

Autarke Energiequelle

LoRIS Powermodul Energy Harvesting LoRIS-PM-EH für energiesparende Sensoranwendungen

Das LoRIS Powermodul Energy Harvesting ist eine sinnvolle Ergänzung zur LoRaWAN-Experimentierplattform LoRIS-Base, wenn es darum geht, sie per Solarzelle mit Energie zu versorgen und damit autark zu betreiben. Bei der Wahl des Energiespeichers hat man verschiedene Möglichkeiten wie beispielsweise NiMH-Akkus oder Super-Kondensatoren. Durch die Modulbauweise im LoRIS-System kann das Powermodul einfach auf die LoRIS-Base und entsprechende Applikationsmodule aufgesteckt werden. Da es Breadboard-kompatibel ist, kann es aber auch für andere Anwendungszwecke genutzt werden, bei der eine Spannungsversorgung mit 3,3 Volt und maximal 125 mA benötigt wird.

Passt zum System

Das LoRIS-System ist dank seines geringen Energieverbrauchs mit der Experimentierplattform LoRIS-Base [1] als auch den Applikationsmodulen mit Sensorik bestens geeignet für eine Spannungsversorgung in Verbindung mit Energy Harvesting. Mit dem LoRIS Powermodul Energy Harvesting steht damit eine sinnvolle Variante zur Spannungsversorgung mittels Solarzelle bereit. So können die LoRIS-Base und je nach Anwendung auch die angeschlossenen Applikationsmodule neben USB-, Batterieversorgung oder dem LoRIS-Buttoncell [2] mit Knopfzellen nun auch energieautark mit Sonnenenergie betrieben werden.

Die intelligente Regelung wird durch ein spezielles Energy-Harvesting-Power-Management-IC (PMIC) (Bild 1) ermöglicht, das für einen Ultra-Low-Power-Start-up (Kaltstart) lediglich 380 mV und 3 µW benötigt und verschiedene Energiespeichertechnologien unterstützt.

Die Versorgungsspannung der LoRIS-Base und damit auch der angeschlossenen Module wird durch einen Buck-Boost-Converter mit niedrigem Ruhestrom erzeugt, sodass auch hier eine effiziente Energienutzung gewährleistet ist.

Mit einem Klick
direkt zum Bausatz



LoRIS-PM-EH
Artikel-Nr.
156839

Bausatz-
beschreibung
und Preis:



www.elv.com

Infos zum Bausatz LoRIS-PM-EH



Schwierigkeitsgrad:
leicht



Ungefähre Bauzeit:
0,15 h



Besondere Werkzeuge:
keine



Lötterfahrung:
nein



Programmierkenntnisse:
nein



Elektrische Fachkraft:
nein

Energy Harvesting

Energy Harvesting beschreibt das Sammeln von Energie aus der Umwelt und die Umwandlung in elektrische Energie. Dieses Verfahren wird bereits seit vielen Jahren praktiziert – so werden beispielsweise 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 LoRaWAN arbeiten und Daten senden und empfangen, kommt es nicht auf das bloße Wandeln großer Energiemengen an. Hier steht das Interesse, dass eine bestimmte Anwendung energieautark betrieben werden kann, im Vordergrund. Das ist auch der Einsatzzweck bei unserem LoRIS Powermodul Energy Harvesting, das durch seine Elektronik, aber auch die Modulbauweise sehr gut für das gesamte LoRIS-System geeignet ist.

Weitergehende Informationen zu den Grundlagen des Energy Harvesting, von Energiewandlern und der Solarzellentechnik finden Sie in unserem Beitrag zum Bausatz Universelles Energy Harvesting Modul UEH80 unter [3], den Sie kostenlos im ELVshop herunterladen können.

Intelligenter Energiewandler

Herzstück des LoRIS Powermodul Energy Harvesting ist das Power-Management-IC AEM10941[4], dessen Blockschaltbild in Bild 2 zu sehen ist. Die integrierte Energiemanagement-Schaltung kann mit Gleichstrom aus bis zu sieben Solarzellen (5 V max.) gespeist werden, und Energie in einem wiederaufladbaren Element speichern, das den angeschlossenen Verbraucher gleichzeitig mit zwei unabhängig geregelten Spannungen versorgen kann. In der normalen Anwendung stehen an dem einen Ausgang 1,2 bzw. 1,8 V mit maximal 20 mA zur Verfügung und an dem anderen Ausgang 1,8–4,1 V mit höchstens 80 mA (maximal einstellbare Spannung abhängig vom Energiespeicher).

