





Solarenergie statt Batterie!

Solar-Powermodul SPM1500


Wer kennt es nicht, das lästige Wechseln von Batterien. Mit dem Solar-Powermodul SPM1500 lassen sich batteriebetriebene Sensoren, wie sie bei Wetterstationen oder in der IoT-Welt eingesetzt werden, in energieautarke Geräte verwandeln. Das SPM1500 stellt einen mit drei NiMH-Zellen betriebenen Energiespeicher bereit, der mittels Energy-Harvesting aus einer Solarzelle die NiMH-Zellen wieder mit Energie auflädt. Mit fünf verschiedenen Ausgangsspannungen ist es möglich, quasi jeden batteriebetriebenen Sensor umzurüsten. Damit fällt im Anschluss nicht nur das Wechseln leerer Batterien weg, sondern es werden auch Ressourcen geschont.

Infos zum Bausatz SPM1500

 **Schwierigkeitsgrad:**
leicht

 **Bau-/Inbetriebnahmezeit:**
ca. 0,75 h

 **Besondere Werkzeuge:**
keine

 **Lötverfahren:**
nein

 **Programmierkenntnisse:**
nein

 **Elektrofachkraft:**
nein

Upgrade für Sensoren

Das Solar-Powermodul SPM1500 ist ein mit drei NiMH-Zellen betriebener Energiespeicher, der mittels eines intelligenten [Energy-Harvesting-ICs](#) (AEM10941) und einer Solarzelle die NiMH-Zellen mit Energie aufladen und überwachen kann. Mit dem vorhandenen programmierbaren Schaltregler stehen fünf verschiedene Ausgangsspannungen im Bereich von 1,8 V bis 5,0 Volt zur Nutzung bereit. Das SPM1500 kann bei allen Ausgangsspannungen einen Strom von bis zu 300 mA bereitstellen und verfügt über eine automatische Kurzschluss- bzw. Überstromerkennung. Im Ruhezustand hat das SPM1500 einen Eigenverbrauch von weniger als 5 μ A.

Mit dem SPM1500 können batteriebetriebene Geräte wie Wetterstationen oder IoT-Sensoren schnell und einfach so umgebaut werden, dass sie energieautark mit Sonnenenergie betrieben werden können. Dadurch kann zudem auf den Gebrauch von Batterien, die nach dem Verbrauch entsorgt werden müssen, verzichtet werden. Das schont die Umwelt und der lästige Batteriewechsel entfällt. Das Gerät wird komplett über zwei Tasten bedient und zeigt die eingestellte Ausgangsspannung über LEDs an. Mit einem passend verfügbaren Gehäuse ist das SPM1500 zudem auch ohne Probleme im Außenbereich nutzbar.

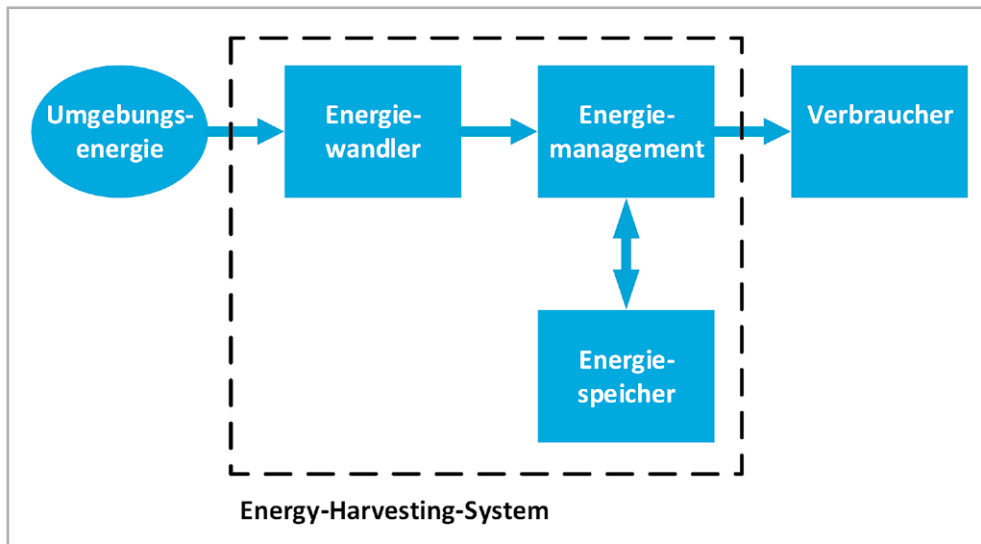


Bild 1: Energy-Harvesting von der Umgebungsenergie bis zum Verbraucher

Was ist eigentlich Energy-Harvesting?

Energy-Harvesting beschreibt allgemein das Sammeln von Energie aus der Umwelt und deren Umwandlung in elektrische Energie. Dieses Verfahren wird bereits seit vielen Jahren praktiziert – so werden z. B. Windkraftanlagen, Photovoltaikanlagen oder Wasserkraftwerke für die Erzeugung elektrischer Energie eingesetzt. Der Fokus liegt hier aber auf einem maximalen Ertrag, sodass die Anlagen dementsprechend dimensioniert sind.

Beim Energy-Harvesting für Sensoren, die per stromsparender Funktechnologie wie Homematic IP, LoRaWAN® oder Ähnliches arbeiten und Daten senden und empfangen, kommt es nicht auf das bloße Wandeln großer Energiemengen an. Hier steht das Interesse im Vordergrund, eine bestimmte Anwendung energieautark betreiben zu können. Diese Technik wird bereits erfolgreich in unserem LoRaWAN® Wetterboard [ELV-EM-WB-B](#) genutzt, das sogar mehrere Sensoren aus dem ELV-Modulsystem gleichzeitig versorgen kann.

Bei geeigneter Kombination von Umgebungsenergie, Energiespeicher und angeschlossenem Gerät kann so unter Umständen der bisherige Betrieb mit Primärbatterien durch Energy-Harvesting vollständig ersetzt werden.

Das Blockschaltbild (Bild 1) zeigt die Funktionseinheiten eines Energy-Harvesting-Systems mit Energiequelle und Verbraucher.

Weitergehende Informationen zu den Grundlagen des Energy-Harvesting, von Energiewandlern und nützliche Informationen zur Solarzellentechnik finden Sie in unserem [Fachbeitrag zum Bausatz Universelles Energy Harvesting Modul UEH80](#) aus dem ELVjournal Ausgabe 2/2021.

Schaltungsbeschreibung

Die Schaltung des SPM1500 besteht aus insgesamt zwei Platinen, einer Akkuplatine und einer Controllerplatine. Die Schaltbilder der beiden Platinen sind in Bild 2 und Bild 3 dargestellt.

Auf der Akkuplatine werden die drei NiMH-Akkus als Energiespeicher in die vorhandenen Halterungen BT1 bis BT3 eingelegt. Für einen sicheren Betrieb, auch unter Outdoorbedingungen, empfehlen wir den Einsatz der bewährten [eneloop-Akkus](#).

Zum Schutz der Zellen gegen einen Kurzschluss befindet sich hier auch der PTC-Widerstand RT1, der als reversible Sicherung dient. Zum Verbinden der Akkuplatine mit der Controllerplatine wird ein FPC-Kabel verwendet. Hierzu befindet sich auf beiden Platinen jeweils ein FFC-/FPC-Verbinder, in den das FPC-Kabel eingesteckt wird.

Auf der Controllerplatine befinden sich die weiteren Komponenten, wie der Mikrocontroller, die Bedienelemente, das Power-Management-IC für das Energy-Harvesting, der Schaltregler und weitere Peripheriekomponenten, auf die wir nun im Weiteren detailliert eingehen.

Mikrocontroller

Für das SPM1500 wird als Mikrocontroller (U1) ein [EFM32PG22](#) der Firma Silicon Labs genutzt. Dieser Controller verfügt über einen 256-kB-Flash-Speicher, einen 32 kB großen RAM-Speicher und kann mit einer Taktfrequenz von bis zu 76,8 MHz betrieben werden. Auch wenn die technischen Daten beeindruckend mögen, sind sie nicht der Hauptgrund zum Einsatz des Controllers. Vielmehr ist es das sehr energiesparende Verhalten, wenn der Controller sich im Sleep-Mode, dem sogenannten EM4-Mode, befindet. In diesem Modus liegt der Stromverbrauch bei unter 1 µA und sorgt dafür, dass nur sehr wenig Energie aus dem Energiespeicher verbraucht wird.

An den Pins PC01 bis PC06 des Mikrocontrollers U1 sind die sechs LEDs DS1 bis DS6 mit den dazugehörigen Vorwiderständen angeschlossen. Diese LEDs werden für die Einstellung und Bedienung be-

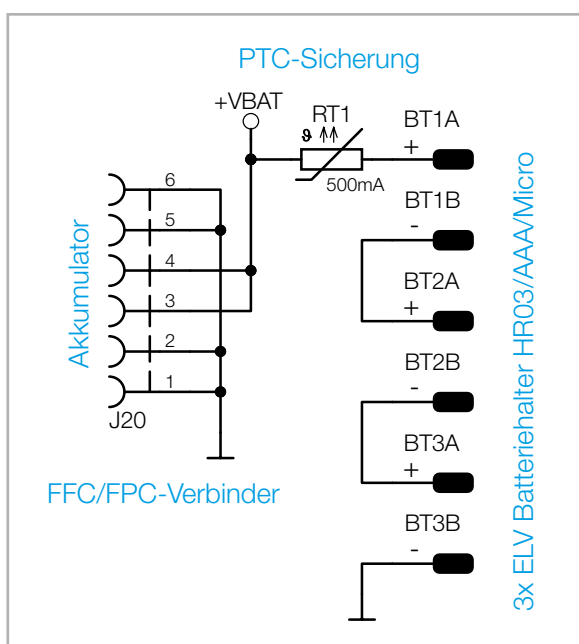


Bild 2: Das Schaltbild der Akkuplatine

nötigt, da hiermit zum einen die aktuell ausgegebene Ausgangsspannung angezeigt wird, zum anderen aber auch eine Fehleranzeige realisiert wird, wenn am Spannungsausgang DC-OUT ein Kurzschluss auftritt.

