

Ab 0,3 V Eingangsspannung

5 Vdc (300 mA) Ausgangsspannung

Solar-Boost-Converter SBC 300

Dieser kleine Aufwärtswandler ist mit einem „Power-Management-IC“ von Texas Instruments realisiert, der bereits mit einer Eingangsspannung von 0,3 V arbeitet und nur 0,5 V zum Anlauf benötigt. Damit lassen sich neben Einzelzellen (Alkaline, NiMH) auch alternative Energiequellen wie Solar-Einzelzellen oder Mikrobrennstoffzellen effizient zur Spannungsversorgung nutzen. Der Wandler liefert am Ausgang stabilisiert 5 V, kann aber auch an andere Ausgangsspannungen angepasst werden.

Allgemeines

Texas Instruments liefert den DC/DC-Boost-Wandler mit der z. Zt. niedrigsten Eingangsspannung am Markt (0,3 V) und einem maximalen Wirkungsgrad von über 90 %. Dieser Miniaturbaustein mit den Abmessungen von 3,25 x 3,25 mm kommt in unserem Solar-Boost-Converter SBC 300 zum Ein-

satz, dessen Ausgangsspannung fest auf 5 V eingestellt ist. Da die Ausgangsspannung durch einen Widerstandsteiler vorgegeben wird, kann die Schaltung bei Bedarf auch an andere Ausgangsspannungen im Bereich zwischen 1,8 V und 5,5 V angepasst werden.

Eingangsspannungen sind im Bereich zwischen 0,3 V und 5,5 V zulässig, wobei die Eingangsspannung nicht über der Ausgangsspannung liegen darf, d. h. bei 5 V Ausgangsspannung auch auf diesen Wert begrenzt ist (ansonsten steigt die Ausgangsspannung auf den Wert der Eingangsspannung). Mit diesen außergewöhnlichen Daten lassen sich nun interessante Energiequellen kleiner Leistung zur Spannungsversorgung nutzen.

Der verwendete Baustein ist aber ausschließlich in einer besonders kleinen SMD-Ausführung erhältlich und von Hand kaum noch zu verarbeiten. Abbildung 1 zeigt das reale IC im Größenvergleich zu einer Bleistiftspitze. Mit unserem kleinen Modul erschließt sich dieser SMD-Baustein (TPS 61200) nun auch für den Hobby-Anwender und viele weitere interessante Aufgaben. Die kompletten Modulabmessungen mit externer Beschaltung betragen nur 21 x 21 mm (Abbildung 2), so dass die Unterbringung des Moduls in den meisten Anwendungen kein Problem ist, und eine Platinenbohrung kann zur Befestigung genutzt werden.

Natürlich ist eine effiziente Energienutzung nur möglich,

Technische Daten: SBC 300

Eingangsspannung:	0,3–5 Vdc (nicht höher als die Ausgangsspannung)
Ausgangsspannung:	5 Vdc (mit einem Spannungsteiler konfigurierbar)
Ausgangsstrom:	max. 300 mA (abhängig von der Eingangsspannung)
Eigenstromaufnahme:	<55 μ A
Wirkungsgrad:	bis >90 % (lastabhängig)
Power-Save-Modus:	abschaltbar
Eingangsspannungsüberwachung:	optional mit einem Spannungsteiler konfigurierbar
Temperaturschutzschaltung:	chipintern
Abmessungen:	21 x 21 mm

wenn der Eigenverbrauch des Spannungswandlers entsprechend gering ist. Der Eigenverbrauch des Bausteins ist mit $<55 \mu\text{A}$ spezifiziert, so dass mit einer einzigen Alkaline-Mignon-Batterie ein ununterbrochener Betrieb des Wandlers über 5 Jahre möglich ist.

Mit diesem Modul lässt sich die Kapazität von Alkaline-Einzelnzellen optimal nutzen und es ist wirklich eine vollständige Entladung der Zellen möglich (Abbildung 3).