Beim LoRIS Powermodul Energy Harvesting sind diese beiden Spannungsausgänge allerdings nicht herausgeführt. Die für die LoRIS-Base bzw. auch für andere Anwendungszwecke notwendigen 3,3 V mit maximal 125 mA Strombelastbarkeit werden über einen externen, sehr stromsparenden Buck-Boost-Converter erzeugt, der direkt vom Ausgang des Energiespeichers gespeist wird.

Der PMIC wird also im Grunde nur für die intelligente Energiewandlung verwendet, bei der die Energie aus den Solarmodulen in den wiederaufladbaren und entsprechend konfigurierten Speicher geführt wird. Durch das im IC integrierte MPPT (Max Power Point Tracking) wird die Solarleistung der Solarmodule dabei optimal genutzt.

Über drei Konfigurationsspins (Lötjumper) kann der angeschlossene Energiespeicher (Li-Ion-, NiMH-, LiFePO₄-, Festkörper-Akkus und Super-Kondensatoren) angepasst werden. Bei dem Powermodul ist der Betrieb mit NiMH- bzw. Li-Ion-

Akkus mit einer vom IC vorgegebenen Ladeschlussspannung von 4,12 Volt voreingestellt. Details zur Konfiguration des Energiespeichers folgen weiter unten.

Der externe Buck-Boost-Converter kann mit einem Schiebeshalter komplett deaktiviert werden, um den Stromverbrauch des Powermoduls auf ein Minimum zu senken bzw. den Ausgang +VDD (3,3 V) spannungslos zu schalten.

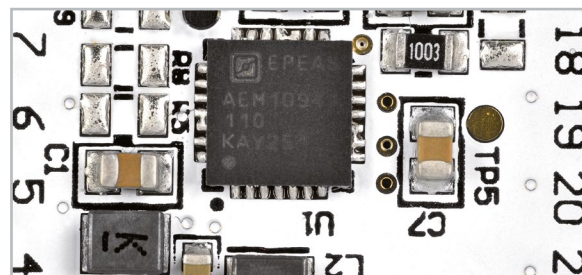


Bild 1: Power-Management-IC auf dem LoRIS-EnergyHarv Powermodul

Schaltung

Die Schaltung besteht aus drei Komponenten (Bild 3): dem Power-Management-IC AEM10941 mit externer Beschaltung, dem Schaltregler mit Peripherie und der Baugruppe zur Batterie-Messung.

Power-Management-IC

An das Power-Management-IC U1 werden an SRC und über GND die Solarmodule angeschlossen. Hier dürfen bis zu sieben Solarzellen (5 V max.) verbunden werden. Auf der Platine ist dies mit Solar Cell (+/-) vermerkt.

An CFG [0...2] werden die Löt pads zur Konfiguration des Energiespeichers herausgeführt. Diese sind bereits für NiMH-Akkus vorkonfiguriert (CFG0: 1, CFG1: 0, CFG2: 1, s. a. Nachbau). C2 dient zur Pufferung des Ausgangs zum Energiespeicher +VBAT, an den dieser auch angeschlossen wird. Auf der Platine ist dies mit Battery (+/-) gekennzeichnet. C1, C3, C5, L1 und L2 dienen der Außenbeschaltung entsprechend dem Datenblatt des AEM10941 [4].

Schaltregler

An VIN wird die Spannung des Power-Management-ICs bzw. des Energiespeichers entgegengenommen und mit C9 gepuffert. Der Schaltregler U2 ist ein stromsparender Buck-Boost-Converter mit einer Ausgangsspannung von 3,3 V (VOUT), der die LoRIS-Base über Pin 15 (+VDD) versorgt. C8 dient am Spannungsausgang zur Pufferung.

