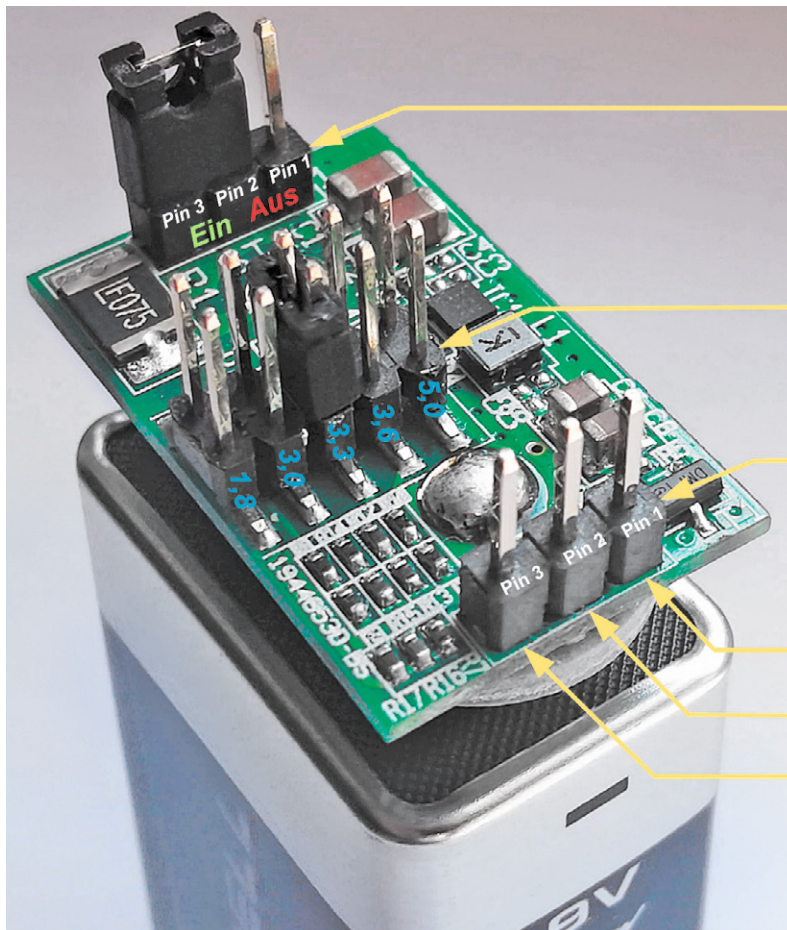


Nachhaltige Schaltung

Bausatz BAP5 – vielseitige Batterieaufsteckplatine mit Buck-Converter im Praxistest

Für mobile und verbrauchsarme elektronische Geräte bietet sich deren Versorgung mit Betriebsenergie aus Batterien oder Akkus an. Häufig ist jedoch der zum einwandfreien Funktionieren des Verbrauchers erforderliche Spannungsbereich der Quelle sehr klein, sodass schon bei deren unvollständiger Entladung der Verbraucher seinen Betrieb einstellt. Besser wäre es, wenn ein batteriebetriebenes Gerät seine Energiequelle gründlich „auslutschen“ könnte.



ST1: Stiftleiste (1x3)
Ein: Jumperposition links
 (Pin 2 und 3 verbunden)
Aus: Jumperposition rechts
 (Pin 1 und 2 verbunden)

ST3: Stiftleiste (2x5)
 Wahl der Ausgangs-
 spannung in Volt gemäß
 Jumperposition

ST2: Stiftleiste (1x3)
 Ausgänge

+ U_{Aus}

- U_{Aus} (Masse)

PF (Power Fail)

Nachhaltigkeit auch bei Batterien

Das würde eine Menge Batteriemüll vermeiden, längere Wechselintervalle ermöglichen und auf lange Sicht viel Geld sparen. Wenn ein derartiger Nachhaltigkeitsansatz nicht schon bei der Gerätekonzeption berücksichtigt wird, lässt er sich auch nachträglich mit Schaltreglern erreichen, die zwischen Batterie und Verbraucher eingefügt werden. Sie halten bei sinkender Eingangsspannung und schwankender Strombelastung des Ausgangs dessen Spannung konstant.