Für die Bedienung selbst, auf die wir später noch eingehen werden, sind die beiden Taster S1(Set) und S2(Select) an die Portpins PB01 und PB03 angeschlossen. Diese beiden Portpins sind insofern besonders, als dass sie den Mikrocontroller auch aus dem EM4-Mode aufwecken können.

Damit am Schaltregler U3 die gewählte Ausgangsspannung eingestellt werden kann, kommuniziert der Mikrocontroller per I²C-Schnittstelle mit dem Schaltregler. Dazu werden die beiden I²C-Leitungen SDA und SCL genutzt, an denen auch die zwei Pull-up-Widerstände R1 und R2 angeschlossen sind.

Über den Pin PA00 (OUTPUT-EN) kann der Mikrocontroller den NPN-Transistor Q5 schalten, der wie-

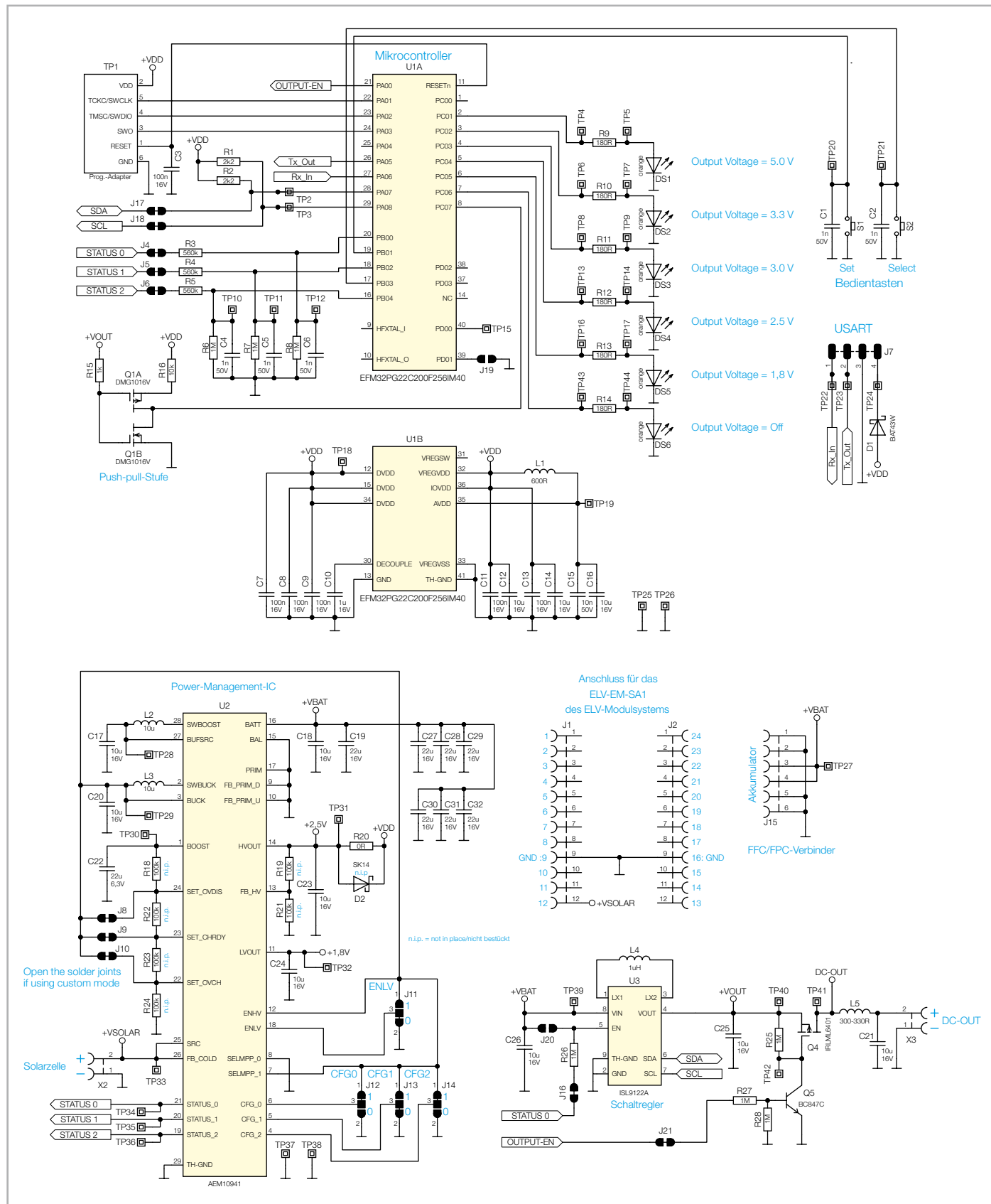


Bild 3: Das Schaltbild der Controllerplatine

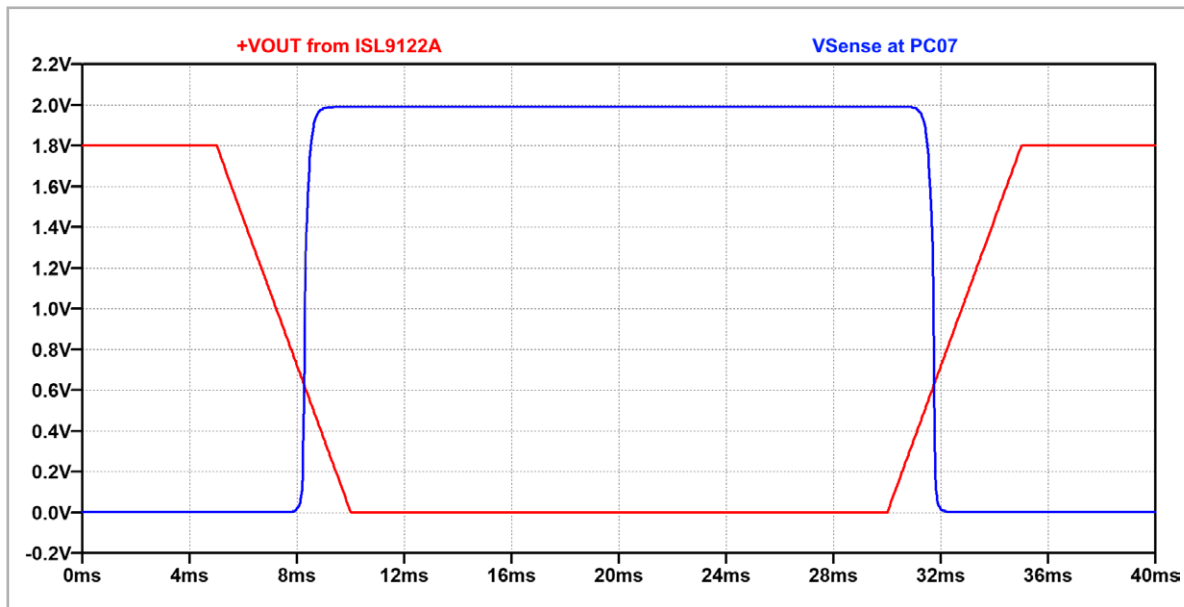


Bild 4: Signalverlauf der Spannung VSENSE am Pin PC07 in Abhängigkeit der Ausgangsspannung +VOUT

derum den MOSFET Q4 und damit die Freigabe der erzeugten Ausgangsspannung am Schaltregler U3 bestimmt.

Ein weiterer dieser speziellen Portpins, hier Pin PC07, wird auch zur Erkennung eines Kurzschlusses verwendet. Die Erkennung erfolgt mittels einer diskret aufgebauten Push-Pull-Stufe, die aus den MOSFET-Transistoren Q1A und Q1B und den Widerständen R15 und R16 besteht. Bei den MOSFET-Transistoren handelt es sich um je einen N-Kanal- und einen P-Kanal-MOSFET, deren Gate-Anschlüsse zusammen an dem Widerstand R15 und dann an die Ausgangsspannung +VOUT des Schaltreglers U3 angeschlossen sind. Ebenfalls sind die beiden Drain-Anschlüsse der MOSFETs verbunden und liegen gemeinsam auf dem speziellen Portpin PC07.

Abhängig von der anliegenden Ausgangsspannung +VOUT schaltet einer der beiden MOSFETs durch, während der andere sperrt. Der Umschalt- punkt liegt bei zirka 0,66 Volt, siehe dazu auch Bild 4.

Da die aktive Ausgangsspannung mindestens 1,8 Volt beträgt, liegt am Pin PC07 normalerweise eine Spannung von 0 Volt an. Erst wenn durch einen Kurzschluss die Spannung zusammenbricht und den Umschalt- punkt unterschreitet, wechselt der Spannungspegel auf zirka 2 Volt. Diese steigende Spannungsflanke wird zur Erkennung eines Kurzschlusses genutzt und lässt den Mikrocontroller aufwecken. Per I²C liest dieser nun den Fehler aus dem Schaltregler aus und sperrt über den Pin PA00 (OUTPUT-EN) die Freigabe der Ausgangsspannung an der Schraubklemme X3 (DC-OUT).