R12 und R13 sind Pull-up-Widerstände für den I²C-Bus, die über die Lötjumper J4 und J5 und den Pins 7 und 8 an der Platine eine spätere Konfiguration ermöglichen können.

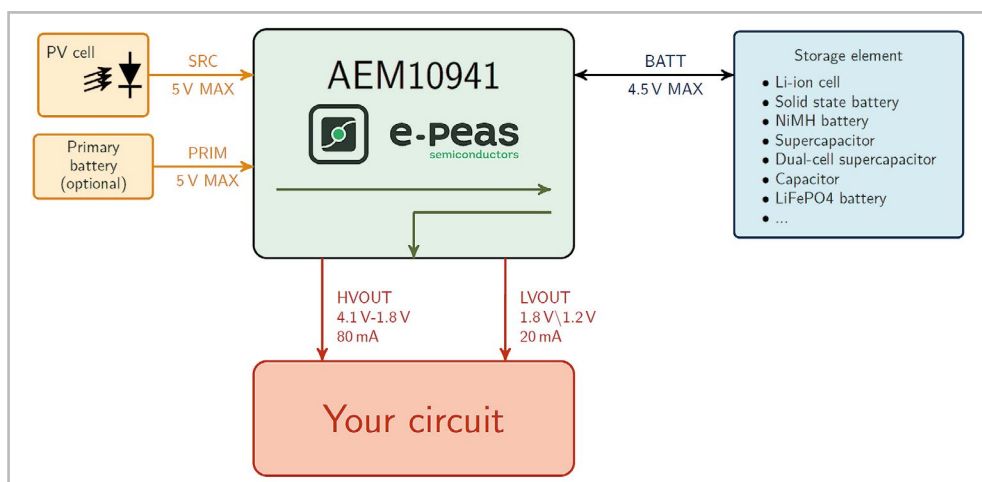


Bild 2: Schematische Ansicht AEM10941 (Quelle: Datenblatt [4])