Über einen Codierstecker (ST 1) kann ein Power-Save-Modus wahlweise aktiviert oder deaktiviert werden, der die Effizienz bei geringer Ausgangslast weiter erhöht. Im Power-Save-Modus stoppt der Wandler, wenn der Strom durch die Speicherdrossel unter 300 mA sinkt und die Ausgangsspannung den Soll-Wert erreicht hat. Im Power-Save-Modus muss allerdings ein höherer „Ausgangsripple“ in Kauf genommen werden. Wie sich der Wirkungsgrad mit der Power-Save-Funktion verändert, ist in Abbildung 4 und 5 zu sehen.

Da der maximale Ausgangsstrom des Moduls von der Eingangsspannung abhängig ist, kann es in Abhängigkeit von

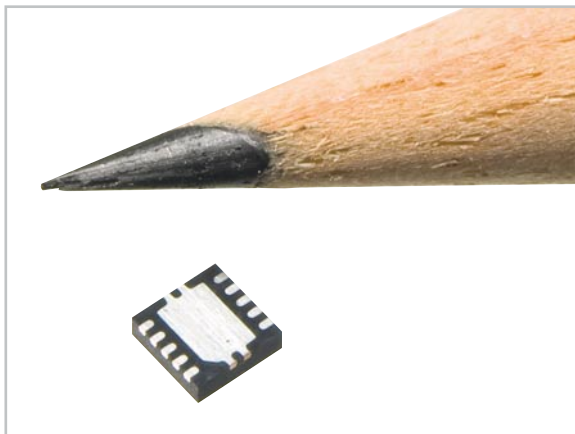


Bild 1: Abmessungen des TPS 61200 im Vergleich zu einer Bleistiftspitze

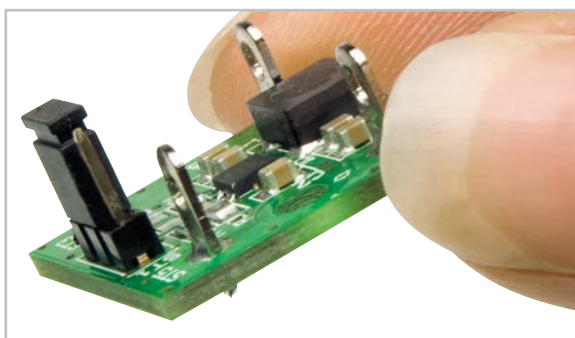


Bild 2: Die Abmessungen des kompletten Spannungswandlers betragen nur $21 \times 21 \text{ mm}$.



Bild 3: Zur Speisung des Spannungswandlers können optimal ein oder zwei Alkaline-Zellen genutzt werden.

der Anwendung auch sinnvoll sein, das Modul mit zwei in Reihe geschalteten Zellen zu versorgen. Bei Eingangsspannungen $>2,4 \text{ V}$ kann das Modul bis zu 300 mA Ausgangsstrom liefern. Eine integrierte Temperatur-Schutzschaltung schützt den Baustein vor Überhitzung.

Mit Hilfe eines Spannungsteilers (R_1, R_2) kann auf Wunsch eine Spannungsschwelle für die Unterspannungserkennung am Eingang eingestellt werden. Der Baustein wird in den „Stand-by-Modus“ geschaltet, wenn die Eingangsspannung an diesem Pin unterhalb $0,25 \text{ V}$ sinkt.

Das Modul ist geradezu prädestiniert für den Einsatz an Solar-Einzelnzellen, da diese die maximale Leistung beim Betrieb im optimalen Arbeitspunkt abgeben, der bei ca. $0,5 \text{ V}$ liegt. Schaltungstechnisch muss dann natürlich eine Arbeitspunktregelung vorhanden sein.

Es ist unbedingt zu beachten, dass die maximale Eingangsspannung auf $5,5 \text{ V}$ begrenzt werden muss, bzw. die Solarzelle auch unter maximalen Lichtbedingungen keine höhere Spannung abgeben darf.

