

NACHHALTIGE
TECHNOLOGIEN

ENERGY HARVESTING

VERSORGUNG EINES FUNKSCHALTERS



Bild: RS Components

at.rs-online.com



Energy Harvesting

Versorgung eines Funkschalters

Als Energy Harvesting wird die Gewinnung kleiner Mengen von elektrischer Energie aus Quellen wie Umgebungslicht, Temperaturgefälle, Vibrationen oder elektromagnetischer Strahlung bezeichnet. Moderne Ultra-Low-Power-Technologie erlaubt es, aus dieser - in homöopathisch bemessenen Dosen zur Verfügung gestellten - Energie, Geräte autark zu betreiben. Alltagsgegenstände dieser Gattung sind Taschenrechner und Uhren, die sich aus einer Solarzelle versorgen. Unglücklicherweise ist das “Energieformat”, das Harvester liefern, in der Regel zum Betrieb von Elektronik wenig brauchbar: Mal ist die Spannung zu niedrig, mal ist sie zu hoch, mal ist es eine wie auch immer geartete Wechselspannung. Dieser Beitrag zeigt, wie eine drahtlose Sensor-Lösung - in diesem Fall ein Schalter mit sehr geringem Stromverbrauch - aus variablen Spannungs- und Stromzuständen mit Energie versorgt werden kann.

Das Ziel ist, ein Licht einzuschalten, ohne dass ein Kabel zwischen Schalter und Leuchte verlegt werden muss. Diese Ein/Aus-Information soll per Funk übertragen werden. Es ist nicht bekannt, welches Bauelement dafür vorgesehen ist. Bekannt ist aber, dass es eine Versorgungsspannung von 1,8V benötigt

Als Energy Harvester kommt der [Schalter AFIG](#) (Bild 1) aus dem Hause ZF zum Einsatz, der in einer Endanwendung seine Funktion per Bluetooth 5 ([RSL10 SIP](#) von onsemi) signalisieren kann.



Bild 1. [Schalter](#)-Harvester von ZF (Bild: RS Components)

Das Harvesting-Prinzip zeigt Bild 2. Bei Betätigung des Schalters wird ein Permanentmagnet bewegt, der eine Feldänderung in den Spulen und damit einen Stromfluss erzeugt. Der elektrische Energieertrag eines Schaltvorgangs beträgt bei einer Last von 100Ω etwa $0,33\text{mWs}$, die Spitzenspannung liegt zwischen 6V und 15V .