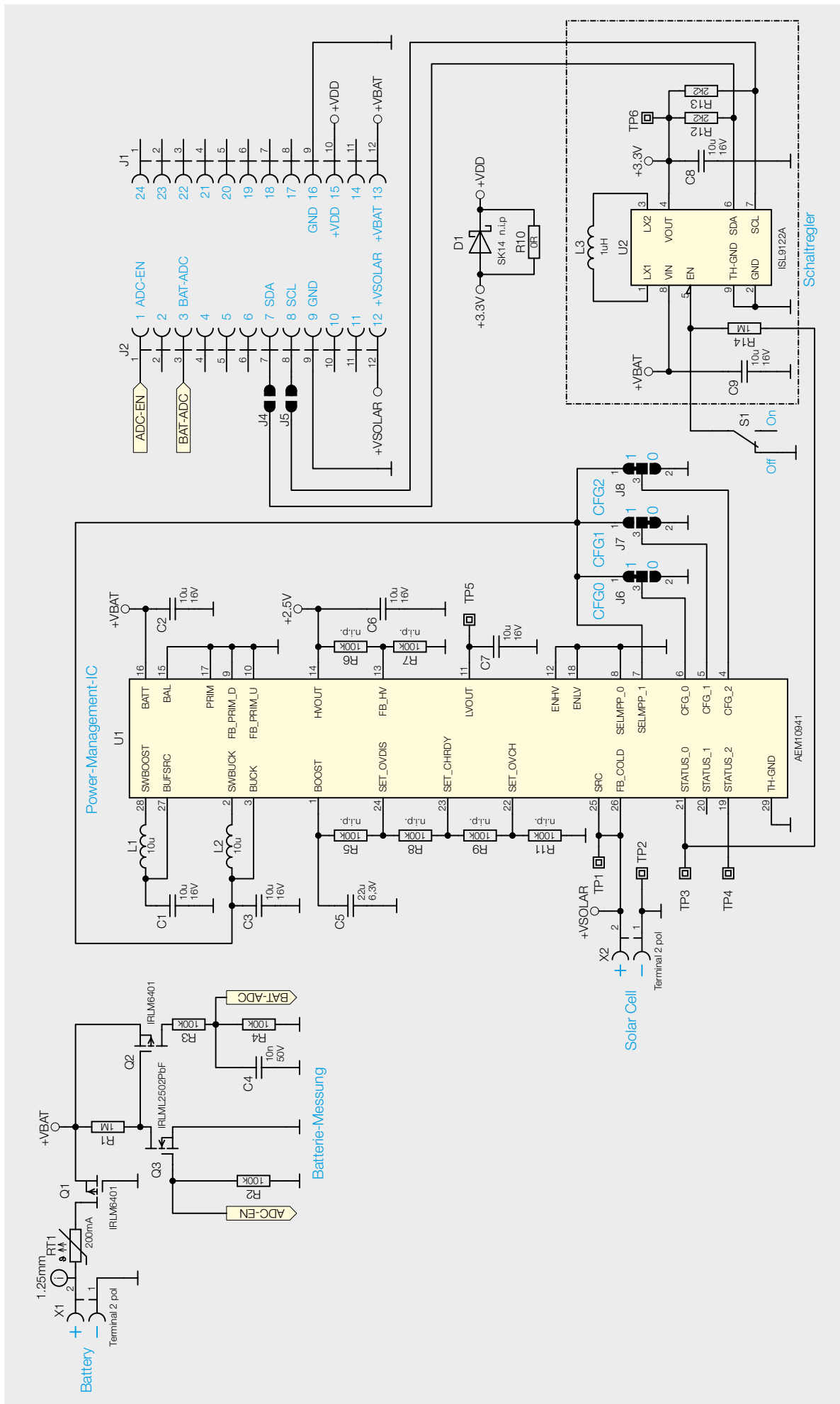


Bild 3: Schaltbild des LoRIS-PM-EH

Der Enable-Pin (EN) des Schaltreglers ist mit dem Schalter S1 verbunden, mit dem der Schaltregler ausgeschaltet werden kann. Außerdem ist EN mit dem Pin STATUS 0 vom PMIC verbunden, der signalisiert, dass genügend Energie vorhanden ist, um den Ausgang zu aktivieren. Somit ist der Schaltregler nur aktiv, wenn auch die Spannungsausgänge des PMIC freigegeben sind.

Batterie-Messung

Damit die LoRIS-Base die Batteriespannung erfassen kann, wird sie über den Spannungsteiler aus R3, R4 auf einen analogen Eingang (BAT-ADC) geschaltet. Damit aber nicht unnötigerweise die ganze Zeit ein Strom durch den Spannungsteiler fließt, wird der Spannungsteiler mittels Q2 und Q3 nur bei Bedarf von der LoRIS-Base zugeschaltet.

Nachbau

In Bild 4 sieht man die Platinenfotos sowie den Bestückungsdruck des LoRIS-PM-EH. Das Modul ist bereits fertig aufgebaut.

Über die Löt pads J6 (CFG0), J7 (CFG1) und J8 (CFG2) auf der Bottom-Seite der Platine kann der angeschlossene Akku bzw. Super-Kondensator verändert werden (Bild 5). Die Löt pads J6 bis J8 sind auf dem LoRIS-PM-EH bereits für für NiMH-Akkus vorkonfiguriert, es muss also bei Anschluss dieses Energiespeichertyps an CFG0-CFG2 nichts verändert werden.

Eine Übersicht der möglichen Energiespeicher-Konfigurationen zeigt Tabelle 1. Dabei sind die drei Spannungsschwellwerte wie folgt definiert:

- Vovch: maximale Spannung am Energiespeicher, bevor der Step-up-Wandler deaktiviert wird
- Vchrdy: minimal benötigte Spannung am Energiespeicher nach einem Kaltstart, vor dem Aktivieren der LDOs
- Vovdis: unterhalb dieser Spannung wird der Energiespeicher als entleert betrachtet, und die Spannungsausgänge werden abgeschaltet

Hinweis:

Der Energiespeicher sollte so gewählt werden, dass seine Spannung auch bei gelegentlichen Spitzen des Laststroms nicht unter Vovdis fällt. Wenn der Innenwiderstand des Speicherelements diese Spannungsgrenze nicht halten kann, ist es ratsam, den Energiespeicher mit einem Kondensator zu puffern.