Mit der Batterie-Aufsteckplatine BAP5 hat ELV einen Miniatur-Buck-Schaltregler-Bausatz für fünf per Jumper (Steckbrücke) wählbare Ausgangsspannungen 1,8 V/3,0 V/3,3 V/3,6 V/5,0 V mit einem Maximalstrom von 0,25 A bei einem Eingangsspannungsbereich von 6–17 V entwickelt. Als Grundlage für den Praxistest diente das Datenblatt des Texas-Instrument-Chips TPS62125, das im Internet neben weiteren Dokumenten zu dem IC unter [\[1\]](#) heruntergeladen werden kann.



TPS62125 in Stichworten

Die wesentlichen Eigenschaften des langjährig bewährten Chips kurz zusammengefasst: TPS62125 ist ein äußerst effizienter, synchron geschalteter Buck-Converter, der ein ausgezeichnetes Ausregelverhalten von Schwankungen der Eingangsspannung und des Laststroms aufweist. Hinzu kommen eine geringe Welligkeit der Ausgangsspannung (Ripple) und ein nahtloser Übergang zwischen den Betriebsarten PWM (Pulse Width Modulation = Pulsbreitenmodulation) im Mittel- und Hochlastbereich und PFM (Pulse Frequency Modulation = Pulsfrequenzmodulation) für den Schwachlastbereich.

Im PWM-Modus arbeitet der Chip in der Betriebsart CCM (Continuous Current Mode = nicht-lückender Betrieb) bei einer Schaltfrequenz bis 1 MHz, die von der Höhe der Eingangsspannung abhängt. Bei abnehmendem Laststrom erfolgt der nahtlose Wechsel in die Betriebsart PFM, in der sich die Schaltfrequenz proportional zum Laststrom verändert. Im Ergebnis bietet der TPS62125 eine ausgezeichnete geregelte Ausgangsspannung mit geringer Welligkeit, wodurch Störeinflüsse auf Hochfrequenzschaltungen minimiert werden. Die Betriebsart PFM garantiert auch bei schwachen Lasten einen bestmöglichen Wirkungsgrad. Nach dem Abschalten des Wandlers bei zu niedriger Eingangsspannung geht dieser in einen stromsparenden Tiefschlaf.

Platinenbeschreibung

Eingangsseitig sind handelsübliche Druckknopfanschlüsse und eine 1x3-Stiftleiste (Pin Header) ST1 zum Ein- und Ausschalten mittels einer Steckbrücke (Jumper) vorgesehen, die Ausgangsspannungswahl erfolgt über eine 2x5-Stiftleiste ST3 sowie einen Jumper. Die Ausgangsspannung sowie ein invertiertes Power-Good-Signal (Power Fail) werden über eine 1x3-Stiftleiste ST2 abgegriffen. Die Bau- und Bedienungsanleitung des BAP5 [2] ist außerordentlich detailliert. Um unnötige Wiederholungen zu vermeiden, soll in diesem Beitrag keine grundsätzliche Beschreibung stattfinden. In diesem Praxistest beleuchten wir einige weitere Details.

Die hochminiaturisierte Platine (Abm. B x H x T: 26,5 x 16 x 16 mm, 6,78 cm³) ist weitestgehend vorbestückt, sodass nur das Einlöten der Kontaktdruckknöpfe und der Stiftleisten verbleibt. So kann BAP5 nach wenigen Minuten in Betrieb genommen werden. Das Ergebnis, aufgesteckt auf eine 9-V-Blockbatterie (weitere Bezeichnungen: E-Block, 6LR61 mit 6 runden Stabbatterien vom Typ LR61 und 6F22 mit 6 Flachzel-

len vom Typ F22) zeigt unser **Titelbild**. Als Ausgangsspannung wurde 3,3 V (Jumper in mittlerer Position von ST3) gewählt.

Nach dem Aufstecken auf die Batteriepole und Einschalten über ST1 lässt sich ein schnelles Indiz für die Aktivität der Schaltung erhalten, indem man ein AM-Transistorradio in die Nähe der Platine bringt. Dabei müssen mit abnehmendem Abstand in der Lautstärke zunehmende Störgeräusche aus dem Radiolautsprecher zu vernehmen sein. Der Grund dafür ist das abgestrahlte Oberwellenspektrum des Schaltreglers, das sich bis in den Langwellen- und Mittelwellenbereich erstreckt.

Das Power-Good-Signal des TPS62125 am Pin 8 des Chips wird bei der BAP5 invertiert und an ST2 Pin 3 als Power-Fail-Signal in Höhe der Ausgangsspannung ausgegeben. Schließt man hier über einen Vorwiderstand eine Leuchtdiode an, signalisiert diese den Power-Fail-Zustand.

