

Anwendungsbeispiel

Rauf und runter – Buck-Boost-Wandler

Infos zum Bausatz

im ELV Shop

#10131

Mobile, mit Akkus betriebene Anwendungen erfordern oft eine Versorgungsspannung, die je nach Betriebsbedingung oberhalb oder unterhalb der Akkuspannung liegen kann. In den meisten Anwendungen muss dabei die Umschaltung der Funktion vom Abwärtswandler (Buck) zum Aufwärtswandler (Boost) automatisch und verzugslos erfolgen. Dies ist z. B. bei einer kontinuierlich sinkenden Akkuspannung der Fall. Einen solchen Spannungswandler stellen wir hier vor.

Mobile Spannungsquellen maximal nutzen

Der Einsatz von Buck-Boost-Schaltreglern hat bei den oben angesprochenen Anwendungen auch einen weiteren Vorteil. Die zur Verfügung stehende Akku-

oder Batteriekapazität kann bis an die Grenzen ausgenutzt werden, ohne dass sich dies auf die Höhe der Ausgangsspannung des Wandlers nennenswert auswirkt, denn dieser kompensiert weitgehend absinkende Eingangsspannungen. Dadurch ergeben sich deutlich längere Batterie- und Akku-Standzeiten sowie ein ökonomischer Betrieb des gespeisten Geräts.

Zur Anwendung kommt ein integrierter Schaltkreis des Herstellers Texas Instruments vom Typ TPS63020 [1], der über einen Eingangsspannungsbereich von 1,8 V bis 5,5 V die eingestellte Festspannung am Ausgang erzeugt. In den Eingangsspannungsbereich fallen zahlreiche Spannungsquellen wie bis zu drei 1,5-V-Primärzellen oder 1,2-V-NiCd-/NiMH-Zellen, oder eine Li-Ion-/LiPo-Einzelzelle.

Dieser Baustein zeichnet sich durch einen sehr guten Wirkungsgrad von bis zu 96 % aus, was bei höheren Leistungen sehr von Vorteil ist, denn Verlustleistung bedeutet immer auch unnötige Wärmeentwicklung. Eine integrierte Temperaturüberwachung (Englisch „thermal shutdown“) sorgt für den nötigen Schutz bei Überlastung oder im Kurzschluss-

Technische Daten

Geräte-Kurzbezeichnung:	BBC1
Versorgungsspannung (V_{IN}):	2,0 V _{DC} bis 5 V _{DC}
Ausgangsspannung (V_{OUT}):	3,3 V _{DC} /5 V _{DC}
Ausgangsstrom:	0,8 A max.
Stromaufnahme im Betrieb:	0,8 A max.
Eigene Stromaufnahme im Betrieb:	60 μ A max.
Stromaufnahme im Stand-by-Mode:	1 μ A max.
Wirkungsgrad:	bis zu 96 %
Sonstiges:	Überspannung- und Temperaturschutzschaltung
Leitungslängen:	10 cm max.
Umgebungstemperatur:	5 bis 35 °C
Abmessungen (B x H x T):	35 x 5 x 24 mm ohne Stift- oder Buchsenleiste
Gewicht:	6 g

fall. Damit steht eine sehr leistungsfähige Stromversorgungseinheit zur Verfügung, die durch ihren Wirkungsgrad auch für einen sorgsamem Umgang mit knappen Akku-/Batteriekapazitäten verantwortlich zeichnet.