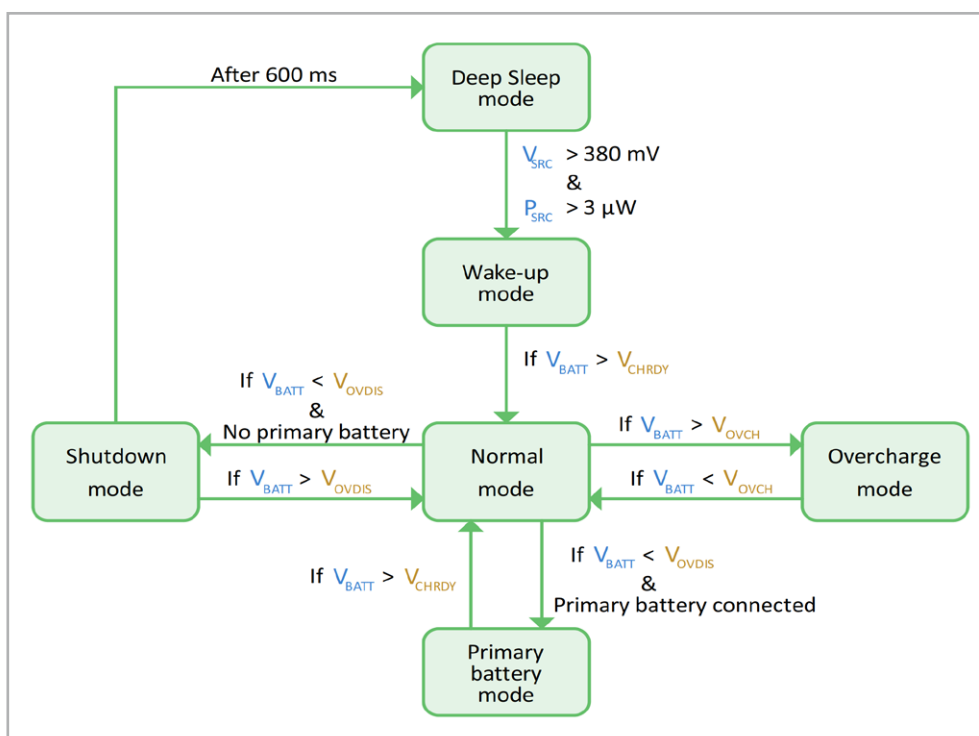


Bild 5: Operating Modes

Die Versorgung des Mikrocontrollers +VDD wird mit den aus dem Power-Management-IC U2 erzeugten 2,5 Volt, die am Pin 14 (HVOUT) von U2 bereitgestellt werden, realisiert. Mit den Kondensatoren C7–C16 und der Spule L1 wird für eine Spannungsstabilisierung und Filterung gesorgt.

An den Pins PB00, PB02 und PB04 sind jeweils über die Spannungsteiler, bestehend aus den Widerständen R3 bis R8 und den Kondensatoren C4 bis C6, die drei STATUS-Pins des Power-Management-ICs angeschlossen.

Power-Management-IC AEM10941

Das eigentliche Herzstück des SPM1500 ist der [AEM10941](#) (U2). Dieses Power-Management-IC (PMIC) von e-peas Semiconductors zeichnet sich durch einen weiten Eingangsspannungsbereich von 50 mV bis 5 V (110 mA max.), eine exzellente Kaltstart-Charakteristik mit einer minimal erforderlichen Kaltstart-Spannung von 380 mV bei einer gleichzeitigen minimalen Leistung von 3 μ W aus.

Die Spule L2 wird für den internen Step-up-Wandler und die Spule L3 für den internen Step-down-Wandler des AEM10941 benötigt. Der Kondensator C17 dient als Energiespeicher am Eingang des Step-up-Wandlers, C20 dient als Energiespeicher für den Step-down-Wandler und C22 als Pufferspeicher für den Step-up-Wandler. Diese Kondensatoren reduzieren zudem die Rippelspannungen, die in den Schaltmomenten der Regler entstehen. Die Kondensatoren C23 und C24 gewährleisten eine effiziente Lastregelung für die Low-Drop-Out-Spannungsregler (LDO), mit denen die beiden stabilisierten Ausgangsspannungen LVOUT und HVOUT bereitgestellt werden. In dieser Schaltung ist aktuell nur die Spannung HVOUT aktiv, die zur Versorgung des Mikrocontrollers dient, die Spannung LVOUT ist über den Jumper J11 (ENLV) deaktiviert.

Über die Pins 19 bis 21 des PMIC werden drei verschiedene Statusmeldungen durch den vorhandenen Spannungspegel (0 V oder +VBAT) beschrieben. Mit einem Spannungspegel von +VBAT gibt der STATUS 0 an, dass die internen LDOs für LVOUT und HVOUT bereit sind, ihre Spannung auszugeben. STATUS 1 signalisiert mit einem Pegel von +VBAT, dass der PMIC in zirka 600 ms in den „Shutdown mode“ geht. Über den STATUS 2 wird signalisiert, ob gerade eine interne Berechnung für den maximalen Leistungspunkt ([Maximum Power Point – MPP](#)) stattfindet, auf die wir hier aber nicht näher eingehen. Die drei STATUS-Pins sind, wie bereits zuvor erwähnt, mit dem Mikrocontroller U1 verbunden, der STATUS-0-Pin ist zusätzlich über den Widerstand R26 auch mit dem Schaltregler U3 kontaktiert.

Der PMIC arbeitet komplett eigenständig und sorgt dafür, dass der angeschlossene Energiespeicher wieder mit Energie geladen wird und wenn genügend Energie vorhanden ist, über die LDOs eine nutzbare Spannung ausgegeben wird. Dafür arbeitet der PMIC in verschiedenen Betriebsarten (Operating Modes), siehe [Bild 5](#).

Zunächst befindet sich der PMIC im „Deep Sleep mode“. Sobald der PMIC über die angeschlossene Solarzelle eine Spannung V_{SRC} von mindestens 380 mV und eine eingehende Energie P_{SRC} von mindestens 3 μ W registriert, wechselt dieser in den „Wake-up mode“.

In diesem Modus wird nun geprüft, ob die Spannung am Energiespeicher V_{BATT} die Spannung V_{CHRDY} erreicht hat. Wenn dies nicht der Fall ist, lädt der PMIC den Energiespeicher zunächst weiter auf. Wenn die Spannung V_{CHRDY} jedoch erreicht wurde, wechselt der PMIC in den „Normal mode“, was dazu führt, dass ab jetzt auch die LDOs freigeschaltet werden und ihre Spannung an den Anschlüssen LVOUT und HVOUT erzeugen. Zu diesem Zeitpunkt gibt es noch zwei weitere Möglichkeiten, wie der PMIC in der Schaltung arbeitet. Die Spannung am Energiespeicher V_{BATT} wird weiter aufgeladen, bis diese die maximale Ladespannung V_{OVCH} (Overcharge mode) erreicht hat, anschließend wird das Laden des Energiespeichers unterbrochen, bis die Spannung V_{OVCH} wieder unterschritten ist. Der PMIC wechselt wieder in den

„Normal mode“ und lädt den Energiespeicher – wenn möglich – wieder auf. Die zweite Möglichkeit ist, dass aus dem Energiespeicher immer weiter Energie entnommen wird, bis seine Spannung V_{BATT} unter die Entladeschlussspannung V_{OVDIS} sinkt.

Da in dieser Schaltung keine zusätzliche Primärbatterie eingesetzt wird, wechselt der PMIC nun in den „Shutdown mode“ und nach weiteren ca. 600 ms in den „Deep Sleep mode“.

Wichtig:

Aus dem Arbeitskontext des PMICs ist eine Sache besonders hervorzuheben. Damit die Schaltung für den ersten Betrieb über den PMIC mit Energie versorgt wird, müssen zwei Anfangsbedingungen vorhanden sein:

1. Der Energiespeicher muss mindestens Spannung V_{CHRDY} erreicht haben, also in der vorgegebenen Konfiguration mindestens 3,67 Volt.
2. Es muss über die Solarzelle mindestens einmal eine Spannung V_{SRC} von mindestens 380 mV und eine eingehende Energie P_{SRC} von mindestens 3 μ W anliegen.

Wenn diese Anfangsbedingungen nicht vorhanden sind, startet die Schaltung nicht.

Durch die Konfigurationsspins CFG0 bis CFG2 (J12 bis J14) und die optionalen Widerstände R18, R19 und R21 bis R24 kann die gewünschte Ausgangsspannung an den LDOs für HVOUT und LVOUT geändert und die Charakteristik des Energiespeichers konfiguriert werden. Wir empfehlen aber, die hier vorgenommene Einstellung zu nutzen. Nähere Informationen zu den Konfigurationsoptionen finden Sie in unserem [Fachbeitrag zu dem Bausatz Universelles Energy Harvesting Modul UEH80](#).

Der Energiespeicher sollte so gewählt werden, dass seine Spannung auch bei gelegentlichen Spitzen des Laststroms nicht unter die Entladespannung V_{OVDIS} fällt. Da bei kalten Temperaturen der Innenwiderstand von NiMH-Akkus ansteigt, wurden dem Energiespeicher die parallel geschalteten Kondensatoren C18, C19 und C27 bis C32 als zusätzlicher Energiepuffer bereitgestellt. So können Stromspitzen zunächst schnell aus diesen Zusatzpuffer bedient werden. Diese Kondensatoren haben einen weiteren Zweck. Pin 16 (BATT) von U2, an dem das Speicherelement angeschlossen ist, darf niemals potentialfrei bleiben. Wenn die Controllerplatine von der Akkuplatine getrennt wird, z. B. aufgrund eines vom Benutzer vorgenommenen Umbaus oder Akkuwechsels, sollte an diesem Pin eine Kondensatorkapazität von mindestens 150 μ F vorhanden sein.

Dabei sollte beachtet werden, dass der entstehende Leckstrom durch die verbauten Kondensatoren möglichst klein sein sollte, da Leckströme sich direkt auf den benötigten Ruhestrom auswirken. Aus diesem Grund wurden hier gezielt Kondensatoren verwendet, die bauartbedingt bereits extrem geringe Leckströme aufweisen. Zwar könnte man nun meinen, dass mehrere parallele Kondensatoren mehr Leckströme verursachen als ein großer Kon-

densator, aber auch dieser Umstand wurde im Vorfeld betrachtet. Entsprechend große einzelne Elektrolyt-, Tantal- oder Keramik Kondensatoren wiesen einen höheren Leckstrom auf als die Summe der hier verwendeten Kondensatoren. Zugleich wurde mit der Parallelschaltung auch noch der effektive Serienwiderstand der Kondensatorschaltung deutlich verringert, wodurch die Spitzenströme besser bedient werden können.