Die typische Kapazität einer 9-V-Blockbatterie liegt zwischen 600 mAh (Alkali-Mangan) und 1200 mAh (Lithium-Ionen). Das Bild 10 auf Seite 5 der Bau- und Bedienungsanleitung des BAP5 lässt für einen Laststrom von 10 mA einen Wirkungsgrad von 90 % annehmen. Somit kann man je nach Batterietyp eine Betriebsdauer von 50 bis 100 Stunden erwarten.

Einfluss der Eingangsspannung auf die Ausgangsspannung

Interessant ist, den Eingangsspannungsbereich zu kennen, in dem der Schaltregler arbeitet. **Bild 1** vermittelt dies für eine gewählte Ausgangsspannung von 3,3 V bei einem Laststrom von 10 mA. An der roten Kurve sieht man, was passiert, wenn die Eingangsspannung von 0 V ausgehend gesteigert wird. Bei $U_{\text{Ein}} = 4,82 \text{ V}$ beginnt der Wandler zu schwingen und die Ausgangsspannung springt von $U_{\text{Aus}} = 0 \text{ V}$ auf $U_{\text{Aus}} = 3,329 \text{ V}$. Auf diesem Wert verharrt sie bis aufs

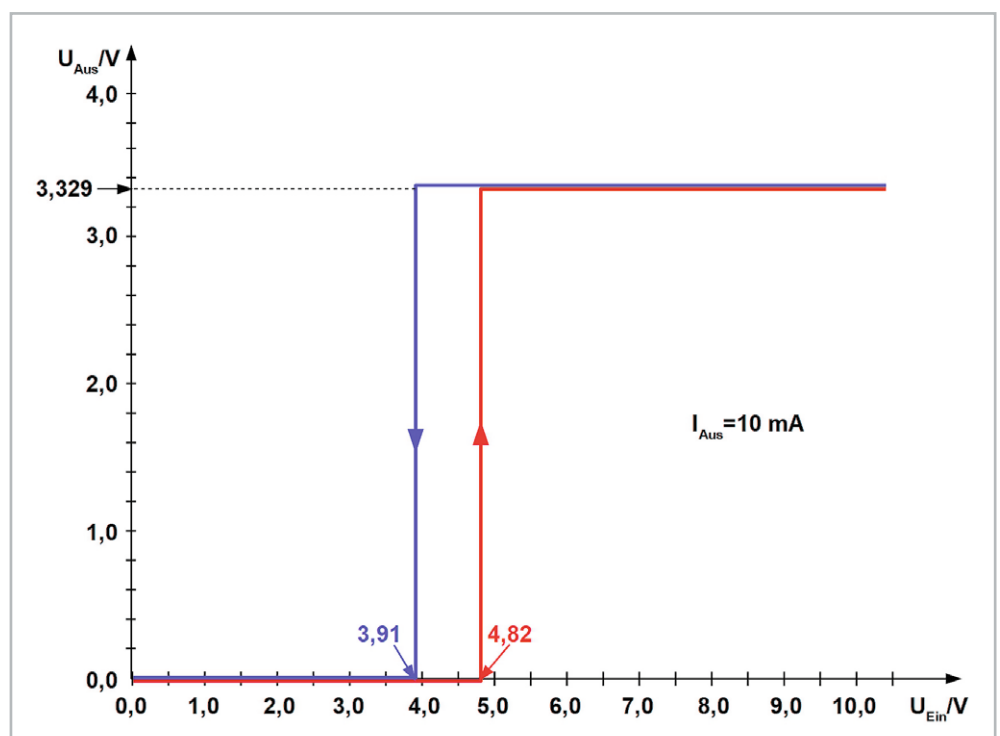


Bild 1: Die Differenz der Eingangsspannungen, bei denen BAP5 ein- oder ausschaltet (Hysterese), sichert einen stabilen Betrieb in diesem Entladebereich der Batterie.

Millivolt genau bis zur maximalen Eingangsspannung von $U_{\text{Ein}} = 13 \text{ V}$. Beim Zurückfahren der Eingangsspannung (blaue Kurve) bis $U_{\text{Ein}} = 3,91 \text{ V}$ bleibt die Ausgangsspannung konstant, um dann schlagartig auf null zurückzugehen. Die Eingangsspannungshysteresis beträgt also $U_{\text{Ein_hyst}} = 4,82 \text{ V} - 3,91 \text{ V} = 910 \text{ mV}$. Man kann daher davon ausgehen, dass die 9-V-Blockbatterie auf knapp 4 V entladen werden muss, bis der Wandler seine Funktion einstellt. Solange wird die Last mit einer hoch konstanten Spannung versorgt.