Schaltungsbeschreibung

Beginnen wir mit der Schaltungsbeschreibung. In Bild 1 ist die komplette Schaltung des BBC1 dargestellt. Der integrierte Baustein IC1 [1] ist zentrales Element der Schaltung. Das „Innenleben“ von IC1 ist als Blockschaltbild im Abschnitt „Elektronikwissen“ zu sehen. Über den

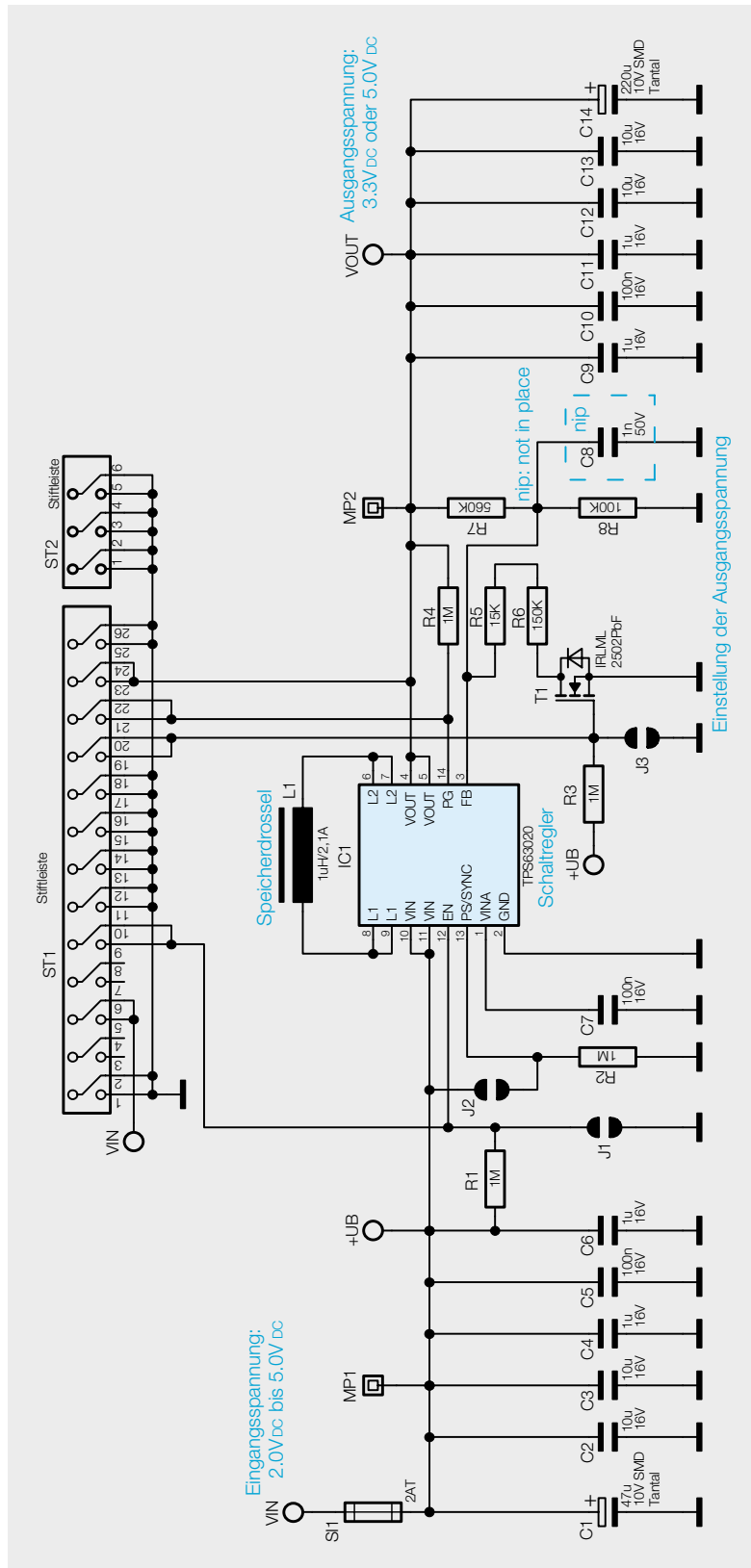


Bild 1: Das komplette Schaltbild des Buck-Boost-Converters BBC1

Anschluss ST1 werden alle notwendigen Verbindungen, die zum Betrieb des Geräts notwendig sind, bereitgestellt. Eine Übersicht der den Pins zugeordneten Funktionen ist in der Tabelle 1 dargestellt. Der zweite Anschluss ST2 ist optional und dient nur zur Verbesserung der mechanischen Stabilität. Die Pins von ST2 führen nur Anschlussmöglichkeiten für das Massepotential der Schaltung.

