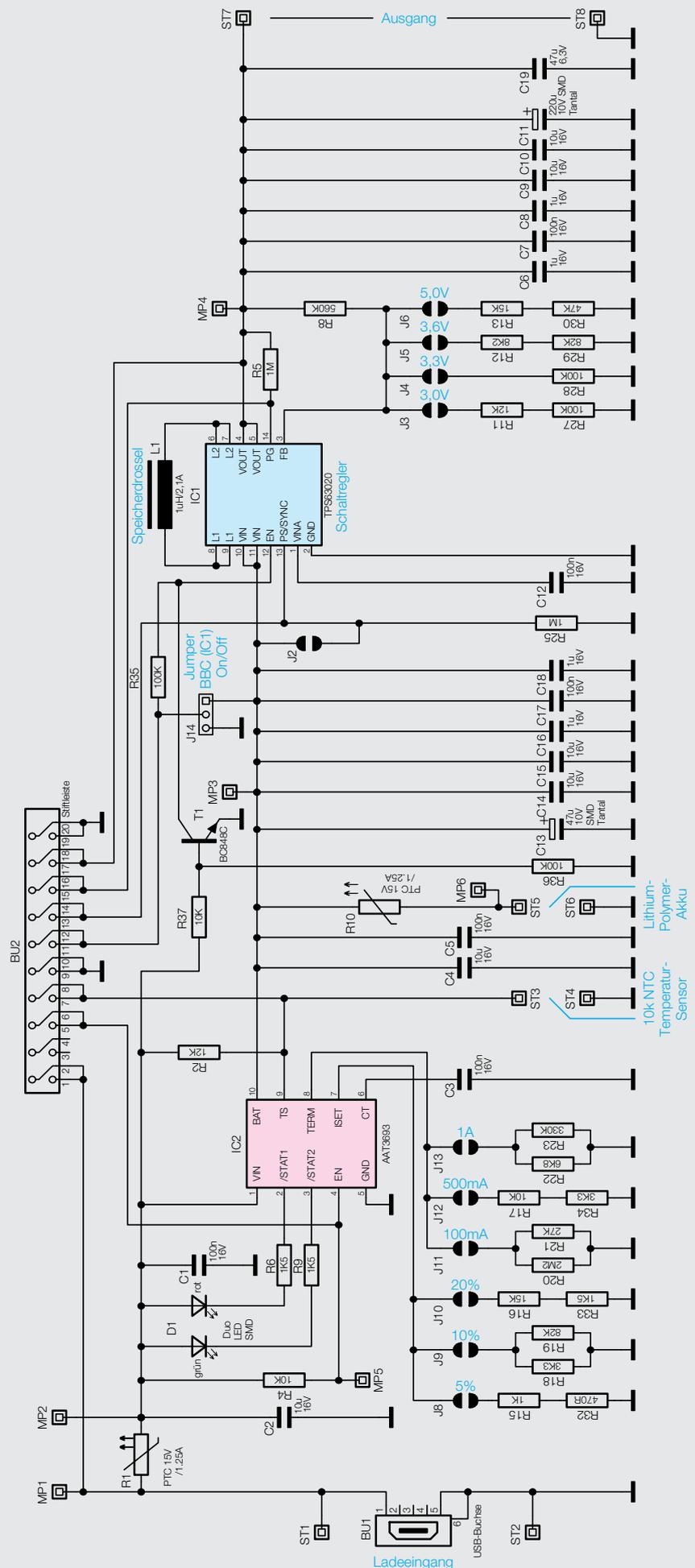
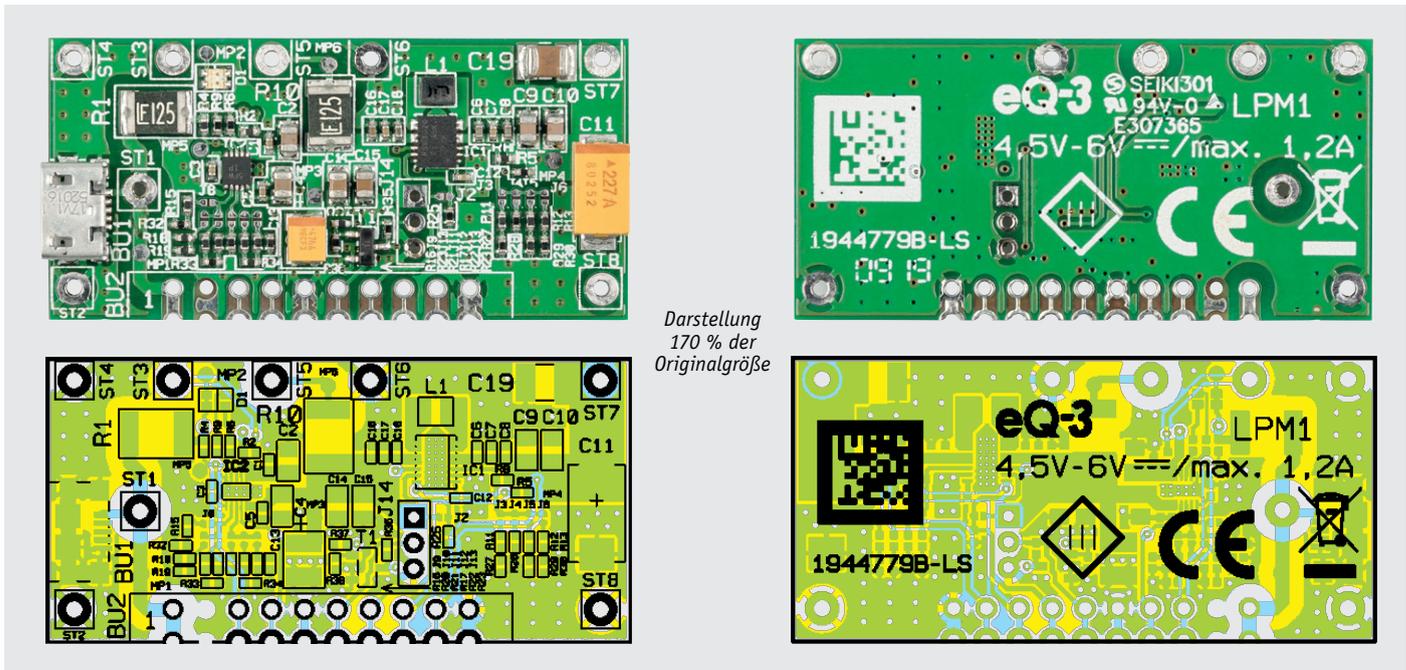