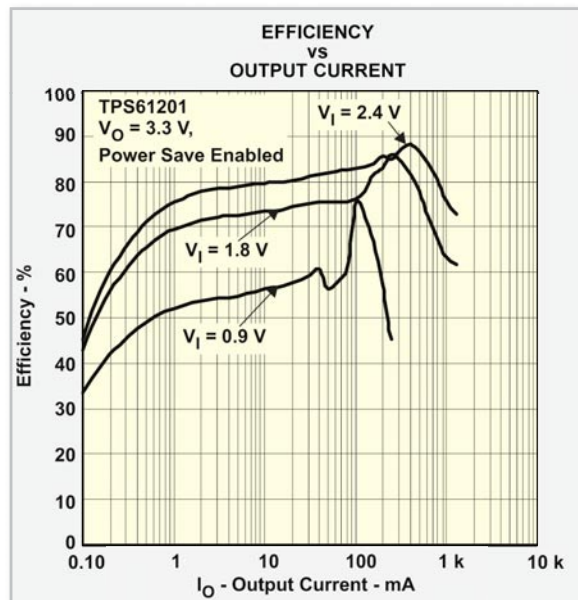


Bild 4: Wirkungsgrad mit „Power-Save“-Funktion

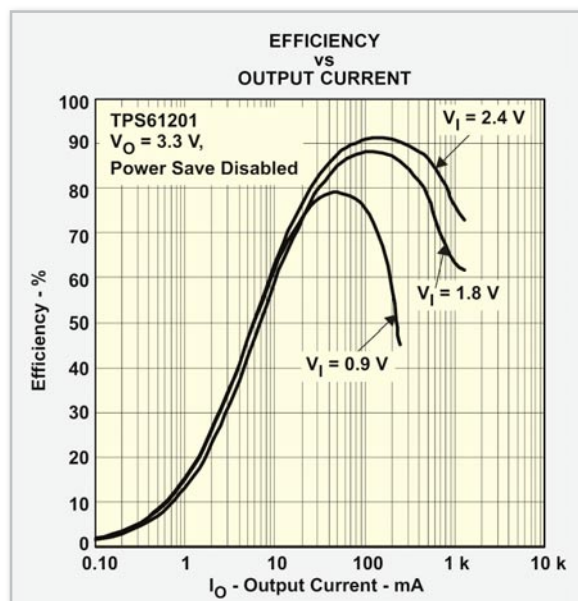


Bild 5: Wirkungsgrad mit deaktivierter „Power-Save“-Funktion

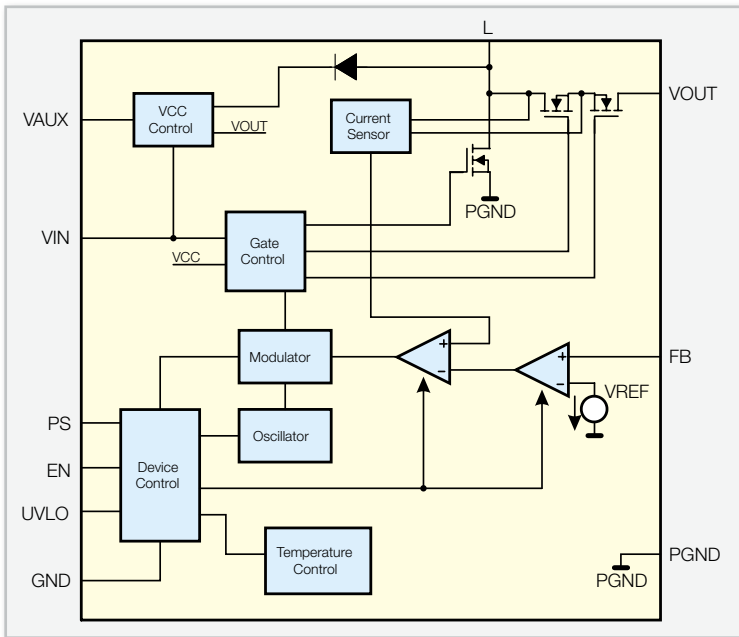


Bild 6: Interne Struktur des TPS 61200

Schaltung

Wie das Blockschaltbild in Abbildung 6 zeigt, sind sämtliche erforderlichen Stufen für die Realisierung eines hocheffizienten Schaltreglers im TPS 61200 integriert. Neben einer Speicherdrossel werden an externer Beschaltung nur noch wenige Widerstände und Kondensatoren benötigt. Die komplette Schaltung unseres „Step-up-Wandlers“ ist in Abbildung 7 dargestellt. An ST 2 und ST 3 wird dem Modul die Eingangsspannung zugeführt, die z. B. von einer einzelnen Alkaline-Batterie oder einer Solarzelle kommen kann. Mit C 1 erfolgt eine erste Pufferung, und direkt vom Eingang gelangt die Spannung auf Pin 5 des Schaltregler-Bausteins IC 1 und auf die Speicherdrossel L 1. Die grundsätzliche Arbeitsweise des Bausteins entspricht einem typischen „Step-up-Wandler“, wobei neben der Steuerung auch der FET-Schalttransistor im IC integriert ist. Neben dem integrierten Schalttransistor ist

die Speicherdrossel L 1 eine wesentliche Komponente des Schaltreglers. Wie im Blockschaltbild und Hauptschaltbild zu sehen, ist die Speicherdrossel direkt mit dem Eingang und dem Schalttransistor verbunden.