Zur Absicherung der Schaltung im Kurzschluss- oder Fehlerfall befindet sich direkt nach der Einspeisung der Eingangsspannung VIN die Sicherung SI1. Die Kondensatoren C1 bis C6 dienen als Eingangspuffer für die Spannungsversorgung des Leistungsteils im Baustein IC1, C7 wird zur Stabilisierung der Spannungsversorgung des Steuerungsteils verwendet. Die Speicherdrossel L1 ist der benötigte Energiespeicher, der für den Betrieb von Schaltreglern unverzichtbar ist.

Die Widerstände R1 bis R4 sind Pull-up- bzw. Pull-down-Widerstände, mit denen an den beiden Eingängen EN, PS/SYNC sowie am Ausgang PG von IC1 und dem Gate vom MOSFET T1 ein definierter Grundzustand besteht. Über die Widerstände R5 bis R8 wird je nach Zustand des Transistors T1 ein anderer Spannungsteiler erzeugt, mit dem sich die erzeugte Ausgangsspannung VOUT auf 3,3 V oder 5,0 V einstellt.

Die Kondensatoren C9 bis C14 glätten die erzeugte Ausgangsspannung und unterbinden damit eventuelle Störsignale auf der Anschlussleitung.

Bedienung und Konfiguration

Eine Konfiguration und das Ein- bzw. Ausschalten des BBC1 ist über die Lötjumper J1 bis J3 oder den Anschluss von Schaltern an den entsprechenden Pins der Anschlussleiste ST1 möglich. So kann über J1 der BBC1 in den Stand-by-Zustand geschaltet werden, über J2 ist die Anwahl des Stromsparmodes möglich, der bei geringerem Ausgangsstrombedarf die Schaltfrequenz ändert und an den Laststrom anpasst und so eine insgesamt geringere Stromaufnahme des Wandlers zur Folge hat. Mit J3 schließlich wird die Auswahl der Ausgangsspannung getroffen. Diese

Funktion der Pins von Anschlussleiste ST1

Pin-nummer	Funktion
1,2	Masse
3,4	Frei
5,6	Versorgungsspannung VIN
7,8	Frei
9,10	Enable-Schalter Anschluss A
11,12	Enable-Schalter Anschluss B (Masse)
13,14	Masse
15,16	Masse
17,18	Voltage-Selection-Schalter Anschluss B
19,20	Voltage-Selection-Schalter Anschluss A
21,22	Power Good
23,24	Ausgangsspannung VOUT
25,26	Masse

Tabelle 1

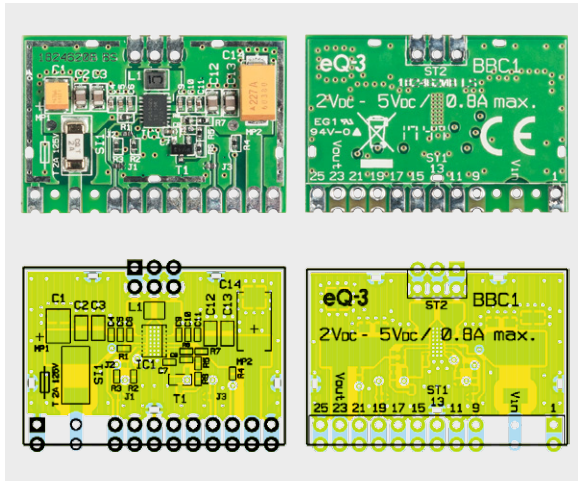


Bild 2: Die Platinenfotos mit den zugehörigen Bestückungsplänen des BBC1, links die Oberseite, rechts die Unterseite der Platine

Funktionen und die zugehörigen Jumperstellungen sind in der [Tabelle 2](#) zusammengefasst. Die Funktion der Jumper J1 und J3 kann auch durch zusätzliche Schalter ersetzt werden. Lediglich Jumper J2 ist nur als Lötvariante vorhanden, da ansonsten über den Anschluss eines Schalters hier starke EMV-relevante Störungen auftreten können.