Bild 6: Schaltbild des LPM1



Darstellung  
170 % der  
Originalgröße

Bild 7: Leiterplatte des LPM1 im Auslieferungszustand mit Bestückungsplan (links die Platineoberseite, rechts die Platineunterseite)

läuft, kann der Buck-/Boost-Converter mithilfe des Jumpers J14 aktiviert werden. Alternativ zum Jumper J14 kann die Freigabe des Buck-/Boost-Converters auch über die Stiftleiste BU2 (Pin 11, Pin 12) gesteuert werden.

Die Akkuspannung gelangt über den PTC (R10) direkt auf den Eingang des Wandlers (Pin 10, 11), und

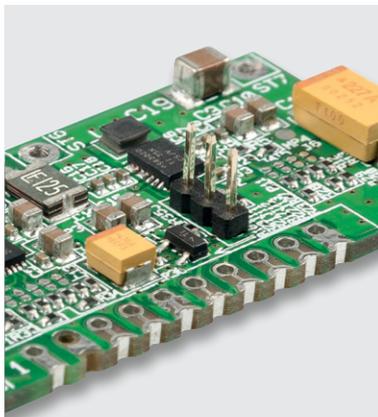


Bild 8: Bestückung des J14 zum Ein- und Ausschalten des Buck-/Boost-Converters

die Kondensatoren C13 bis C18 dienen zur Pufferung und Störunterdrückung am Eingang des Spannungswandlers. Aufgrund der hohen Schaltfrequenz von 2,4 MHz würden ohne diese Staffelblockung erhebliche Störungen entstehen.

Die Speicherdrossel L1 ist der benötigte Energiespeicher, der für den Betrieb von Schaltreglern unverzichtbar ist.

Der Widerstand R25 dient als Pull-down für den Eingang PS/SYNC. Solange die Löt-Kodierbrücke J2 offen bleibt, befindet sich der Baustein im Power-Safe-Mode, d. h., es wird die max. Effizienz bei geringer Last erreicht. Zugunsten optimierter Regeleigenschaften kann der Power-Safe-Mode über die Löt-Kodierbrücke J2 deaktiviert werden. Des Weiteren kann eine Deaktivierung über Pin 13, 14 der Stiftleiste BU2 erfolgen.