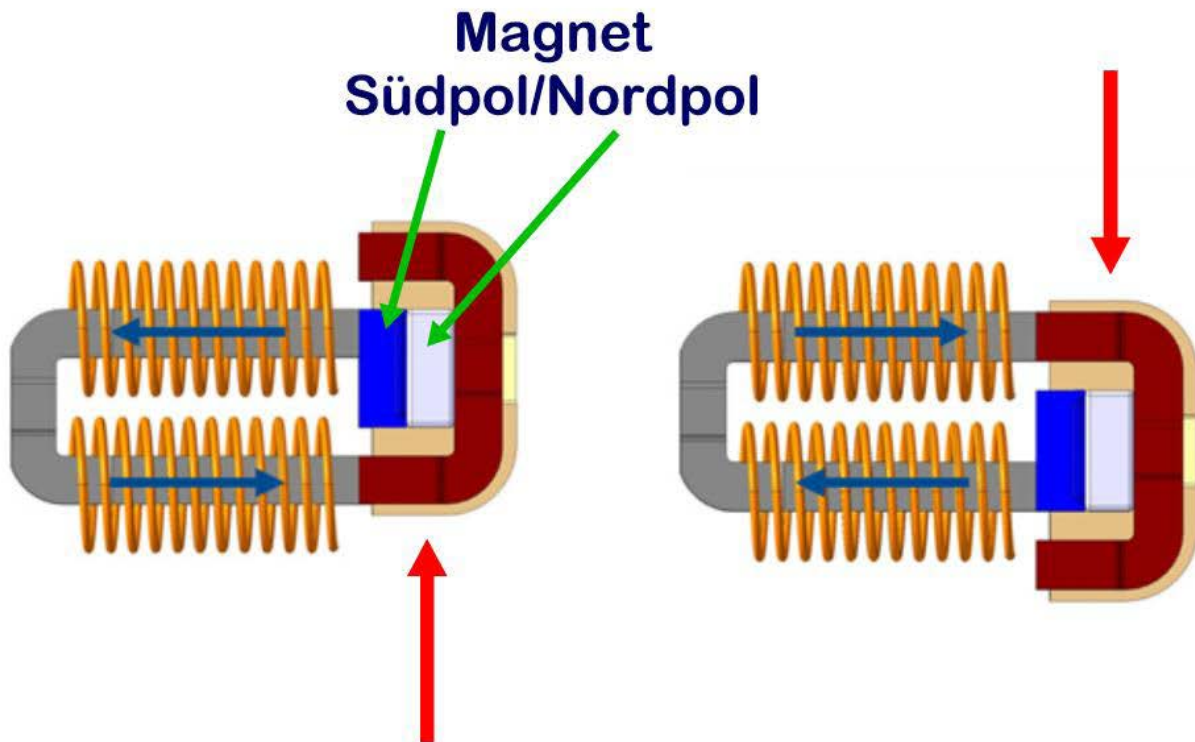


Bild 2. Bei Betätigung des Schalters wird ein Permanentmagnet bewegt, der eine Feldänderung in den Spulen und damit einen Stromfluss erzeugt.

Bild 3 zeigt die Signalformen der Harvester-Ausgangsspannung an den verschiedenen Stufen des Power-Managements. Der Schalter gibt bei einem Schaltvorgang eine Wechselspannung aus. Damit kann eine Steuer- und Sende-Elektronik aber nicht arbeiten. Mit Hilfe einer Diode wird als nächstes eine pulsierende positive Spannung erzeugt. Eine Kapazität glättet diese Wellenform und liefert den Spannungsverlauf c). Diese Spannung ist für den Betrieb eines Sende/Empfangs-Chips immer noch nicht brauchbar.

Drahtlose Sensor-Lösungen mit sehr geringem Stromverbrauch benötigen aufgrund der variablen Spannungs- und Stromzustände eine Energieverwaltung. Dieses Bauteil wandelt die angelieferten unregelmäßigen Spannungen und Ströme in geregelte elektrische Energie um, die gespeichert werden kann. Es kann auch Energie (wie in diesem Beispiel) an die Systemlast mit der richtigen Spannung durchreichen. Typischerweise enthält der Power-Management-Chip Schaltungen zum Schutz sowohl der Last als auch der eventuell vorhandenen Energiespeicher.

In diesem Beispiel kommt als Gleichspannungswandler der [TPS62125](#) zum Einsatz. Es ist ein Abwärtswandler von Texas Instruments, der die beispielhaften $1,8\text{V}$ für den Betrieb des Funkteils erzeugt.