Nachbau und Inbetriebnahme

Der Nachbau der eigentlichen Platine entfällt, da alle Bauteile in SMD-Bauweise ausgeführt sind und bereits werkseitig bestückt werden. Die Schaltung kann daher, nach einer Kontrolle auf Bestückungs- und Lötfehler anhand der Platinenfotos und Bestückungspläne ([Bild 2](#)), der Stückliste und des Bestückungsdrucks direkt eingesetzt werden. Optional können ST1 und ST2 mit Stift- oder Buchsenleisten bestückt werden (siehe Einsatzmöglichkeiten).

Widerstände:

15 k Ω /SMD/0402	R5
100 k Ω /SMD/0402	R8
150 k Ω /SMD/0402	R6
560 k Ω /SMD/0402	R7
1 M Ω /SMD/0402	R1–R4

Kondensatoren:

100 nF/16 V/SMD/0402	C5, C7, C10
1 μ F/16 V/SMD/0402	C4, C6, C9, C11
10 μ F/16 V/SMD/0805	C2, C3, C12, C13
47 μ F/10 V	C1
220 μ F/10 V	C14

Halbleiter:

TPS63020DSJ/SMD/TI	IC1
IRLML2502PbF/SMD	T1

Sonstiges:

Speicherdrossel, SMD, 1,0 μ H/2,1 A	L1
Sicherung, 2 A, träge, SMD	SI1

Stückliste

Funktion der Lötjumper

Tabelle 2

Lötjumper	Schalter-Anschluss	geöffnet	geschlossen
J1	Enable-Schalter Anschluss A & B	BBC1 aktiv	BBC1 inaktiv (stand-by)
J2		Stromsparmodus aktiv	Stromsparmodus inaktiv
J3	Voltage-Selection-Schalter Anschluss A & B	+ 5,0 V	+ 3,3 V

Die Inbetriebnahme des BBC1 beschränkt sich somit 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. Ein berührungssicherer Einbau ist deshalb zu empfehlen.

Die Ausgangsspannung kann mit dem Lötjumper J3 oder einem angeschlossenen Schalter an den Pins 17, 18 und 19, 20 von ST1 auf 3,3 V oder 5,0 V eingestellt werden. Ein Wechsel der Ausgangsspannung sollte ohne angeschlossene Last oder im abgeschalteten Zustand erfolgen.

Der max. Eingangsstrom von 0,8 A darf auf keinen Fall überschritten werden. Der Eingangsstrom ist abhängig vom Unterschied zwischen Ein- und Ausgangsspannung sowie vom Ausgangsstrom.

Beispiel: Die Ausgangsspannung soll 5 V betragen, bei einem maximalen Strom von 0,5 A. Dies entspricht einer Ausgangsleistung von 2,5 W. Bei einem angenommenen Wirkungsgrad von ca. 90 % entspricht dies einer Eingangsleistung von 2,8 W. Beträgt die Eingangsspannung 3,6 V, fließt ein Betriebsstrom von ca. 0,77 A. Sobald die Eingangsspannung verringert wird, steigt auch der Strom an. Bei ca. 3,5 V Eingangsspannung wäre der Eingangsstrom ca. 0,8 A, womit der maximale Strom bereits erreicht ist. Ein Betrieb mit noch niedrigerer Eingangsspannung ist in diesem Fall außerhalb der Spezifikation. Wird nur 0,38 A am Ausgang entnommen, verringert sich auch die Leistungsaufnahme, wodurch auch eine niedrigere Eingangsspannung (2,7 V) zulässig ist. Das Ganze lässt sich durch Umrechnen der Ausgangsleistung auf die Eingangsleistung bei einem Wirkungsgrad von 90 % berechnen.