Anschlüsse für die Solarzelle

Das SPM1500 nutzt Solarzellen zum Sammeln der Umgebungsenergie, für deren Anschluss es zwei Varianten gibt. So kann eine Solarzelle über zwei Leitungen an den Schraubanschluss X2 angeschlossen werden, dabei sind aber die Kenndaten der Solarzelle zu beachten (siehe Kasten „Hinweis Solarzelle“).

Hinweis Solarzelle

Beim Einsatz einer anderen Solarzelle muss darauf geachtet werden, dass die Kenndaten der Solarzelle passend zu den maximalen Leistungsdaten des Power-Management-IC AEM10941 sind.

Folgende Daten müssen eingehalten werden:

- Leerlaufspannung: max. 5 V
- Kurzschlussstrom: max. 110 mA

Eine passende Solarzelle stellt z. B. die SOL-Expert Solarzelle SM480 dar, die im [ELVshop](#) erhältlich ist.

Alternativ kann auch das ELV Erweiterungsmodul Solar-Adapter 1 [ELV-EM-SA1](#) in die mittig auf der Oberseite der Controllerplatine vorgesehenen Buchsenleisten J1 und J2 eingesteckt werden.

Das ELV-EM-SA1 ist von seinen Kenndaten bereits passend für den Einsatz mit dem Power-Management-IC AEM10941 abgestimmt.

Der ISL9122A Buck-Boost-Converter

Kommen wir nun zum eingesetzten Schaltregler U3, den wir bereits im Abschnitt zum Mikrocontroller angesprochen haben. In dieser Schaltung kommt ein hochmoderner [Buck-Boost-Converter](#) der neuesten Generation mit sogenannter „4-switch“-Technologie zum Einsatz. Dieser Wandler kann Eingangsspannungen verarbeiten, die höher oder niedriger als die Ausgangsspannung sind. Der Wandler schaltet je nach Eingangsspannung automatisch zwischen den Betriebsmodi Step-up und Step-down um ([Bild 6](#)). Dies ist notwendig, da die Eingangsspannung +VBAT, also die Spannung der drei NiMH-Zellen, zwischen 3,01 Volt und 4,12 Volt und die Ausgangsspannung, eingestellt über die vorhandene I²C-Schnittstelle, in einem Bereich zwischen 1,8 Volt und 5,0 Volt liegen kann.

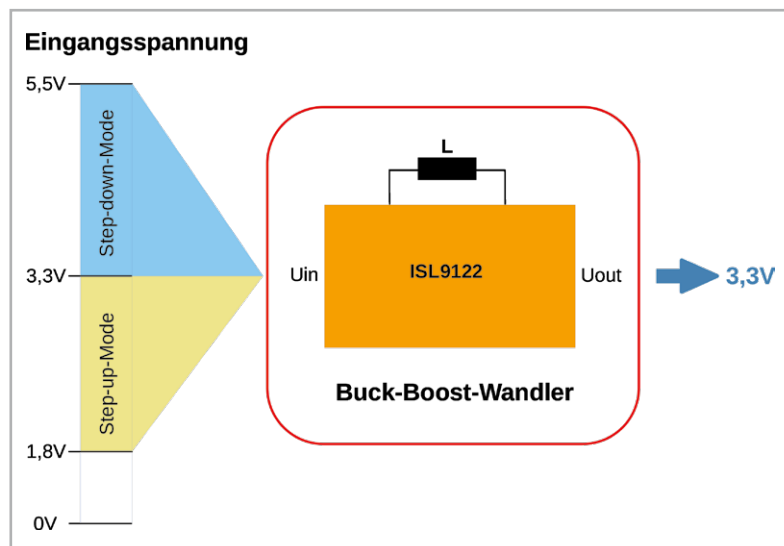


Bild 6: Funktionsweise des Buck-Boost-Wandlers

Diese Technologie gibt es bei anderen Spannungswandlern wie z. B. den [SEPIC-Typen](#) schon relativ lange, jedoch hat sich die Technik im Laufe der Zeit stark weiterentwickelt. In den ersten Wandlern dieses Typs wurde, wie in unserem Fall, keine einzelne Spule, sondern es wurden Transformatoren eingesetzt. Zudem musste die Energie vom Eingang zum Ausgang einen recht großen Koppelkondensator passieren.

In unserem Wandler U3 vom Typ ISL9122A des Herstellers Renesas/Intersil (siehe [Bild 7](#)) sind bis auf die externe Speicherspule alle Leistungskomponenten im Chip integriert. Sonst übliche Leistungsdioden sind durch interne MOSFET-Transistoren ersetzt worden. Dank dieser Maßnahmen wird die Verlustleistung stark minimiert, wodurch auch die Wärmeentwicklung reduziert wird.

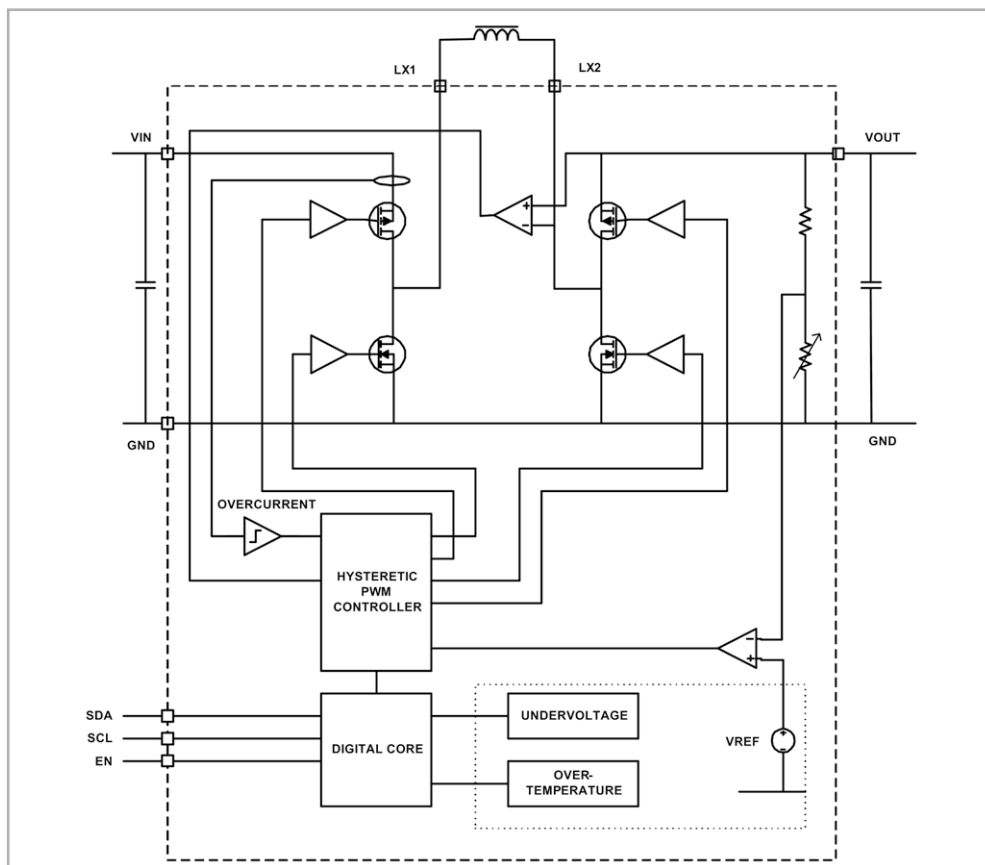
Die vier internen MOSFET-ICs dienen als Schalter und sorgen dafür, dass Energie in der Spule gespeichert und anschließend wieder an den Verbraucher abgegeben wird.

An Pin 5 (EN) des Schaltreglers U3 befindet sich der Widerstand R26, der mit Pin 21 (STATUS 0) des Power-Management-ICs verbunden ist. Wie zuvor erwähnt, wechselt dieser STATUS-0-Pin seinen Spannungspegel von 0 Volt auf die Spannung +VBAT, sobald alle Bedingungen erfüllt sind und die LDOs des Power-Management-ICs ihre Spannung ausgeben können. Durch das Anliegen des Spannungspegels +VBAT an Pin 5 (EN) des Schaltreglers U3 wird dieser automatisch aus dem Stand-by-Modus geholt und beginnt zu arbeiten. Zeitgleich wird auch der Mikrocontroller U1 mit Energie versorgt und nimmt somit seinen normalen Betrieb auf.

Der ISL9122A kommuniziert über seine I²C-Schnittstelle (SDA und SCL) mit dem Mikrocontroller U1, der damit die Ausgangsspannung des Schaltreglers einstellt. Ohne diese Kommunikation mit dem Mikrocontroller würde der Schaltregler zwar auch normal mit seiner Arbeit beginnen, aber die hier verwendete Variante des Schaltreglers ist so eingestellt, dass zunächst immer eine feste Ausgangsspannung von 3,3 Volt ausgegeben wird. Damit diese zunächst erzeugten 3,3 Volt nicht auf eine am Schraubanschluss X3 angeschlossene Hardware gelangt, die mit dieser Spannung nicht betrieben werden darf, wurde am Ausgang des Schaltreglers auch noch der MOSFET Q4 platziert. Dieser MOSFET wird über den NPN-Transistor Q5 und somit wieder über den Mikrocontroller U1 angesteuert. Damit kann der Mikrocontroller zunächst die gewünschte Ausgangsspannung einstellen und anschließend die Ausgangsspannung freigeben. Durch den Pull-down-Widerstand R28 an der Basis von Q5 wird gewährleistet, dass der NPN-Transistor während der Startphase des Mikrocontrollers gesperrt bleibt und somit auch der MOSFET Q4 die Freigabe der Ausgangsspannung verweigert.

Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Schaltphasen würde den Rahmen dieses Artikels sprengen. Weitere Informationen zum ISL9122A und auch zur I²C-Schnittstelle des ISL9122A finden sich im [Datenblatt](#).