Der Pin, an dem das Speicherelement angeschlossen ist, darf niemals potentialfrei bleiben.

Wenn die Anwendung eine Abschaltung der Batterie erwartet (z. B. wegen eines vom Benutzer abnehmbaren Steckers), sollte die Schaltung einen Kondensator von mindestens 150 µF enthalten. Der Leckstrom des Kondensators sollte klein sein, da Leckströme sich direkt auf den Ruhestrom auswirken können.

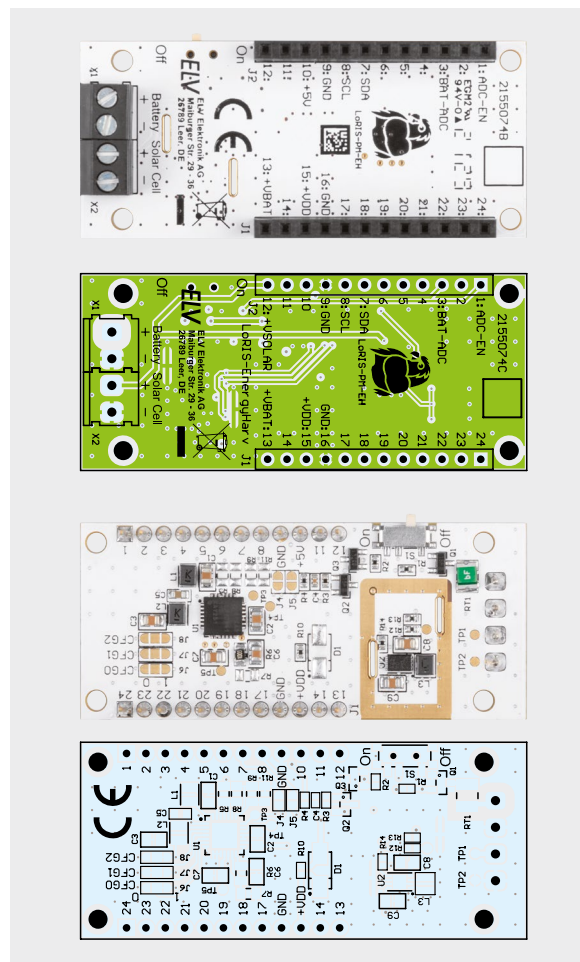


Bild 4: Platinenfotos und Bestückungsdrucke des LoRIS-PM-EH

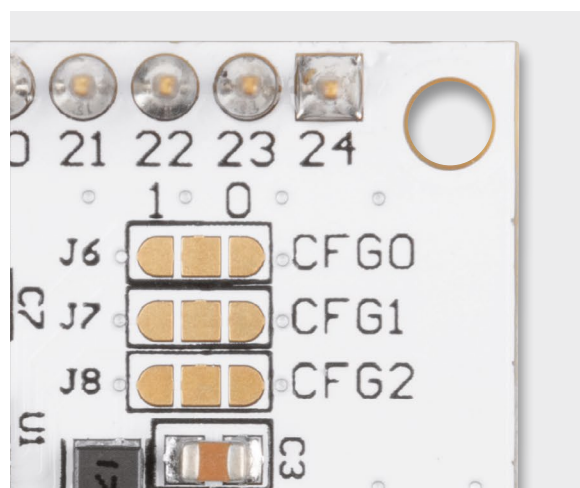


Bild 5: Detailansicht der Konfigurations-Löt pads

Configuration pins			Storage element threshold voltages			LDOs output voltages		Typical use	
CFG[2]	CFG[1]	CFG[0]	Vovch	Vchrdy	Vovdis	Vhv	Vlv		
1	1	1	4.12 V	3.67 V	3.60 V	3.3 V	1.8 V	Li-ion battery	
1	1	0	4.12 V	4.04 V	3.60 V	3.3 V	1.8 V	Solid state battery	
1	0	1	4.12 V	3.67 V	3.01 V	2.5 V	1.8 V	Li-ion/NiMH battery	
1	0	0	2.70 V	2.30 V	2.20 V	1.8 V	1.2 V	Single-cell supercapacitor	
0	1	1	4.50 V	3.67 V	2.80 V	2.5 V	1.8 V	Dual-cell supercapacitor	
0	1	0	4.50 V	3.92 V	3.60 V	3.3 V	1.8 V	Dual-cell supercapacitor	
0	0	1	3.63 V	3.10 V	2.80 V	2.5 V	1.8 V	LiFePO4 battery	
0	0	0	Custom mode - Programmable through R1 to R6				1.8 V		