Mit der im Abschnitt „Leistungsdaten des BBC1“ abgebildeten Grafik sind die maximalen Ausgangsströme des BBC1 dargestellt. Hierbei wurde der Wirkungsgrad, der sich je nach Konstellation verändert, mit 90 %, sehr realistisch angenommen. Innerhalb dieser Vorgaben wird das Gerät spezifikationsgerecht betrieben.

Achtung: Der BBC1 darf nur direkt auf eine andere Leiterplatte gelötet oder über Stiftleisten ([siehe Bild 3](#)) verbunden werden.

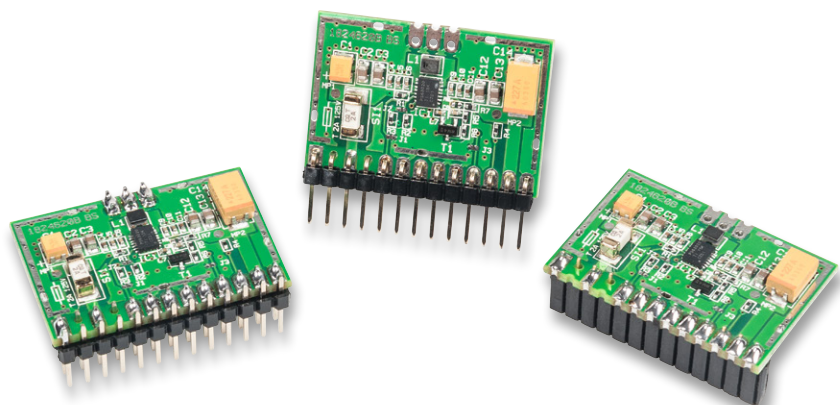


Bild 3: Der BBC1 kann je nach Bedarf mit Stift- oder Buchsenleisten bestückt werden.

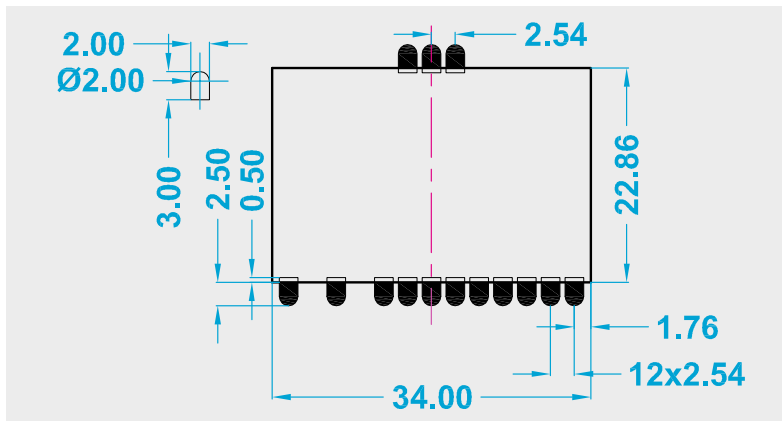


Bild 4: Layoutvorgabe für den BBC1 (Maßangaben in mm)

Einsatzmöglichkeiten

Die Kontakte des BBC1 sind so ausgeführt, dass man ihn auf unterschiedliche Weise in eigene Schaltungen integrieren kann:

Auflöten auf die Platine

Der BBC1 kann direkt auf eine eigene Leiterplatte gelötet werden, wodurch eine stabile mechanische und elektrisch sichere Verbindung ermöglicht wird. Das Modul kann dafür am einfachsten als Bauteil im CAD-Programm angelegt und dann ins Schaltbild aufgenommen werden. Bild 4 zeigt eine Maßzeichnung („Land Pattern“) des Moduls, die als Vorlage für ein eigenes Layout genutzt werden kann.

Verwendung von Stiftleisten

Die Kontakte des BBC1-Moduls sind im 2,54-mm-Raster angeordnet und die Bohrungen nehmen ein- oder zweireihige Stift- oder Buchsenleisten auf, wie es in Bild 3 zu sehen ist. Durch diese Variationen kann der BBC1 sehr flexibel eingesetzt werden, indem er 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.