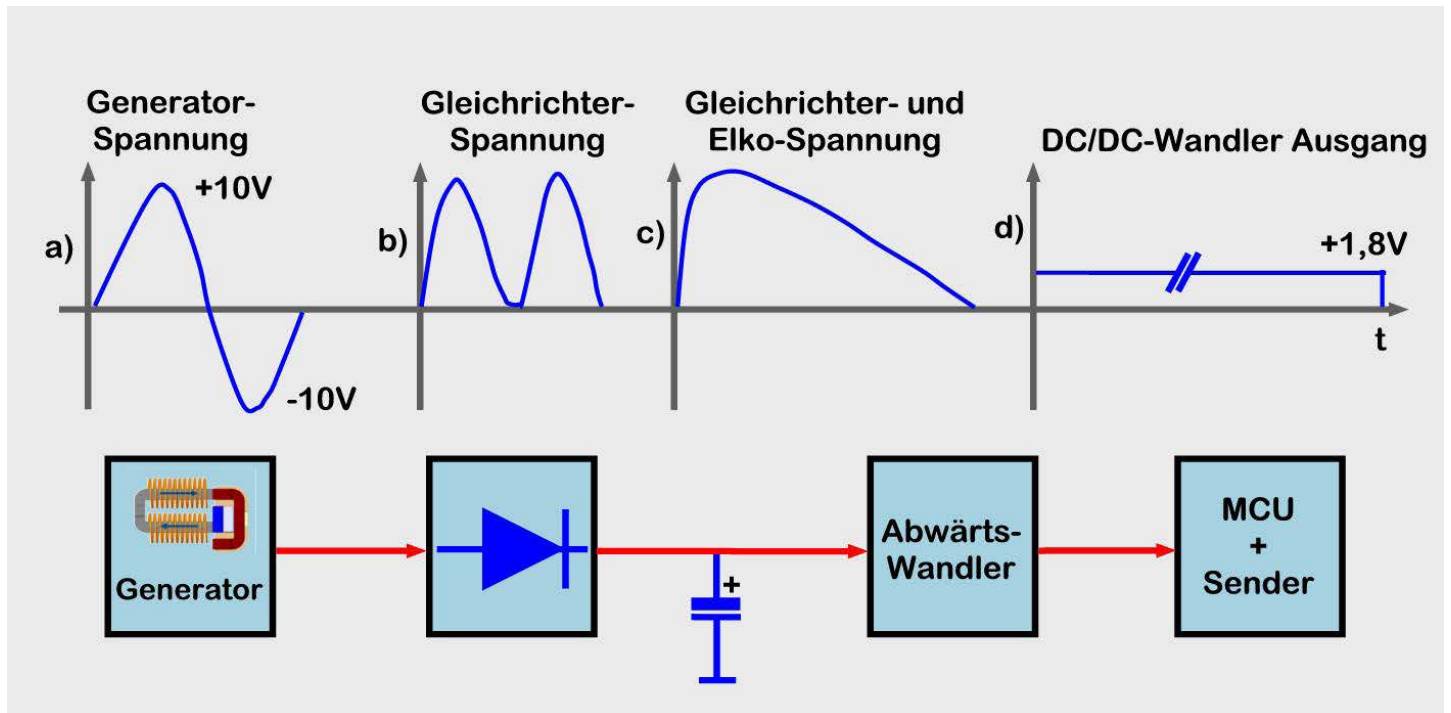


Bild 3. Die Signalformen der Harvester-Ausgangsspannung an den verschiedenen Stufen des Power-Managements.

Das Bauteil hat einen weiten Eingangsspannungsbereich von bis zu 17V und arbeitet mit einem Ruhestrom oder IQ von etwa 11µA. Letztere ist eine wichtige Größe, weil sie den Stromanteil angibt, der für die “Nutzelektronik” nicht zur Verfügung steht.

Ein besonderes Merkmal des 62125 ist eine Eingangsspannungs-Überwachung in Form eines Fensterkomparators, der das Bauteil ein- oder ausschaltet. Dieser sogenannte SVS (Supply Voltage Supervisor) ist in Energy-Harvesting-Anwendungen wichtig, um einen zuverlässigen und sauberen Start der Spannungswandlung zu gewährleisten. Beim TPS 62125 sind die Ein- und Ausschaltspannung des Komparators mit Widerständen einstellbar. Wenn also die Eingangsspannung nach dem Bewegen des Lichtschalters ansteigt, gelangt sie an die Schwelle, an der der DC/DC-Wandler einschaltet und die Ausgangsspannung zu steigen beginnt. Der Wandler stellt eine stabile Ausgangsspannung bereit, solange die Eingangsspannung nicht die untere Schaltschwelle (die Ausschaltschwelle) erreicht hat.

Es wird immer ein gewisser Einschaltstrom gezogen, wenn der Konverter gestartet wird. Und das führt zu einem Einbruch der Eingangsspannung, da zu diesem Zeitpunkt noch nicht die gesamte Energie “geerntet” wurde. Es kann zu Problemen mit dem ordnungsgemäßen Start des Gleichspannungswandlers kommen. Dies wird vermieden, wenn die Kapazität im Versorgungspfad geladen ist.