Bild 7: Blockschaltbild des ISL9122



Nachbau

Da bereits alle Bauteile montiert und verlötet sind, bestehen hier keine weiteren Aufgaben für den Anwender. Je nach Anwendung kann der SPM1500 auch in einem wetterfesten Gehäuse mit transparentem Deckel eingesetzt werden, sodass ggf. noch der Einbau in ein passendes

Elektronikgehäuse berücksichtigt werden muss. Hierauf gehen wir im nächsten Abschnitt ein.

Bild 8 zeigt die Platinen und die dazugehörigen Bestückungsdrucke der SPM1500-Controllerplatine.

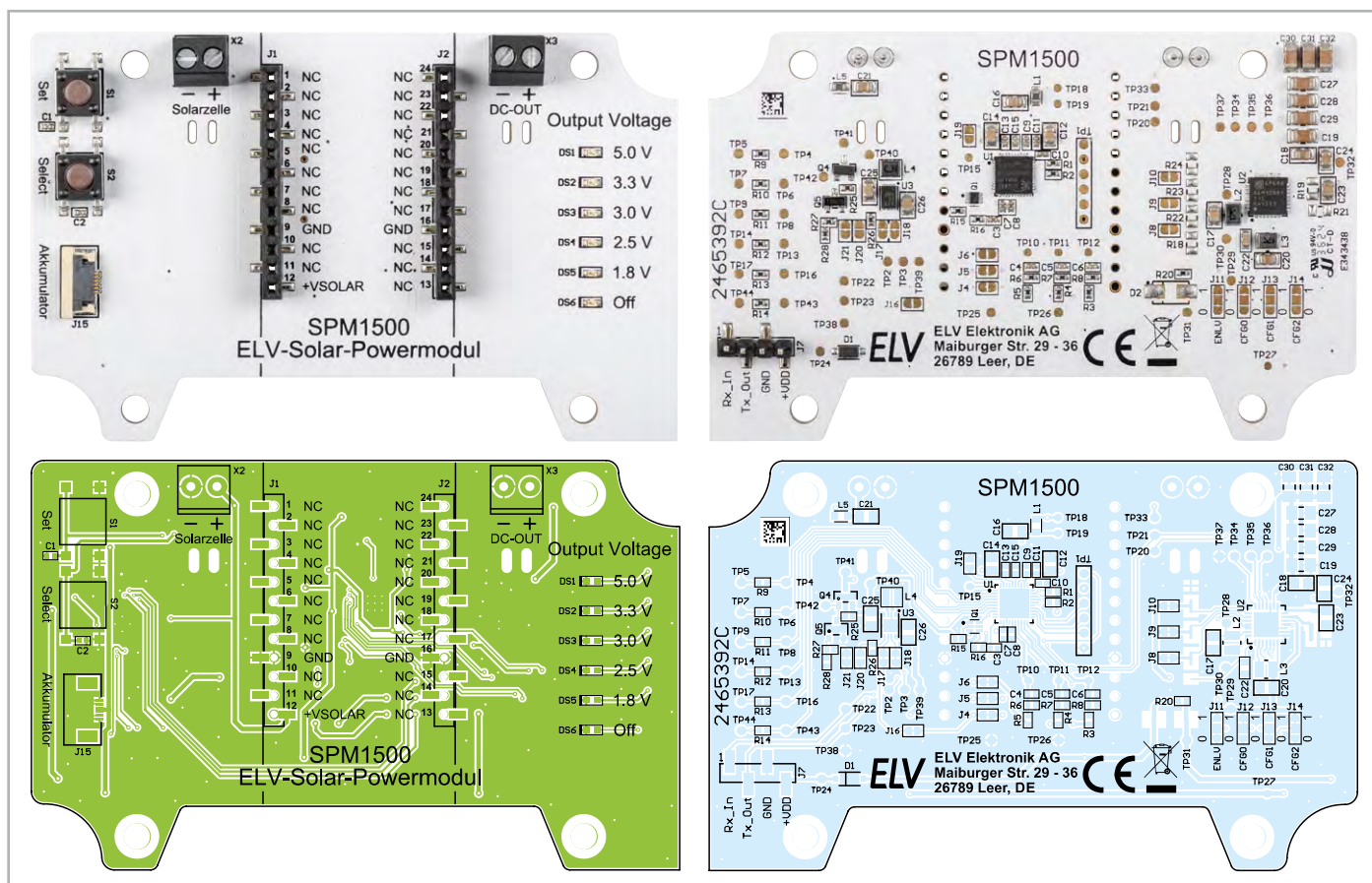


Bild 8: Platinenfotos und zugehörige Bestückungsdrucke der SPM1500-Controllerplatine (links Oberseite, rechts Lötseite)

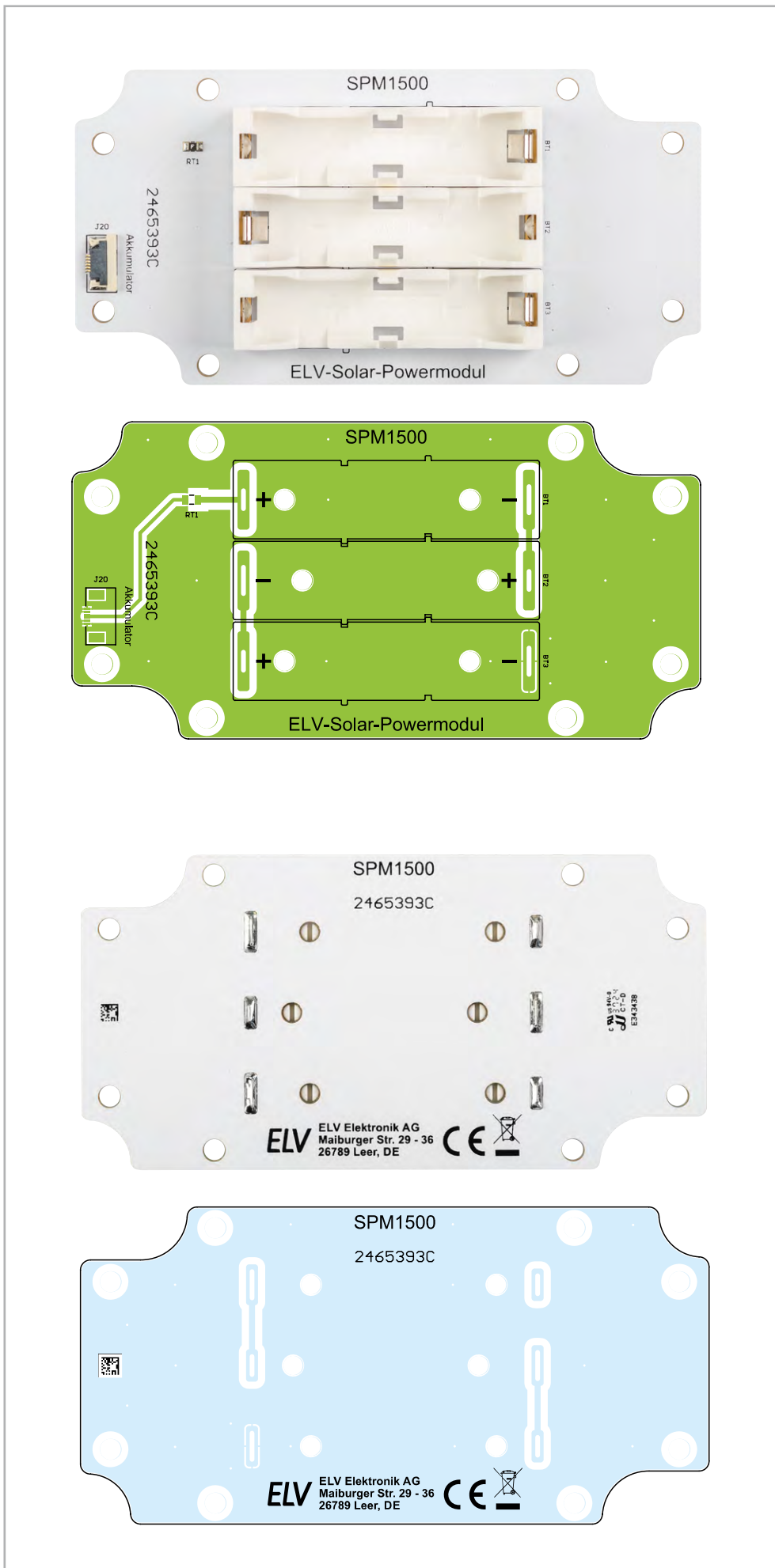
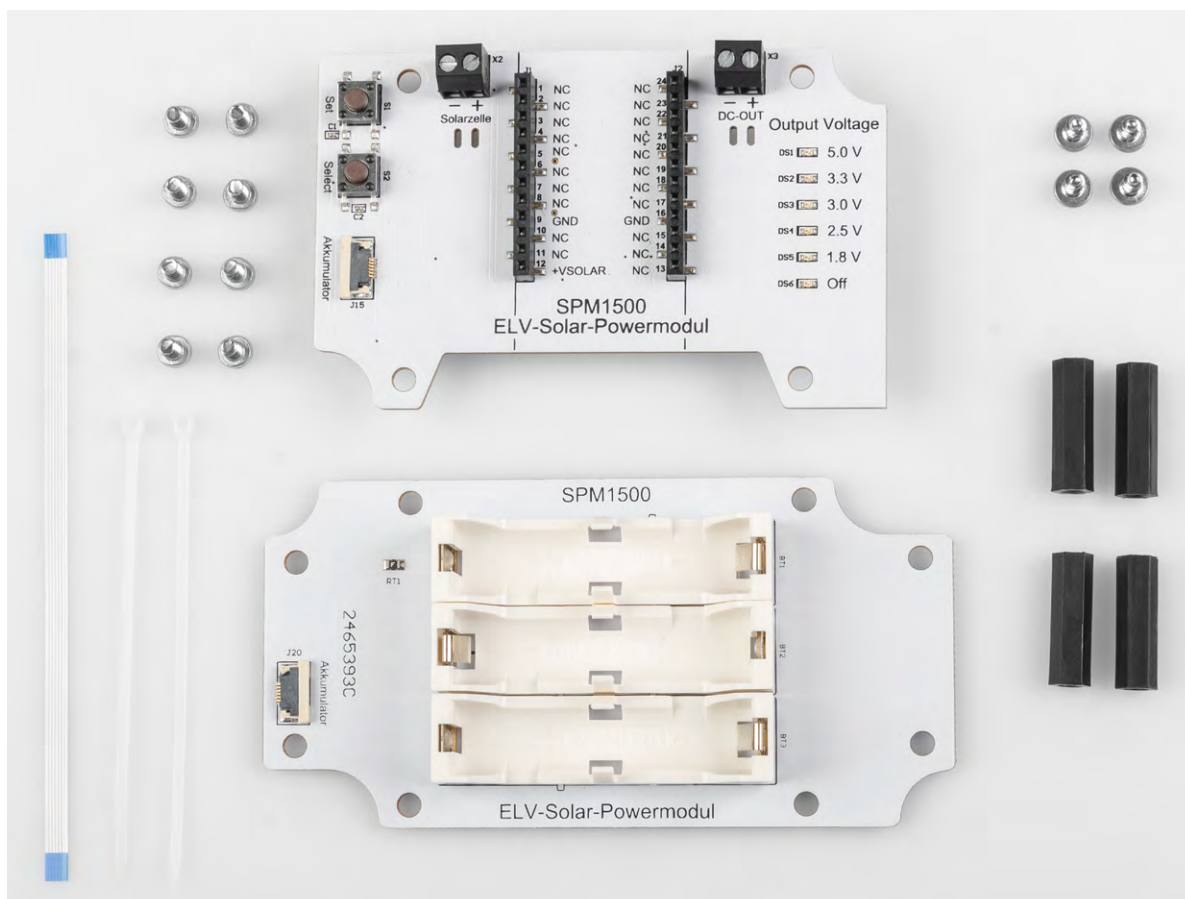