Einfluss des Lastwiderstands auf die Ausgangsspannung

Diesen Zusammenhang verdeutlicht Bild 2. Dazu wurde der Wandler sukzessive für jeweils 10 s durch die Widerstände 25 Ω , 50 Ω , 100 Ω , 250 Ω und 500 Ω belastet (schwarze Kurve) und sowohl die als Eingangsspannung fungierende Batteriespannung (violette Kurve) und die Ausgangsspannung (grüne Kurve) gemessen. Es ist zu erkennen, dass in der Ausgangsspannung die Lastschwankungen gut ausgeregelt werden, die Batteriespannung hingegen deutlich vom Laststrom beeinflusst wird. Der Grund dafür ist der wachsende Spannungsfall am Innenwiderstand der Batterie bei zunehmender Belastung.

Lastsprünge und Ripple

Durch Welligkeit von Ein- und Ausgangsspannung strahlen die eingangsseitigen Zuleitungen zur Quelle und die ausgangsseitigen zur Last hochfrequente Störstrahlungen ab, die empfindliche elektronische Schaltungen negativ beeinflussen können. Eingangsseitig lässt sich wegen des direkten Aufsteckens der Platine auf die Batterie oder Batteriehalterung die Zuleitungslänge nicht verkürzen. Ausgangsseitig gilt, dass die Verbindung zur Last so kurz wie möglich sein sollte, aber auf keinen Fall länger als 3 m.

Das dynamische Verhalten bei Lastwechseln im 100-ms-Abstand zwischen 1 mA und 200 mA zeigt Bild 3. Der kleine Laststrom von 1 mA hat einen Gleichspannungsmittelwert von 3,315 V zur Folge, der hohe von 200 mA einen nur 25 mV niedrigeren (3,29 V). Bezogen auf 3,3 V Nennspannung ist das ein Einbruch von gerade einmal 0,76 %. An der Amplitude des überlagerten Ripples ändert sich praktisch nichts, sie liegt in beiden Fällen bei etwa 60 mV. Das ist für die allermeisten mit dieser Spannung versorgten Schaltungen völlig ausreichend.

In Anwendungen, wie z. B. Messen und Testen, die sensibel auf ripple-behaftete Versorgungsspannungen reagieren, kann man den Ripple durch ein nachgeschaltetes LC-Filter weiter auf wenige mV reduzieren. Hinweise zu dessen Dimensionierung geben die Artikel „Design a second-stage filter for sensitive applications“ [3], „Second-Stage LC Filter Design“ [4] und „Output Noise Filtering for DC/DC Power Modules“ [5].

An dieser Stelle noch eine allgemeine Anmerkung: Bei SMPS-Topologien, mit Speicherinduktivität(en) im Laststrom- und/oder Eingangsstrompfad, verlassen wegen der Stetigkeit des Spulenstroms weniger geleitete EMI-Störungen den Schaltregler in Richtung Last und/oder Quelle. Dabei werden auch weniger elektromagnetische Emissionen abgestrahlt. Beim Buck-Converter ist dies in Bezug auf den Ausgang gegeben, wodurch Ausgangsripple und das EMI-Verhalten (EMI: Electromagnetic Interference = Störausstrahlung) prinzipbedingt günstig sind.

Schutz vor Überlast und Übertemperatur

Diese Eigenschaft ist in der Praxis beim Experimentieren mit der Schaltung oder einem Defekt des stationär angeschlossenen Verbrauchers sehr nützlich. Besonders im Kurzschlussfall sind keine „tödlichen“ Folgen für BAP5 zu erwarten. Eine derartige Robustheit ist die Voraussetzung für sein langes Leben.

Fazit

BAP5 ist eine nützliche Miniatur-Buck-Converter-Platine, die lastbedingte Schwankungen der Eingangs- und Ausgangsspannung in weiten Grenzen ausregelt und damit die Entladungstiefe einer speisenden Batterie deutlich steigert. Ein hoher Wirkungsgrad, verbunden mit extrem geringer Stromaufnahme im Leerlauf und sehr niedrige Welligkeit der Ausgangsspannung ermöglichen vielseitige Verwendungen. **ELV**