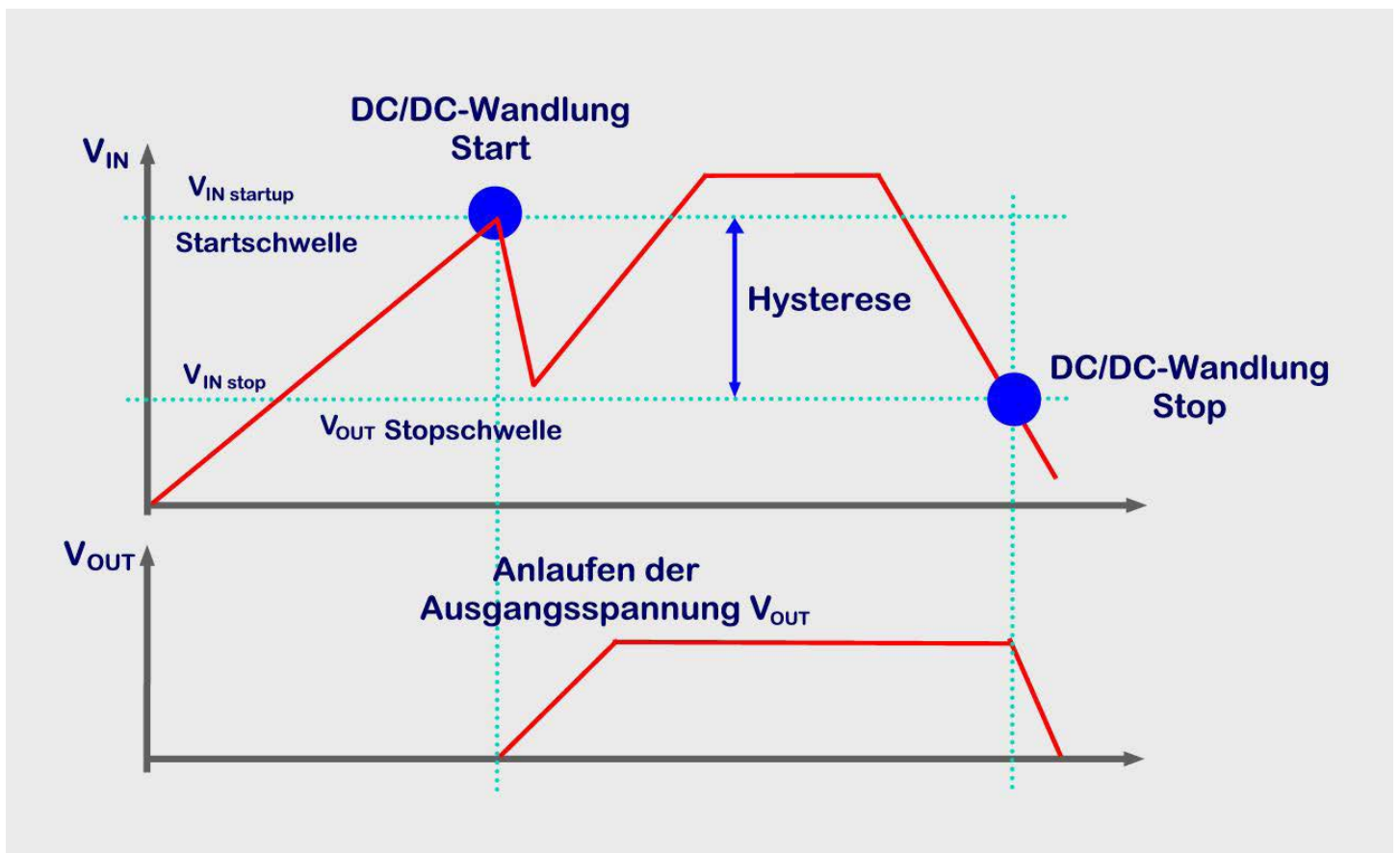


Bild 4. Eingangsspannungs-Überwachung des DC/DC-Wandlers in Form eines Fensterkomparators, der das Bauteil ein- oder ausschaltet.

Den TPS62125 einstellen

Bild 5 zeigt eine typische Applikation des TPS62125. Es ist eine Ausgangsspannung von 3,3V eingestellt und der Fensterkomparator ist nicht konfiguriert. Die Ausgangsspannung wird mit dem Spannungsteiler R1 und R2 programmiert, Tabelle 1 listet die Widerstandswerte für ausgewählte Spannungen auf.

Ausgangsspannung	1,2V	1,8V	3,3V	5V	6,7V	8V
R1 [kΩ]	180	300	1800	1100	1475	1800
R2 [kΩ]	360	240	576	210	200	200