Bild 9: Platinenfotos und zugehörige Bestückungsdrucke der SPM1500-Akkuplatine (oben Oberseite, unten Lötseite)

Bild 10: Lieferung des SPM1500



In Bild 9 sind die Platinen und die dazugehörigen Bestückungsdrucke der SPM1500-Akkuplatine zu sehen und Bild 10 zeigt den kompletten Lieferumfang des Solar-Powermoduls SPM1500.

Der grundlegende Zusammenbau ohne Gehäuse ist mit ein paar Schritten erledigt:

Als Erstes werden die vier Abstandsbolzen an die Akkuplatine montiert, dazu werden diese mit je einer Zylinderkopfschraube befestigt.

Im Anschluss werden die drei NiMH-Akkus in die auf der Akkuplatine vorhandenen Halterungen polrichtig eingelegt.

Es folgt das Einsetzen des FPC-Kabels in den FFC-/FPC-Verbinder auf der Akkuplatine.

Bild 11 zeigt das Einsetzen in drei Schritten:

1 Die Verriegelung des FFC-/FPC-Verbinders wird geöffnet, indem der helle Kunststoffriegel vom schwarzen Kunststoffkörper weggeschoben wird.

2 Danach wird das FPC-Kabel in den Verbinder eingeführt. Zur Vereinfachung des Einfädels kann hierzu eine Pinzette oder Ähnliches verwendet werden.

Achten Sie in diesem Schritt darauf, dass die blaue Markierung am Ende des FPC-Kabels beim Einsetzen nach oben zeigt.

3 Sobald die blaue Markierung nicht mehr zu sehen ist, folgt die Verriegelung des Verbinders.

Dazu wird der helle Kunststoffriegel wieder zum schwarzen Kunststoffkörper geschoben. Wenn nach dem Verriegeln noch ein kleiner Rand der blauen Markierung zu erkennen ist, ist alles in Ordnung.

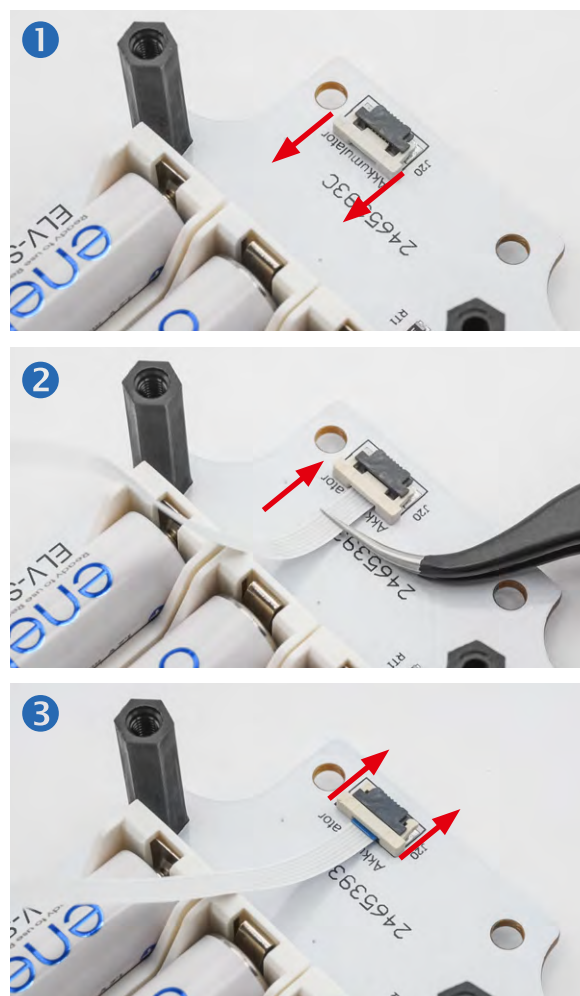


Bild 11: Einsetzen des FPC-Kabels in den FFC-/FPC-Verbinder

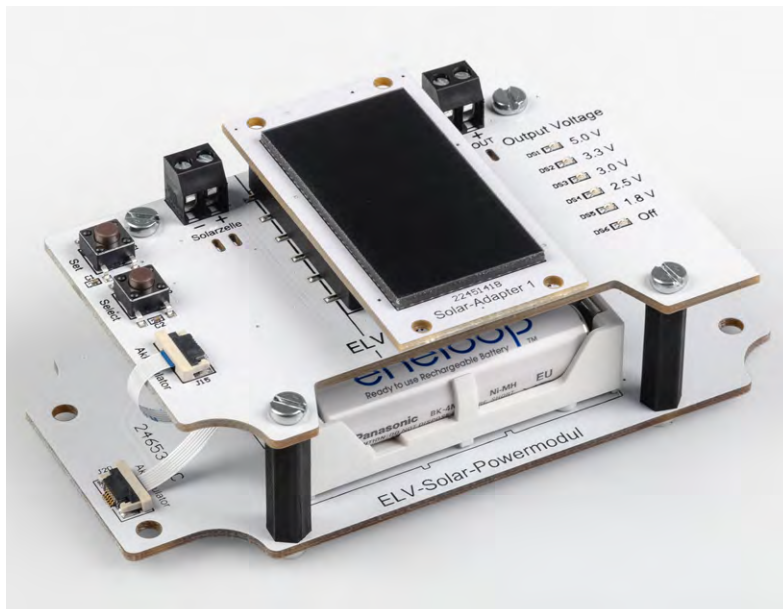


Bild 12: Fertig aufgebautes Solar-Powermodul mit aufgestecktem Solar-Adapter 1 ELV-EM-SA1

Nun kann die Controllerplatine mit den vier restlichen Zylinderkopfschrauben an den Abstandsbohlen verschraubt und das FPC-Kabel in den Verbinder auf der Controllerplatine eingeführt werden.

Bild 12 zeigt einen fertigen Aufbau des Solar-Powermoduls SPM1500 mit einem aufgesteckten Modul [Solar-Adapter 1 ELV-EM-SA1](#).

Einbau in ein Gehäuse

Um das SPM1500 im Außenbereich nutzen zu können, muss die Hardware in ein geeignetes Installationsgehäuse eingebaut werden. Für das SPM1500 gibt es ein passendes [IP67-Installationsgehäuse](#), mit dem die Anwendung auch im Außenbereich ohne Probleme möglich ist. Das empfohlene Gehäuse verfügt über die Schutzart IP67 und ist somit für Feuchträume und Außenbereich geeignet. Bild 13 zeigt das IP67-Installationsgehäuse mit Klarsichtdeckel.

Die Durchführung der Kabel ins Gehäuse geschieht mithilfe einer [12-mm-Kabelverschraubung](#) (Bild 14), die in die untere Gehäusewand eingebracht wird. So entsteht ein wasserdichter Abschluss. Für die Erstellung der 12-mm-Bohrung empfiehlt sich die Verwendung eines Stufenbohrers (Bild 15).