Die Ausgangsspannung des integrierten FETs gelangt von Pin 2 des Bausteins (Vout) zum Speicherkondensator, der aus den beiden parallel geschalteten SMD-Keramik-Kondensatoren C 3 und C 4 besteht. Dieser Anschluss ist auch gleichzeitig gegenüber Schaltungsmasse der Ausgang des Wandlers (ST 4 gegen ST 5).

Direkt vom Ausgang wird der mit R 3 und R 4 aufgebaute Spannungsteiler gespeist, dessen Mittelabgriff wieder auf den „Feedback“-Pin des Regler-ICs geführt wird. Der Spannungsteiler bestimmt die Ausgangsspannung, und die Schaltung ist ausgeregelt, wenn an Pin 10 des ICs 500 mV anliegt. Nach folgender einfacher Formel kann die Ausgangsspannung der Schaltung berechnet werden:

$$R3 = R4 \cdot \left(\frac{V_{out}}{V_{FB}} - 1 \right)$$

C 1 dient zur Pufferung der Eingangsspannung und die Kondensatoren C 2 und C 5 zur allgemeinen Stabilisierung und zur Störunterdrückung.

Wie bereits erwähnt, verfügt der Baustein über eine Unterspannungserkennung, die in unserer Grundkonfiguration nicht genutzt wird, da der entsprechende Eingang (Pin 7) über den 0-Ω-Widerstand R 1 mit der Eingangsspannung verbunden ist. Sobald die Spannung an Anschluss 7 unterhalb von 250 mV abfällt, wird der Schaltwandler zwangsweise in den „Stand-by-Modus“ versetzt. Mit einer entsprechenden Dimensionierung des Spannungsteilers, bestehend aus R 1 und R 2, kann optional eine Abschaltsschwelle definiert werden, die sich nach folgender Formel berechnet:

$$R1 = R2 \cdot \left(\frac{V_{in}}{V_{UVLO}} - 1 \right)$$

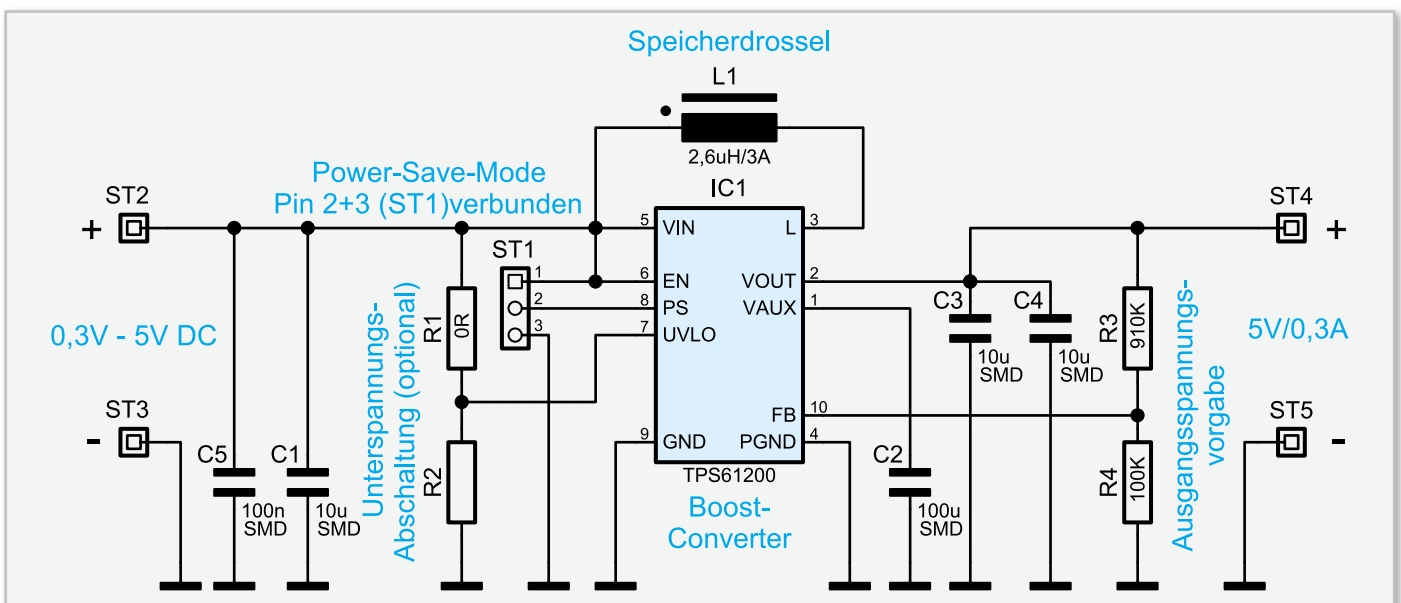
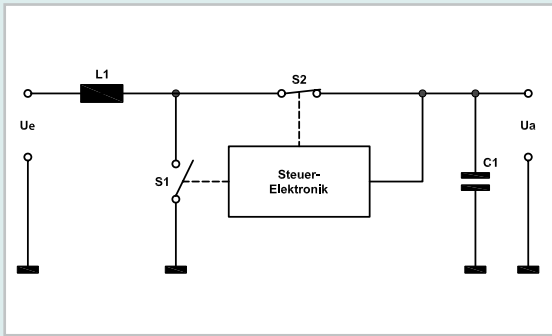


Bild 7: Schaltung des SBC 300

Elektronikwissen – Step-up-Wandler



Die prinzipielle Funktionsweise eines „Step-up-Wandlers“ ist einfach und in der Prinzipschaltung dargestellt. Neben der Steuer-Elektronik besteht die Schaltung aus nur vier Grundelementen, bestehend aus einer Spule, zwei Schaltern und einem Speicherkondensator. Die Schalter sind in unserem Fall in Form von FET-Transistoren im TPS 61200

integriert und werden abwechselnd periodisch geschaltet. Ist der Schalter S 1 geöffnet und der Schalter S 2 geschlossen, so fließt vom Eingang über die Drosselspule L 1 und den Schalter S 2 ein Strom zum Ausgang des Wandlers. Der Kondensator C 1 lädt sich dadurch auf den Wert der Eingangsspannung auf, womit am Ausgang auch die niedrigst mögliche Ausgangsspannung ansteht.