Die Ausgangsspannung des LPM1 wird durch einen über die Löt-Kodierbrücken J3 bis J6 veränderbaren Spannungsteiler im Rückkopplungszweig (R8, R11–R13, R27–R30) eingestellt. Der Schaltregler ist ausgeregelt, wenn sich am Feedback-Eingang (Pin 3) eine Spannung von 500 mV einstellt.

Der Widerstand R5 dient als Pull-up für den optional nutzbaren Open-Drain-Ausgang „Power Good“ (Pin 14). Hier liegt ein „High-Pegel“ an, solange sich der Schaltregler im ausgeregelten Zustand befindet.

Eine ausgangsseitige Staffelblockung mit C6 bis C11 und C19 sorgt für die bestmögliche Pufferung und Störunterdrückung am Ausgang.

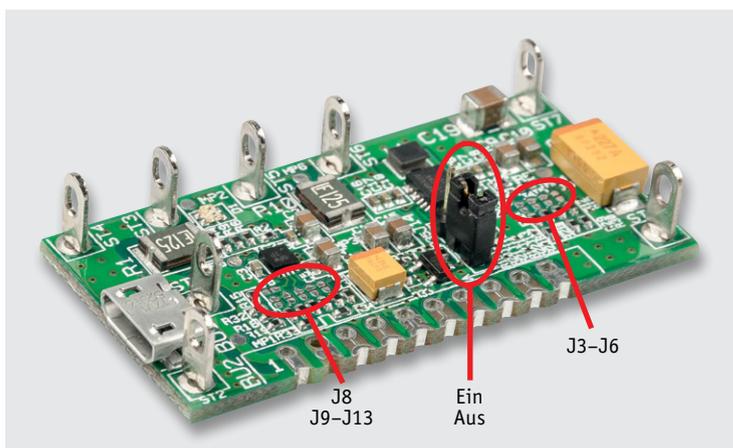


Bild 9: Bestückung mit Lötösen für die Verdrahtung des LPM1

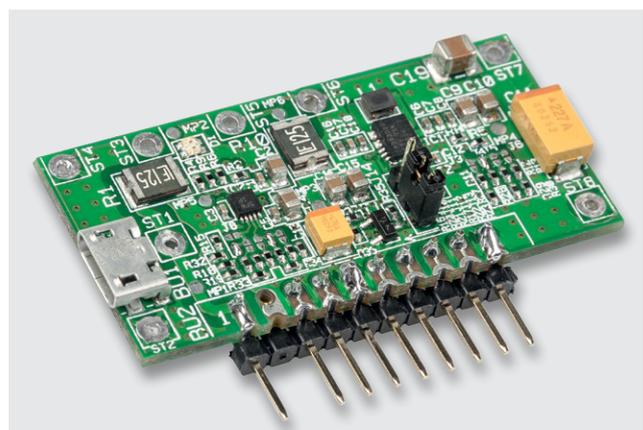


Bild 10: Alternative Bestückung mit einer abgewinkelten Stiftleiste für die komplette Kontaktierung