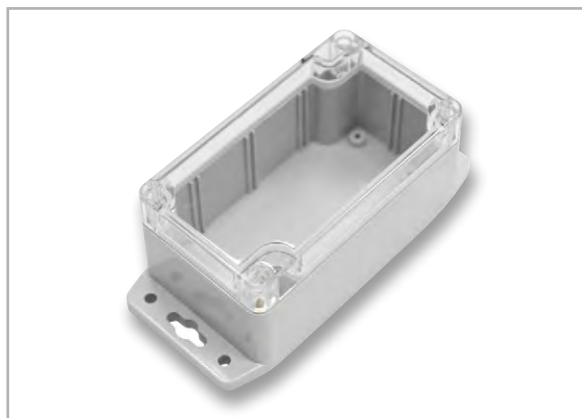


Bild 13: IP67-Installationsgehäuse mit Klarsichtdeckel

Widerstände:	
PTC/0,5 A/6 V/SMD	RT1
Sonstiges:	
FFC/FPC-Verbinder, 6-polig, 0,5 mm, liegend, SMD	J20
Batteriehalter mit THT-Batteriekontakten, für 1x R03	BT1-BT3

Widerstände:	
0 Ω/SMD/0402	R20
180 Ω/SMD/0402	R9-R14
1 kΩ/SMD/0402	R15
2,2 kΩ/SMD/0402	R1, R2
10 kΩ/SMD/0402	R16
560 kΩ/SMD/0402	R3-R5
1 MΩ/SMD/0402	R6-R8, R25-R28

Kondensatoren:	
1 nF/50 V/SMD/0402	C1, C2, C4-C6
10 nF/50 V/SMD/0402	C15
100 nF/16 V/SMD/0402	C3, C7-C9, C11, C13
1 µF/16 V/SMD/0402	C10
10 µF/16 V/SMD/0805	C12, C14, C16-C18, C20, C21, C23-C26
22 µF/6,3 V/SMD/0603	C22
22 µF/16 V/SMD/1206	C19, C27-C32

Halbleiter:	
EFM32PG22C200F256IM40-C	U1
AEM10941/SMD	U2
ISL9122/SMD	U3
DMG1016V-7/SMD	Q1
IRLML6401/SMD	Q4
BC847C/SMD	Q5
BAT43W/SMD	D1
LED/orange/SMD/0603	DS1-DS6

Sonstiges:	
Chip-Ferrit, 600 Ω bei 100 MHz, 0603	L1
Speicherdrosseln, SMD, 10 µH /550 mA	L2, L3
Speicherdrossel, SMD, 1,0 µH/2,1 A	L4
Chip-Ferrit, 300 Ω bei 100 MHz, 0603	L5
Mini-Drucktaster, 1x ein, 5 mm Tastknopflänge	S1, S2
Schraubklemmen, 2-polig, Drahtführung 90°, RM = 3,5 mm, THT, black	X2, X3
Buchsenleisten, 1x 12-polig, gerade, SMD J1, J2	
Stiftleiste, 1x 4-polig, gerade	J7
FFC/FPC-Verbinder, 6-polig, 0,5 mm, liegend, SMD	J15
Distanzrollen mit Innengewinde, M3 x 20 mm	
Zylinderkopfschrauben, M3 x 5 mm	
Kabelbinder, 71 x 1,8 mm	
FFC-Kabel, 6-polig, 10 cm lang	
Kunststoffschrauben, 3,0 x 5 mm	



Bild 14: Kabelverschraubung mit Gegenmutter



Bild 15: Stufenbohrer für die 12-mm-Bohrung

Auf der langen Gehäusesseite passt die Kabelverschraubung genau in den Bereich zwischen den im Gehäuse vorhandenen Stegen, siehe Bild 16.

Um eine Kabelverschraubung auf der schmalen Gehäusesseite zu setzen, müssen im Vorfeld die dort vorhandenen Gehäusestege (Bild 17) entfernt werden. Erst so ist ein bündiger Abschluss der Verschraubung mit dem Gehäuse möglich.

Zum Entfernen der Stege eignet sich ein Stechbeitel optimal, aber es funktioniert auch mit einem elektrischen Schleifer.

i Wichtiger Hinweis

Die Mitte der 12-mm-Bohrung für die Kabelverschraubung sollte sich am besten in einer Höhe zwischen 25 und 30 mm vom Boden der unteren Gehäusewand befinden, damit es keine Probleme beim Einsetzen der Platinen gibt. Um das ganze Handling mit dem Anzeichnen zu vereinfachen, wird auf der [Produktseite des SPM1500](#) eine Bohrschablone zum Download angeboten.



Bild 16: Gehäuseunterteil mit Kabelverschraubung auf der langen Gehäusesseite und montierter SPM1500-Akku-Platine



Bild 17: Entfernen der Gehäusestege (links) für die Kabelverschraubung auf der schmalen Gehäusesseite (rechts)



Bild 18: Druckausgleichmembran aus speziellem wasserundurchlässigem Gewebe

Wird das Gehäuse im Außeneinsatz montiert und ist zudem direktem Regenwasser ausgesetzt, empfiehlt sich ein Druckausgleich zwischen dem Gehäuseinneren und der Umgebung. Hierfür gibt es im Handel sogenannte Druckausgleichselemente mit Schraubverschluss. Es können aber auch kostengünstige [Druckausgleichmembranen](#) verwendet werden, die im ELVshop erhältlich sind. Warum man einen Druckausgleich ermöglichen sollte, demonstriert der bekannte Gehäusehersteller Bopla sehr gut in einem [Video](#).

Kurze Erklärung: Ist das Gehäuse direkt dem Regenwasser ausgesetzt, setzen sich zwangsläufig Wassertropfen auf dem Gehäuse ab. Da der Luftdruck zwischen dem Gehäuseinneren und der Umgebung unterschiedlich sein kann, könnte im Gehäuseinneren ein Unterdruck entstehen. Hierdurch würde Wasser in das Gehäuse hineingezogen. In diesem Fall hilft auch keine Gummidichtung mehr, sodass man um einen Druckausgleich nicht herumkommt. Das Besondere an diesen Druckausgleichselementen ist, dass sie aus einem wasserundurchlässigen Gewebe bestehen, wie man es von Outdoorjacken kennt. Nur Wasser bzw. Wassertropfen werden von außen abgewiesen – die Luft und auch normale Luftfeuchtigkeit können zirkulieren. [Bild 18](#) zeigt solch eine Membran, die sehr einfach zu montieren ist.



Bild 20: Sicherung der Anschlussleitungen an Klemme X2 mit einem Kabelbinder

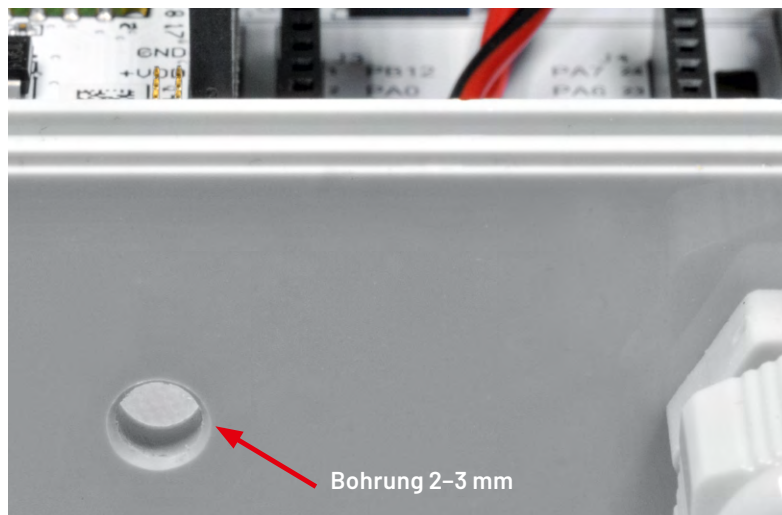


Bild 19: So wird eine Druckausgleichmembran montiert.

Möchte man solch eine Membran in das Gehäuse montieren, ist in die (wichtig!) Gehäuseunterseite ein kleines Loch (ca. 2–3 mm) zu bohren. Anschließend wird die selbstklebende Membran im Gehäuseinneren angebracht, wie in [Bild 19](#) zu sehen ist.

Um den Einbau des SPM1500 in das Installationsgehäuse einfacher zu gestalten, bietet es sich an, zuerst nur die aufgebaute Akkuplatine mit dem eingeführten FPC-Kabel ([Bild 16](#)) in das Gehäuseunterteil einzulegen und mit den vier Gehäuseschrauben zu befestigen. Dann werden die Anschlussleitungen für die zu versorgende Elektronik über den Durchgang der Kabelverschraubung in das Gehäuse eingeführt und an die Schraubklemme X3 der Controllerplatine angeschlossen.

Wenn das SPM1500 mit dem ELV Erweiterungsmodul Solar-Adapter 1 ELV-EM-SA1 betrieben werden soll, wird dieses nun auf den dafür vorgesehenen Steckplatz gesteckt. Bei Verwendung einer Solarzelle mit Kabelanschluss wie z. B. die SOL-Expert Solarzelle SM480, müssen die Anschlussleitungen der Solarzelle nun an die Schraubklemme X2 polrichtig angeschlossen werden. Bitte beachten Sie beim Anschluss von Leitungen an den Schraubklemmen X2 und X3, dass diese durch Verwendung der beiliegenden Kabelbinder zusätzlich gesichert werden, siehe [Bild 20](#).

Anschließend kann die Controllerplatine mit den vier restlichen Zylinderkopfschrauben an den Abstandsbolzen verschraubt und das FPC-Kabel in den Verbinder auf der Controllerplatine eingeführt werden.

Nach der Inbetriebnahme des SPM1500 folgt zum Abschluss die Montage des Gehäusedeckels auf das Gehäuseunterteil.



Bedienung

Die Bedienung des SPM1500 ist sehr simpel und erfolgt allein über die beiden Taster S1(Set) und S2(Select) sowie die LEDs.

Einstellen einer neuen Ausgangsspannung

Zum Einstellen einer neuen Ausgangsspannung wird zuerst eine der beiden Tasten betätigt, worauf das SPM1500 mit der entsprechenden LED aufleuchtet, mit der das Gerät zuletzt eingestellt wurde (z. B. „5.0 V“ oder „Off“). Nun kann mit der Taste „Select“ eine neue Ausgangsspannung ausgewählt werden, indem die entsprechend leuchtende LED ausgewählt wird, die sich neben dem dargestellten Spannungswert befindet. Mit einem langen Tastendruck von mindestens 2 Sekunden auf die Taste „Set“ beginnt die selektierte LED zu blinken und kann danach losgelassen werden. Die LED blinkt nun noch weitere 3 Sekunden und erlischt abschließend. Die neue Ausgangsspannung wird übernommen und an der Schraubklemme DC-OUT ausgegeben.