Tabelle 1: Konfigurationsmöglichkeiten mittels Lötbrücken (Quelle: Datenblatt AEM10941)

Anwendungsbeispiel

Auswahl Speicher



Wichtiger Hinweis

Bei Verwendung von Lithium-Zellen wie Li-Ion- oder LiPo-Akkus sind zusätzliche Schutzmaßnahmen zu beachten. Deswegen beschränken wir die Nutzung auf NiMH-Akkus.

Vor der Inbetriebnahme sind folgende Punkte und Vorgehensweisen zu beachten, damit ein problemloser (Kalt-)Start des PMICs erfolgt:

1. Konfiguration der Lötbrücken CFG0, CFG1 und CFG2. Die Pegel müssen klar definiert sein. Das LoRIS-PM-EH ist bereits für NiMH-Akkus vorkonfiguriert (siehe Schaltbild).

Bei anderen Konfigurationen müssen eventuell die Leiterbahnen zwischen den Löt pads mit einem Cutter durchtrennt werden und neue Lötbrücken gesetzt werden.

2. Anschluss des Energiespeichers an das LoRIS-PM-EH
3. Anschluss des geeigneten Energiewandlers (Solarmodule).

Sicherstellen der notwendigen Kaltstart-Bedingungen (380 mV min. und 3 μ W min.)

Prinzipiell ist der Aufbau dann wie in [Bild 6](#) dargestellt.

Widerstände:

0 Ω /SMD/0402	R10
2,2 k Ω /SMD/0402	R12, R13
100 k Ω /SMD/0402	R2-R4
1 M Ω /SMD/0402	R1, R14
PTC/0,2 A/30 V/SMD	RT1

Kondensatoren:

10 nF/50 V/SMD/0402	C4
10 μ F/16 V/SMD/0805	C1-C3, C6-C9
22 μ F/6,3 V/SMD/0603	C5

Halbleiter:

AEM10941/SMD	U1
ISL9122/SMD	U2
IRLML6401/SMD	Q1, Q2
IRLML2502PbF/SMD	Q3

Sonstiges:

Speicherdrosseln, SMD, 10 μ H/550 mA	L1, L2
Speicherdrossel, SMD, 1,0 μ H/2,1A	L3
Schiebeschalter, 1x ein, SMD	S1
Buchsenleiste, 1x 12-polig, 10 mm Pinlänge, gerade, bedruckt, Pin 13-24, für LoRIS	
Buchsenleiste, 1x 12-polig, 10 mm Pinlänge, gerade, bedruckt, Pin 1-12, für LoRIS	
Schraubklemmen, 2-polig, Drahtführung 90°, RM = 3,5 mm, THT, black	X1, X2

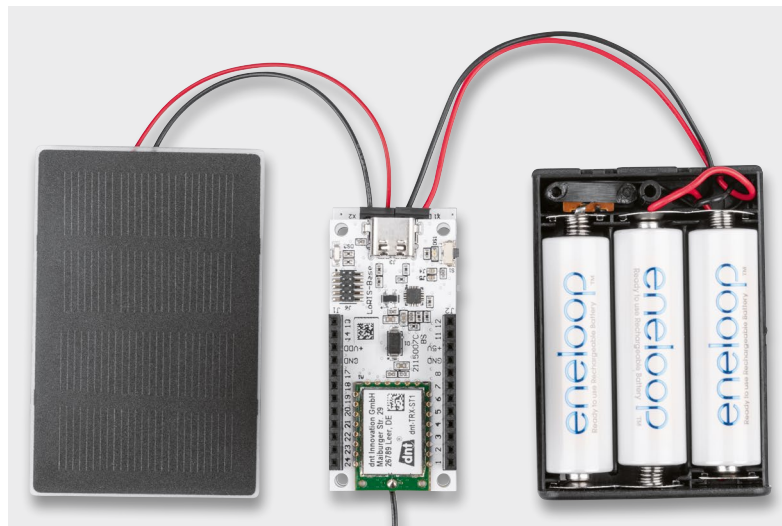


Bild 6: Beispielaufbau mit Solarzelle, LoRIS Powermodul Energy Harvesting (hier unter der LoRIS-Base eingesteckt) und Batteriefach mit drei NiMH-Akkus