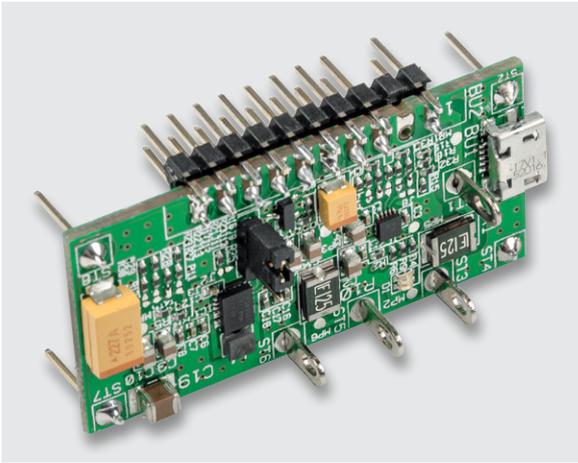


Bild 11: Alternative Bestückung mit einer geraden zweireihigen Stiftleiste

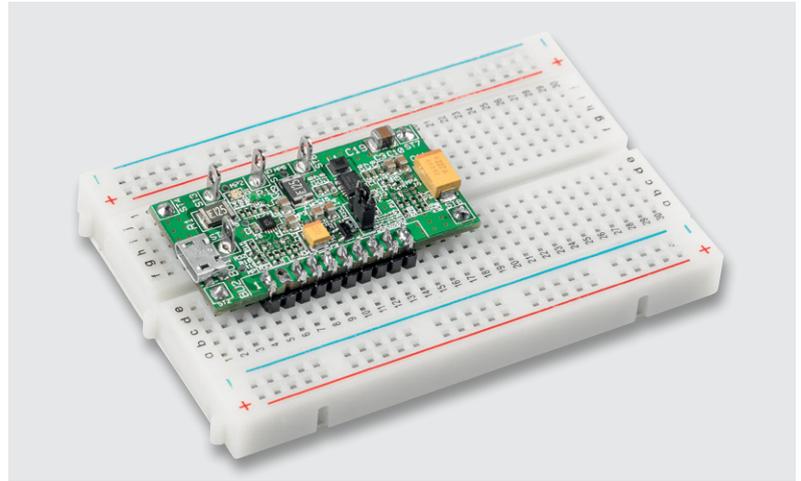


Bild 12: Der Rastermaß des LPM1 ist Steckbrett-kompatibel.

## Nachbau

Der Nachbau der eigentlichen Platine entfällt, da alle Bauteile in SMD-Bauweise ausgeführt sind und bereits werkseitig bestückt werden. Je nach Anwendungsfall werden Lötstifte mit Öse für eine Verdrahtung bestückt oder für eine Leiterplattenmontage Stift- bzw. Buchsenleisten eingesetzt. In Bild 7 ist die Leiterplatte des LPM1 mit zugehörigem Bestückungsplan zu sehen, links von der Oberseite und rechts von der Unterseite. Wenn das Ein- und Ausschalten des LPM1 über den Jumper J14 erfolgen soll, ist im ersten Arbeitsschritt diese 3-polige Stiftleiste entsprechend Bild 8 einzulöten und mit dem zugehörigen Jumper zu bestücken. Bei einer gewünschten Verdrahtung des Moduls sind dann noch die Lötstifte mit Öse entsprechend Bild 9 zu bestücken.

Alle Kontakte des LPM1-Moduls sind im 2,54-mm-Raster angeordnet, und die Bohrungen nehmen ein- oder zweireihige Stift- oder Buchsenleisten auf. Bild 10 zeigt eine alternative Bestückung mit einer

einreihigen, abgewinkelten Stiftleiste, und in Bild 11 ist die Alternative mit einer zweireihigen geraden Stiftleiste zu sehen. Um Sicherheitsabstände einzuhalten, müssen die Kontaktstifte 2 und 3 der Stiftleisten entfernt werden. Durch diese Variationsmöglichkeiten kann das LPM1 sehr flexibel eingesetzt werden, indem es je nach Bedarf in die eigenen Schaltungen gesteckt wird. In der Entwicklungsphase ist diese Art der Anbindung vorteilhaft, da das Modul bei einem Defekt der Applikationsleiterplatte problemlos wieder entfernt werden kann. Natürlich ist durch die konsequente Einhaltung des 2,54-mm-Rasters das Modul auch auf Steckbrettern (Bild 12) einsetzbar.