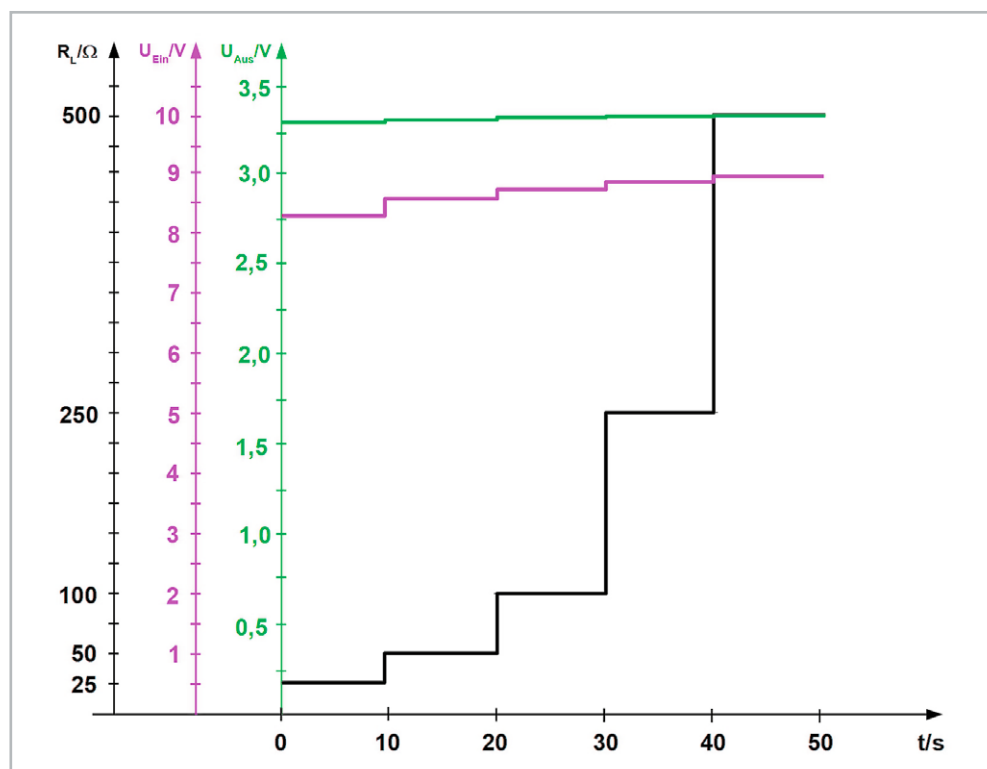


Bild 2: Die Abbildung verdeutlicht den Einfluss des Lastwiderstands auf Ein- und Ausgangsspannung.



Bild 3: Periodische Laststromsprünge im 100-ms-Intervall zwischen 1 mA und 200 mA haben nur einen minimalen Einfluss auf die Ausgangsspannung. Die der Ausgangsspannung überlagerten Störspannungen (Ripple) ändern sich praktisch nicht.



Weitere Infos:

- [1] Technische Dokumentation Texas Instruments TPS62125: <https://www.ti.com/product/TPS62125#tech-docs>
- [2] ELV Bausatz Batterieaufsteckplatine BAP5: Artikel-Nr. 152761
- [3] Design a second-stage filter for sensitive applications:
https://e2e.ti.com/blogs_/b/powerhouse/archive/2018/01/18/design-a-second-stage-filter-for-sensitive-applications
- [4] Second-Stage LC Filter Design: <http://www.ridleyengineering.com/design-center-ridley-engineering/49-circuit-designs/86-052-designing-a-two-stage-output-filter-for-low-output-impedance.html>
- [5] Output Noise Filtering for DC/DC Power Modules: www.ti.com/lit/an/snva871/snva871.pdf

Alle Links finden Sie auch online unter: de.elv.com/elvjournal-links

ELV Newsletter abonnieren und 5,- Euro Bonus* sichern!

- ▶ Neueste Technikrends
- ▶ Sonderangebote
- ▶ Tolle Aktionen und Vorteile
- ▶ Kostenlose Fachbeiträge

und vieles mehr ...

de.elv.com/newsletter
at.elv.com/newsletter · ch.elv.com/newsletter



*Sie erhalten einmalig einen Bonus von 5,- € auf Ihre Bestellung ab einem Warenwert von 25,- €. Der Gutschein gilt nicht in Verbindung mit anderen Aktionen und kann nicht ausbezahlt werden. Fachhändler und Institutionen, die bereits Sonderkonditionen erhalten, sind von diesem Bonus ausgeschlossen. Eine Auszahlung/Verrechnung mit offenen Rechnungen ist nicht möglich.