Wichtiger Hinweis:

Für einen ausreichenden Schutz vor elektrostatischen Entladungen ist der Einbau in ein geeignetes Gehäuse erforderlich, damit die Schaltung nicht durch eine Berührung mit den Fingern oder Gegenständen gefährdet werden kann.

Montagevideo



#10135

QR-Code scannen oder
Webcode im ELV Shop
eingeben

Leistungsdaten des BBC1

Der maximal zulässige Ausgangsstrom in Abhängigkeit von der Eingangs- und Ausgangsspannung des hier vorgestellten BBC1 ist in Bild 5 dargestellt. Dabei handelt es sich nicht um theoretische Werte des Herstellers, sondern um real gemessene Werte eines Testaufbaus. In der Grafik sind u. a. die maximal erreichbaren Ausgangsströme bei den beiden einstellbaren Ausgangsspannungen dargestellt. Die in dem Diagramm ablesbaren Ströme können vom BBC1 direkt ab dem Einschaltzeitpunkt, also dem Setzen des Enable-Pins, bereitgestellt werden. Es gibt keine Anlaufschwierigkeiten mit dem BBC1, die sonst gerne bei Schaltungen entstehen, bei denen ein hoher Anlaufstrom (Start-up-Strom) vorhanden ist.

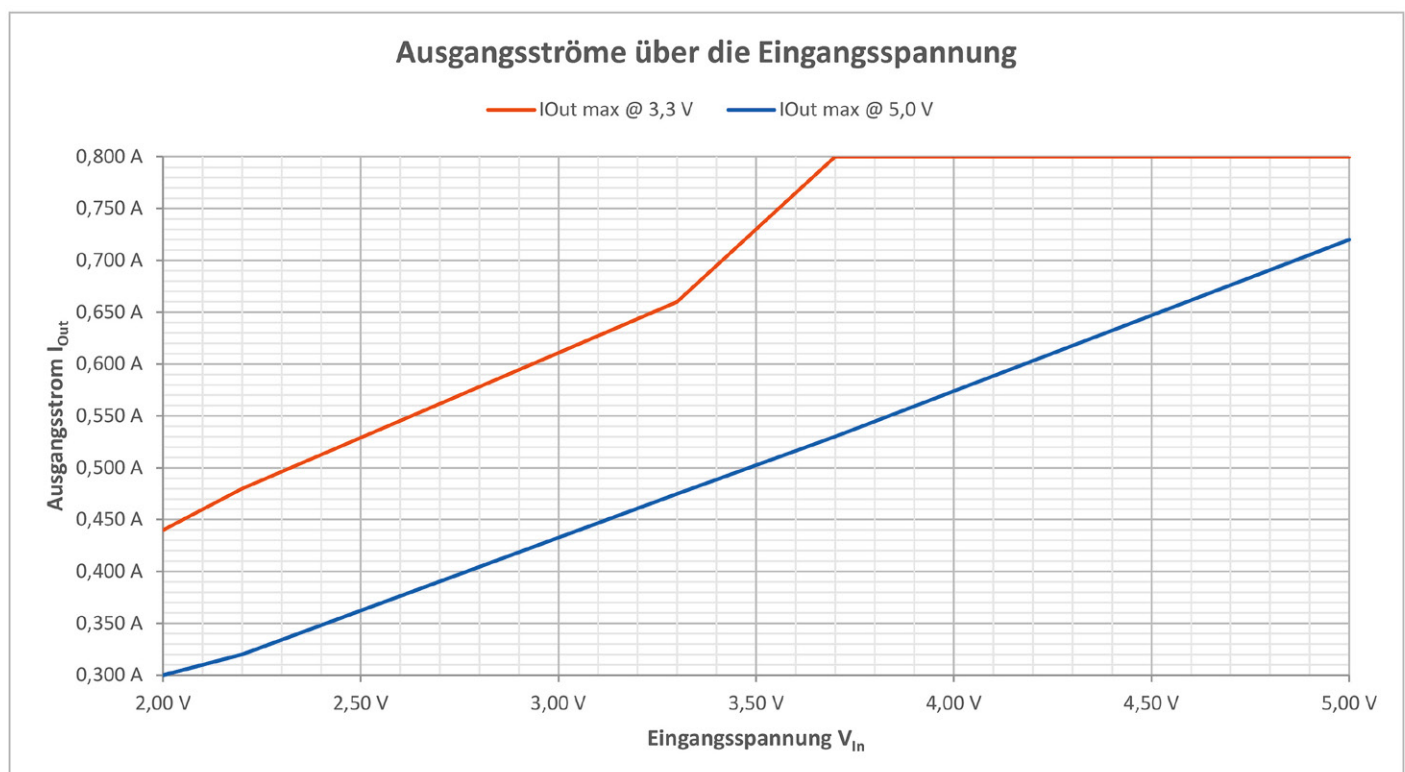


Bild 5: Der maximale Ausgangsstrom über die Eingangsspannung bei eingestellten 3,30 V und 5,00 V Ausgangsspannung

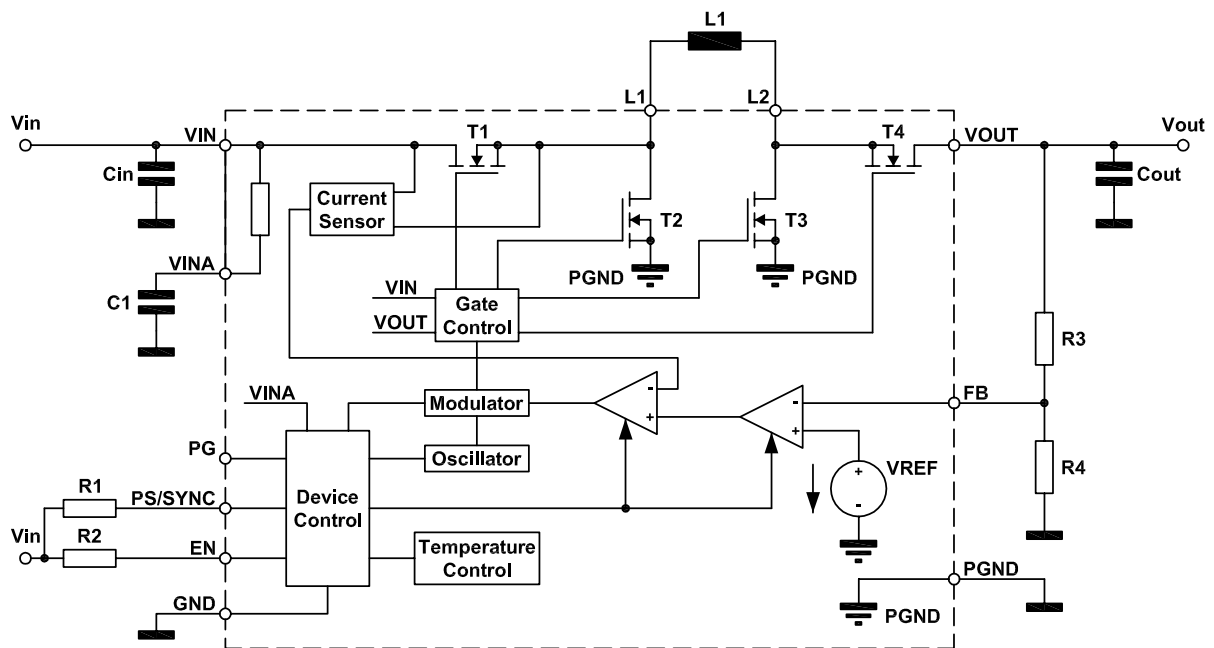
Die Angaben sind abhängig von der eingesetzten Hardware, an der der BBC1 betrieben wird. Wird der BBC1 an einem Labornetzteil oder direkt an einer Lithium-Zelle betrieben, sind zusätzliche Kapazitäten an den Eingangspins verbaut, all diese Variationen verändern das Verhalten. In dem von uns verwendeten Testaufbau wurde ein ELV Labornetzteil vom Typ PPS5330 eingesetzt, welches über je $2 \times 2,5 \text{ mm}^2$ an den BBC1 angeschlossen wurde.