Tabelle 1. Widerstandswerte für ausgewählte Ausgangsspannungen

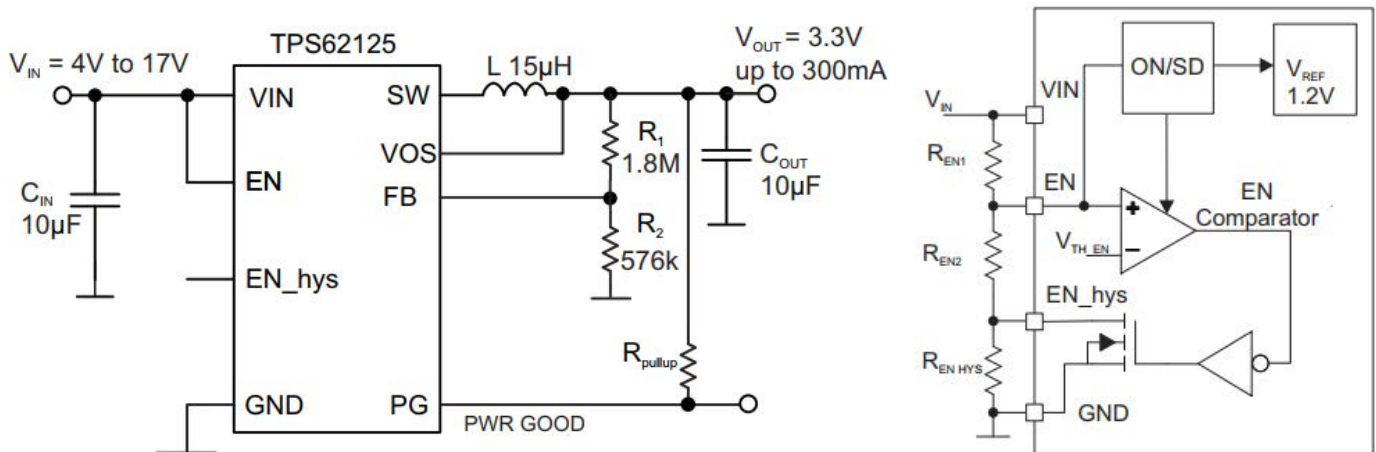


Bild 5. Typische Applikation des TPS62125 (links). Es ist eine Ausgangsspannung von 3,3V eingestellt und der Fensterkomparator ist nicht konfiguriert. Der Fensterkomparator wird mit drei Widerständen eingestellt (rechts). (Bilder: Texas Instruments)

Wer selbst Hand anlegen möchte, hier die Formeln:

$$V_{OUT} = V_{REF FB} \times \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)$$

$$V_{OUT} = 0,8V \times \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)$$

$$R_1 = R_2 \times \left(\frac{V_{OUT}}{0,8V} - 1\right)$$

Der Eingangsspannungspegel $V_{IN_startup}$, bei dem der Wandler anläuft, kann durch die Widerstände R_{EN1} und R_{EN2} festgelegt und berechnet werden durch:

$$V_{IN_startup} = V_{EN_TH\ ON} \times \left(1 + \frac{R_{EN1}}{R_{EN2}}\right) = 1,2V \times \left(1 + \frac{R_{EN1}}{R_{EN2}}\right)$$

Die Widerstandswerte R_{EN1} und R_{EN2} ergeben sich aus:

$$R_{EN1} = R_{EN2} \times \left(\frac{V_{IN_startup}}{V_{EN_TH\ ON}} - 1\right) = R_{EN2} \times \left(1 + \frac{V_{IN_startup}}{1,2V}\right)$$

$$R_{EN2} = \frac{R_{EN1}}{\left(\frac{V_{IN_startup}}{V_{EN_TH\ ON}} - 1\right)} = \frac{R_{EN1}}{\left(\frac{V_{IN_startup}}{1,2V} - 1\right)}$$

Das Ausschalt-Level, ab dem der Wandler seine Arbeit einstellt, wird mit den Widerständen R_{EN1} , R_{EN2} und R_{EN_hys} bestimmt:

$$\begin{aligned} V_{IN_stop} &= V_{EN_TH\ OFF} \times \left(1 + \frac{R_{EN1}}{R_{EN2} + R_{EN_hys}}\right) \\ &= 1,15V \times \left(1 + 1 + \frac{R_{EN1}}{R_{EN2} + R_{EN_hys}}\right) \end{aligned}$$

Wobei $R_{EN\ hys}$ sich wie folgt ergibt:

$$R_{EN\ hys} = \frac{R_{EN1}}{\left(\frac{V_{IN\ stop}}{V_{EN\ TH\ OFF}} - 1\right)} - R_{EN2}$$

$$= \frac{R_{EN1}}{\left(\frac{V_{IN\ stop}}{1,15V} - 1\right)} - R_{EN2}$$

Der Strom durch die Widerstände R_{EN1} , R_{EN2} und $R_{EN\ hys}$ sollte größer als 1µA sein. In Anwendungen, in denen der Wandler über den gesamten Temperaturbereich betrieben wird, können die Widerstandswerte auf kleinere Werte reduziert werden.

Nützliche Dokumente:

Datenblatt: [ZF-Schalter](#)

Datenblatt: [TI TPS62125](#)