Wird der Schalter S 1 geschlossen und der Schalter S 2 geöffnet, steigt der Strom durch die Drosselspule L 1 an und es wird Energie gespeichert. In der nächsten Schaltperiode öffnet wieder S 1 und S 2 wird geschlossen. Die an der Drossel anliegende Spannung addiert sich nun zu der Eingangsspannung U_e. Der Ausgangskondensator wird entsprechend aufgeladen. Das periodische Umschalten erfolgt im schnellen Wechsel mit der Schaltfrequenz des Wandlers. Die Ausgangsspannung wird durch das Tastverhältnis, mit dem die Schalter (FETs) geschaltet werden, bestimmt.

Über den Codierstecker ST 1 kann Pin 8 des Bausteins (Power-Save-Modus) wahlweise mit der Eingangsspannung oder mit Schaltungsmasse verbunden werden. Bei einer Verbindung mit der Eingangsspannung ist der Power-Save-Modus aktiviert und wenn der Eingang auf Massepotential liegt, deaktiviert.

Nachbau


Da alle SMD-Komponenten bereits werkseitig vorbestückt sind, stellt der praktische Aufbau trotz der winzigen Bauteile keine große Herausforderung dar. Von Hand zu bestücken sind nur noch die 4 Lötstifte mit Öse zum Anschluss der Ein- und Ausgangsleitungen und die 3-polige Stiftleiste ST 1 zur Aufnahme der zugehörigen Codierbrücke.

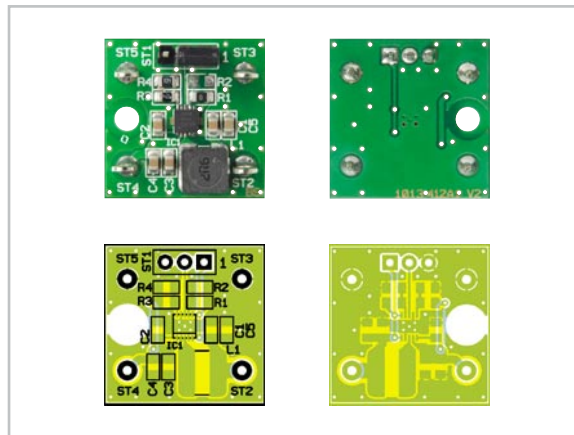
Die Lötstifte sind vor dem Verlöten stramm in die zugehörigen Platinenbohrungen zu pressen und dann an der Platinenunterseite sorgfältig festzusetzen.

Vorsicht, dabei können leicht Kurzschlüsse zur umgebenden Massefläche entstehen. Die 3-polige Stiftleiste muss vor dem Verlöten mit dem Kunststoffteil plan auf der Platinenoberfläche aufliegen. Nach dem Aufstecken des Codiersteckers in der gewünschten Position sind die Aufbauarbeiten bereits abgeschlossen und dem Einbau in der gewünschten Anwendung steht nichts mehr entgegen.

Für den Betrieb ist der Spannungswandler unbedingt in ein geschlossenes Gehäuse einzubauen, welches die Anforderungen an eine Brandschutzumhüllung erfüllen muss. Eine ausreichende Luftzirkulation ist sicherzustellen und sowohl der Eingang als auch der Ausgang sind entsprechend der Anwendung abzusichern.

Hinweis:

Die Eingangsspannung darf bei einem klassischen „Step-up-Wandler“ niemals größer sein als die gewählte Ausgangsspannung. 



Ansicht der fertig bestückten Platine des SBC 300 mit dem zugehörigen Bestückungsplan, links die SMD-Bauteilseite, rechts die Unterseite der Platine

Stückliste: SBC 300

Widerstände:

0 Ω/SMD/0805	R1
100 kΩ/SMD/0805	R4
910 kΩ/SMD/0805	R3

Kondensatoren:

100 nF/SMD/0805	C2, C5
10 µF/SMD/0805	C1, C3, C4

Halbleiter:

TPS61200DRC/SMD	IC1
-----------------	-----

Sonstiges:

Speicherdrossel, SMD, 2,6 µH/3 A	L1
Stiftleiste, 1x 3-polig, gerade, print	ST1
Jumper	ST1
4 Lötstifte mit Lötöse	ST2–ST5