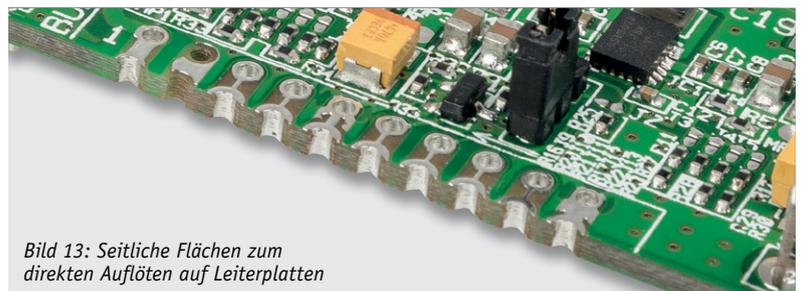


Bild 13: Seitliche Flächen zum direkten Auflöten auf Leiterplatten

### Widerstände:

470 Ω/SMD/0402	R32
1 kΩ/SMD/0402	R15
1,5 kΩ/SMD/0402	R6, R9, R33
3,3 kΩ/SMD/0402	R18, R34
6,8 kΩ/SMD/0402	R22
8,2 kΩ/SMD/0402	R12
10 kΩ/SMD/0402	R4, R17, R24
12 kΩ/SMD/0402	R2, R11
15 kΩ/SMD/0402	R13, R16
27 kΩ/SMD/0402	R21
82 kΩ/SMD/0402	R19, R29
100 kΩ/SMD/0402	R26, R27, R28
47 kΩ/SMD/0402	R30
330 kΩ/SMD/0402	R23
560 kΩ/SMD/0402	R8
1 MΩ/SMD/0402	R5, R25
2,2 MΩ/SMD/0402	R20
PTC/1.25 A/16 V/SMD/1812	R1, R10

### Kondensatoren:

100 nF/16 V/SMD/0402	C1, C3, C5, C7, C12, C17
1 µF/16 V/SMD/0402	C6, C8, C16, C18
10 µF/16 V/SMD/0805	C2, C4, C9, C10, C14, C15
47 µF/10 V	C13
47 µF/SMD/1210	C19
220 µF/10 V	C11

### Halbleiter:

TPS63020DSJ/SMD/TI	IC1
AAT3693IDH-AA-T1/SMD	IC2
BC848C/SMD	T1
Duo-LED/rot/grün/SMD	D1

### Sonstiges:

Speicherdrossel, SMD, 1,0 µH/ 2,1 A	L1
USB-Buchse, Micro B, SMD	BU1
Lötstifte mit Lötöse	ST1-ST8
Stiftleiste, 1x 3-polig, RM = 2,0 mm, gerade, print	
Jumper, RM = 2,0 mm, schwarz, ohne Fahne	
Ferrit-Ringkerne, 10 x 4 mm, Innen-ø 6 mm	
50 cm flexible Leitung, ST1 x 0,22 mm <sup>2</sup> , rot	
50 cm flexible Leitung, ST1 x 0,22 mm <sup>2</sup> , schwarz	

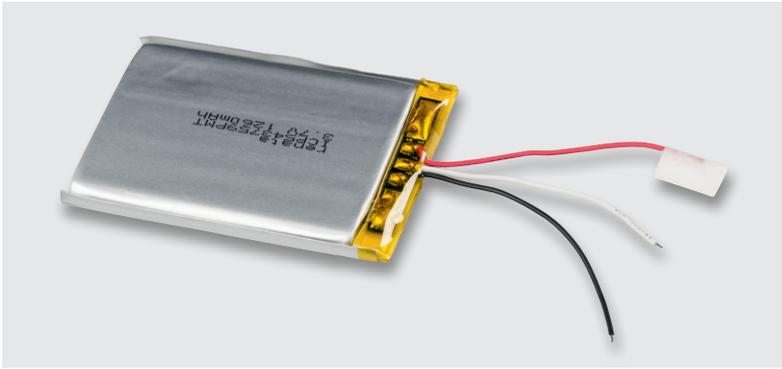


Bild 14: Vorgesehener Lithium-Polymer-Akku (von Renata) mit integriertem 10k NTC zur Temperatur-Überwachung

Des Weiteren besteht die Möglichkeit, das Modul plan auf einer selbst erstellten Leiterplatte aufzulöten. Für diesen Anwendungsfall sind die seitlichen Lötflächen zu nutzen, die in Bild 13 zu sehen sind.

Die Inbetriebnahme des LPM1 beschränkt sich auf das Verbinden des Moduls mit der zu verwendenden Hardware.

Beim Anschluss an die Zielanwendung sind eine Reihe von Hinweisen zu befolgen.

Es gilt zu beachten, dass die Temperatur an der Spule bis auf ca. 60 °C ansteigen kann. Grundsätzlich ist für den Betrieb das Modul mit angeschlossenem Akku in ein geschlossenes Gehäuse einzubauen, welches die Anforderungen an eine Brandschutzumhüllung erfüllen muss. Für eine ausreichende Luftzirkulation ist zu sorgen.

Eine ausreichende mechanische Fixierung des Akkus ist sicherzustellen, wobei keine Druckbelastung auf Lithium-Polymer-Akkus erfolgen darf.