Wird an der Taste „Set“ kein langer Tastendruck ausgeführt, bleibt die ausgewählte LED für 5 Sekunden dauerhaft leuchtend und erlischt abschließend wieder. In diesem Fall ändert sich die Einstellung nicht und das SPM1500 gibt weiterhin die zuvor eingestellte Ausgangsspannung aus.

Abbrechen einer falsch selektierten Ausgangsspannung

Nachdem eine neue Ausgangsspannung mit dem langen Tastendruck der Taste „Set“ ausgewählt und die entsprechende LED anfängt zu blinken, kann diese Auswahl mit einem kurzen Tastendruck auf die Taste „Select“ wieder rückgängig gemacht werden. Die LED leuchtet wieder dauerhaft auf und mit der Taste „Select“ kann erneut die Auswahl der Ausgangsspannung vorgenommen werden.

Anzeige eines Kurzschlusses

Sollte an der Schraubklemme DC-OUT ein Kurzschluss vorliegen – entweder dauerhaft oder auch nur einmalig für kurze Zeit –, wacht der Controller auf und lässt alle LEDs gleichzeitig blinken.

Hierbei handelt es sich um die Anzeige eines Fehlers! Wenn ein solcher Fehler auftritt, wird dieser im EEPROM-Speicher vermerkt und der Spannungsausgang wird automatisch abgeschaltet (Off). Diese Einstellung bzw. ausbleibende Ausgangsspannung bleibt so lange erhalten, wie der Fehler im EEPROM gespeichert ist.

Quittieren eines Fehlers

Zum Löschen einer solchen Fehleranzeige betätigen Sie bitte eine der beiden Tasten, damit die Fehleranzeige zunächst aufleuchtet. Anschließend kann mit der Taste „Select“ die nun auszugebende Ausgangsspannung über die leuchtende LED eingestellt und mit einem langen Tastendruck der Taste „Set“ übernommen werden. Die LED blinkt abschließend wie zuvor beschrieben.

Wurde der Kurzschlussfehler behoben, erlischt die blinkende LED nach 3 Sekunden und die ausge-

wählte Ausgangsspannung steht an der Schraubklemme DC-OUT wieder zur Verfügung. Wurde der Kurzschlussfehler hingegen nicht behoben, folgt erneut ein Blinken aller LEDs zur Anzeige eines Fehlers.

Inbetriebnahme

Für die erste Inbetriebnahme des SPM1500 müssen in die Batteriehalter BT1 bis BT3 die drei NiMH-Zellen eingelegt werden. Bitte achten Sie beim Einsatz auf korrekte Ausrichtung der Pole, die Batteriehalter verfügen dafür über eine entsprechende Einprägung zur Orientierung.

Stecken Sie nun entweder den ELV Solar-Adapter 1 ELV-EM-SA1 auf die dafür vorgesehenen Buchsenleisten J1 und J2 auf oder schließen eine passende Solarzelle wie die SOL-Expert Solarzelle SM480 an die Schraubklemme X2 an.

Wenn die Spannung des Akkus nun größer als die Spannung V_{CHRDY} ist und nach dem Anschließen der Solarzelle mindestens einmal eine Spannung V_{SRC} von 380 mV und eine eingehende Energie P_{SRC} von 3 μ W anliegt, wechselt das Power-Management-IC in den „Normal mode“ und erzeugt die für den Betrieb des Mikrocontrollers benötigten 2,5 Volt.

Der Mikrocontroller des SPM1500 startet und zeigt über die LEDs die aktuell eingestellte Ausgangsspannung für 5 Sekunden an. Anschließend erlischt die LED und der Mikrocontroller des SPM1500 geht in den „Deep Sleep mode“. Durch Betätigen einer der beiden Tasten wacht der Controller wieder auf und zeigt erneut für 5 Sekunden die aktuelle Ausgangsspannung an.

Entsprechend der oben beschriebenen Vorgehensweise kann nun eine Ausgangsspannung ausgewählt und bestätigt werden. An der Schraubklemme DC-Out kann dann jederzeit die aktuelle Ausgangsspannung gemessen werden, die zuvor eingestellt worden ist.

Achtung!

Wird eine zu betreibende Hardware an den Schraubanschluss „DC-OUT“ angeschlossen, während dieser schon aktiv ist, können vorhandene entladene Kondensatoren eine so hohe Stromspitze erzeugen, dass die Kurzschlusserkennung des SPM1500 aktiviert wird. Aus diesem Grund sollte die Ausgangsspannung am SPM1500 zunächst auf „Off“ gestellt werden, wenn eine neue Hardware angeschlossen wird. Nach dem Anschluss der neuen Hardware kann dann die benötigte Ausgangsspannung eingestellt und bestätigt werden.

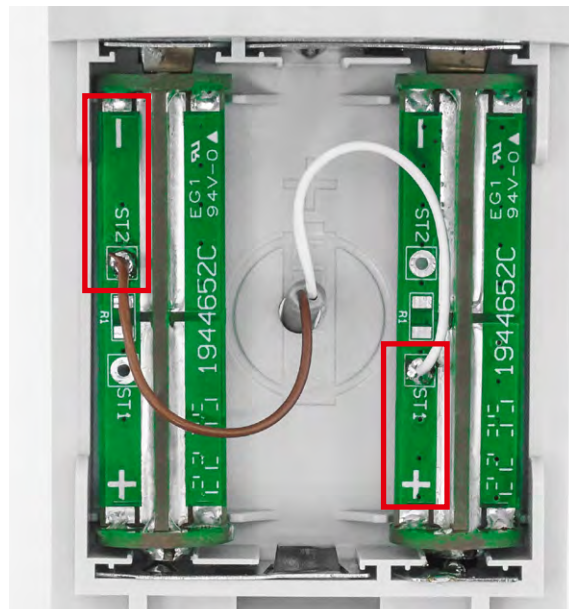


Bild 21: Angelötete Adern der Mantelleitung mit Batterie-Dummys in einem Gerät mit 2x AA-Batterieversorgung

Anwendungsbeispiele

Die Verwendung des Solar-Powermoduls ist für viele Anwendungen geeignet, bei denen Geräte normalerweise mit Batterien oder Akkus im Spannungsbereich bis 5 Volt betrieben werden.

Damit das SPM1500 bei Geräten, die ihre Spannungsversorgung über Batterien oder Akkus erhalten, genutzt werden kann, sind die Versorgungsleitungen von der Schraubklemme „DC-OUT“ des SPM1500 mit den Anschlusspunkten des zu versorgenden Geräts zu verbinden. Falls möglich, können die Versorgungsleitungen an eventuell vorhandenen Lötstellen zwar direkt angelötet werden, doch steht diese Lösung eher selten an Geräten zur Verfügung. Auch ein Anlöten der Leitungen an die Federkontakte im Batteriefach sollte nicht in Betracht gezogen werden, da sich das Material der Federkontakte meist schlecht zum Anlöten von Leitungen eignet. Außerdem kann das Gerätegehäuse bei der Erwärmung der Federkontakte so weit in Mitleidenschaft gezogen werden, dass später keine Batterien oder Akkus mehr einsetzbar sind.

Eine wesentlich praktikablere Lösung ist die Verwendung sogenannter Batterie-Dummys, die

anstelle der echten Batteriezellen in das Gerät eingesetzt werden. In diesen Dummys sind die Versorgungsleitungen entsprechend einfach anlötfar, siehe Bild 21. Anschließend kann sofort mit Einsetzen der Batterie-Dummys in die Batteriehalter des zu versorgenden Geräts eine Verbindung zum SPM1500 erfolgen.

Im ELVshop werden von diesen tollen Helfern zwei verschiedene Sets als Bausätze angeboten: das [ELV Batterie-Dummy-Set BD-AA](#), bestehend aus vier Mignon/AA-Dummys, und das [Batterie-Dummy-Set BD-AAA](#), das insgesamt vier Micro/AAA-Dummys enthält. In Bild 22 ist jeweils ein Dummy der beiden Varianten zu sehen. Die Auswahl zwischen AA- oder AAA-Dummy muss dabei entsprechend dem „umzurüstenden“ Gerät erfolgen.

Die Wahl der Versorgungsleitung

Zur Anbindung von Geräten über das SPM1500 sollte im Außenbereich eine 2-adrige Mantelleitung eingesetzt werden. Die Nutzung dieser Mantelleitung hat gegenüber zwei Einzelleitungen den Vorteil, dass diese von der Kabeldurchführung des SPM1500 komplett umschlossen wird und somit eine optimale Dichtheit gewährleistet. Bei Verwendung von zwei Einzeladern bleibt hingegen immer eine, wenn auch kleine Lücke, durch die Feuchtigkeit, z. B. nach Regen, eindringen kann.

Bitte achten Sie zudem immer auf die korrekte Polung zwischen dem SPM1500 sowie den Batterie-Dummys beim Anschluss über die Mantelleitung, siehe Bild 21. ELV



Bild 22: Die ELV Batterie-Dummys BD-AA (oben) und BD-AAA (unten)

Technische Daten

Geräte-Kurzbezeichnung:	SPM1500
Spannungsversorgung:	3x 1,2 V HR03/Micro/AAA NiMH-Akku
Stromaufnahme:	5 µA min., max. 500 mA @ 5,0 V _{DC_Out}
Ausgangsspannung:	1,8 V/2,5 V/3,0 V/3,3 V/5,0 V
Bedienelemente:	2 Taster
Optische Anzeigen:	6 orange LEDs zur Signalisierung der aktiven Ausgangsspannung
Solarzelle:	
Leerlaufspannung:	max. 5 V
Kurzschlussstrom:	max. 110 mA
Leitungslänge an den Klemmen X2 und X3:	3 m max.
Umgebungstemperatur:	-10 bis +55 °C
Abmessung ohne Gehäuse (B x H x T):	97 x 56 x 35 mm
Gewicht (ohne Akkus, ohne Gehäuse):	83,5 g