Grundsätzlich sollte eine möglichst stabile und niederohmig angeschlossene Spannungsquelle genutzt werden, da dies eine große Auswirkung auf den maximalen „Start-up-Strom“ hat. **ELV**



Weitere Infos:

[1] Produktseite des TPS 63020:
www.ti.com/product/TPS63020



Blockschaltbild des TPS63020 (Quelle: Datenblatt TPS63020 von TI)

Grundsätzliches Funktionsprinzip des Buck-Boost-Schaltreglers

Der im BBC1 eingesetzte TPS63020 verwendet vier interne N-Kanal-MOSFETs, um eine synchrone Spannungsumwandlung in möglichst allen Betriebsbedingungen zu gewährleisten. Dadurch kann das Gerät einen hohen Wirkungsgrad über eine breite Eingangsspannung und Ausgangsleistung aufrechterhalten. Im Blockschaltbild (Bild oben) sind die im TPS63020 integrierten MOSFETs mit den Referenznamen T1 bis T4 bezeichnet. Der Wandler arbeitet mit einer internen Schaltfrequenz von ca. 2,4 MHz. Zusätzlich liefert ein sogenanntes Power-Good-Signal (PG) die Information, ob sich die Ausgangsspannung im geregelten Zustand befindet. Doch nun zur grundsätzlichen Funktionsweise des Buck-Boost-Converters. In dem um die extern vorhandenen Bauteile erweiterten Blockschaltbild (Bild oben) wird diese nun vereinfacht erläutert.

Wenn die Eingangsspannung höher ist als die eingestellte Ausgangsspannung, arbeitet der

Baustein im „Buck-Mode“ (Step-down-Wandler). In dieser Betriebsart ist der FET T4 ständig durchgesteuert und FET T3 befindet sich ständig im Sperrzustand. Die FETs T1 und T2 werden dann alternierend im Takt der Schaltfrequenz durchgesteuert. In der ersten Phase fließt der Strom über den FET T1, die Speicherdrossel L1 und den FET T4 zum Ausgang bzw. in den Kondensator Cout. In der zweiten Phase ist FET T1 gesperrt und FET T2 durchgesteuert. Durch die in der Speicherdrossel gespeicherte Energie wird der Stromfluss nun aufrechterhalten. Das Tastverhältnis, mit dem die beiden FETs T1 und T2 durchgesteuert werden, bestimmt die Ausgangsspannung. Über den Spannungsteiler R3, R4 wird die Ausgangsspannung dem Eingang FB vom TPS63020 zugeführt und mit einer internen Referenzspannung verglichen, womit der Regelkreis geschlossen ist.

Wenn die Eingangsspannung geringer ist als die Ausgangsspannung, arbeitet der TPS63020 im „Boost-Mode“ (Step-up-Wandler). In dieser Betriebsart ist FET T1 ständig durchgesteuert und FET T2 befindet sich dauerhaft im Sperrzustand. Die FETs T3 und T4 werden nun alternierend im Takt der Schaltfrequenz gesteuert. Auch hierbei bestimmt wiederum das Tastverhältnis die Ausgangsspannung.

Wenn sich die Eingangsspannung in der Nähe der Ausgangsspannung befindet, sind die FETs T1 und T4 nahezu ständig durchgesteuert. Die FETs T2 und T3 werden nur noch kurz zum Regulieren der Ausgangsspannung in den leitenden Zustand versetzt. In diesem sogenannten Buck-Boost-Mode sind die Spitzenströme in der Induktivität deutlich geringer als bei konventionellen Buck-Boost-DC/DC-Wandlern.