Vor dem ersten Betrieb in der Zielanwendung sind die Löt-Kodierbrücken J3 bis J6 und J8 bis J13 entsprechend der gewünschten Konfiguration zu setzen.

Um EMV-Vorschriften einzuhalten dürfen die Leitungen an ST7 und ST8 eine Länge von 10 cm nicht überschreiten. Des Weiteren sind diese Leitungen jeweils zweimal durch einen Ferrit-Ringkern zu fädeln (Bild 15).

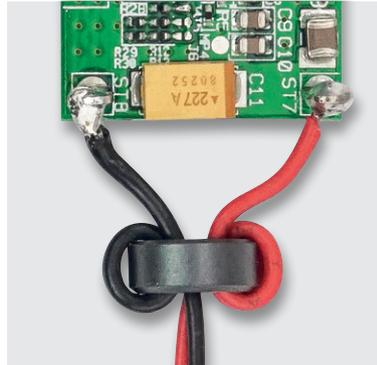


Bild 15: So sind die Leitungen jeweils zweimal durch einen Ferrit-Ringkern zu fädeln.



## Wichtige Hinweise:

- Das Modul wurde mit dem Renata-Lithium-Akku des Typs ICP543759PMT getestet und somit für diesen Akkutyp zugelassen.
- Der Akku darf ausschließlich mit den werkseitig vorhandenen Anschlussleitungen von max. 5 cm Länge an ST3, ST5 und ST6 angeschlossen werden. Bei der Konfiguration müssen die Kennwerte des Akkus eingehalten werden.
- Zur Gewährleistung der elektrischen Sicherheit muss es sich bei der speisenden Quelle um eine Sicherheits-Schutzkleinspannung (SELV) handeln.
- Die in den technischen Daten angegebenen Ausgangsströme dürfen nicht überschritten werden.
- An den Lötösen angeschlossene Leitungen müssen doppelt gesichert werden (durchführen, umbiegen und verlöten).
- Das Gerät ist kein Spielzeug, erlauben Sie Kindern nicht damit zu spielen.

Geräte-Kurzbezeichnung:	LPM1
Versorgungsspannung:	5 V (4,5–6,0 V)
Versorgungsspannungsanschluss:	Micro-USB-Buchse
Ausgangsspannungen:	3,0 V, 3,3 V, 3,6 V, 5,0 V (Über Kodier-Lötbrücken auszuwählen)
Eingangsstrom:	1,2 A max.
Ausgangsstrom:	800 mA max. bei 3,0 V und 3,3 V 700 mA max. bei 3,6 V 550 mA max. bei 5,0 V
Stand-by-Stromaufnahme:	Buck-Boost-Converter aktiv < 60 uA Buck-Boost-Converter nicht aktiv < 5 uA
Enable Buck-/Boost-Converter:	über Lötstifte und Jumper oder extern über Stiftleiste
Enable Ladecontroller:	automatisch mit Anlegen der Ladespannung
Ladeschluss-Spannung:	4,2 V (±42 mV)
Ladestrom:	100 mA, 500 mA, 1 A (Über Kodier-Lötbrücke auszuwählen)
Ladeverfahren:	CC, CV
Ladeerkennung:	bei Stromabfall auf 20 %, 10 % oder 5 % (Über Kodier-Lötbrücken auszuwählen)
Temperatursensor:	10k NTC (im Akku integriert)
Statusanzeigen:	Duo-LED (Rot = Laden, Grün = fertig, beide LEDs aus = Fehler)
Vorgesehene Akkus:	Renata ICP543759PMT (Bestell-Nr. 12 02 44, Bild 14) 3,7 V, 1320 mAh, Lithium-Polymer-Akku mit integrierter Schutzschaltung
Zusatzfunktionen:	Überspannung und Temperatur-Schutzschaltung
Anschlüsse:	Lötanschlüsse, Lötflächen zur Leiterplattenmontage, optional Stiftleiste bestückbar, Rastermaß für Steckbrettmontage geeignet
Wirkungsgrad:	Buck/Boost-Converter bis zu 96 %
Leitungslängen am Ausgang:	10 cm max.
Umgebungstemperatur:	5–35 °C
Abmessungen (L x B):	45,5 x 22 mm
Gewicht:	5,8 g mit Lötstiften, ohne Stiftleiste