Wichtiger Hinweis

Es sollte niemals die Quelle (Solarmodule) ohne einen entsprechenden Speicher am PMIC angeschlossen werden. Also erst den Speicher anschließen und danach die Energiequelle.

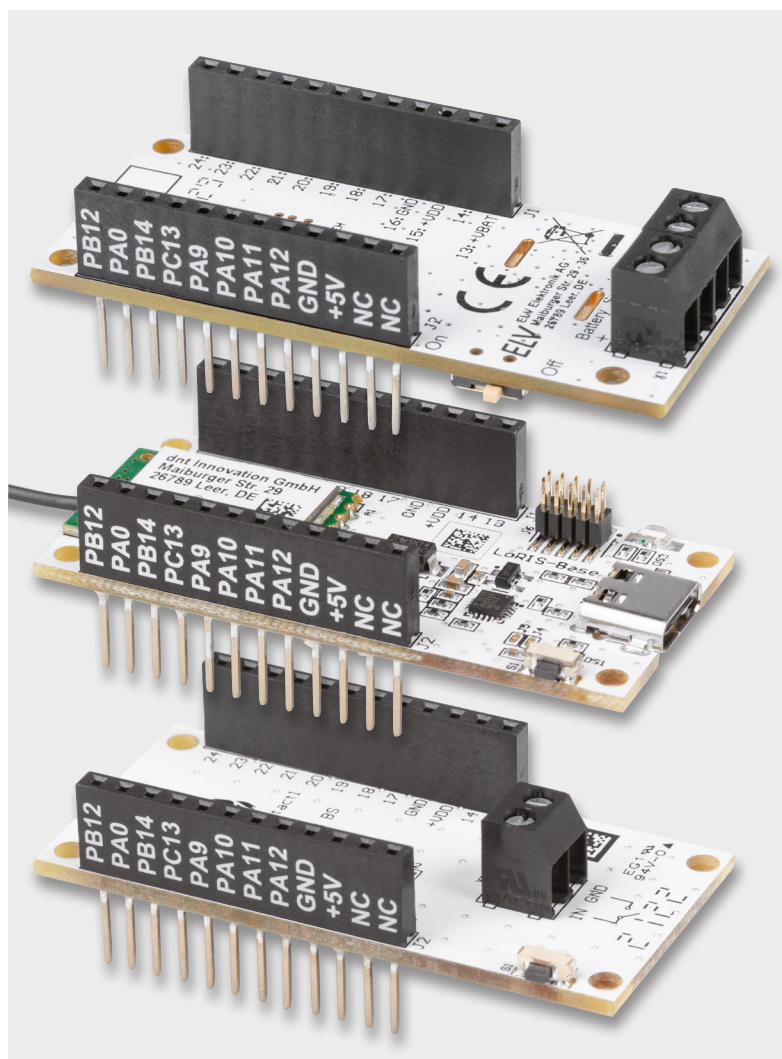


Bild 7: So werden die Module im LoRIS-System aufeinander gesteckt.

Auf das LoRIS Powermodul Energy Harvesting wird zunächst die zu versorgende LoRIS-Base aufgesteckt. Die Experimentierplattform LoRIS-Base kann natürlich auch unter das Powermodul gesteckt werden (Bild 7).

Dann wird der Energiespeicher – in diesem Fall drei NiMH-Akkus [5] in einem Batteriefach [6] – an die Schraubklemmen mit der Bezeichnung Battery +/- am Powermodul angeschlossen. Ist der Spannungsregler per Schiebeschalter aktiviert, wird die LoRIS-Base jetzt mit Spannung versorgt. Dabei ist zu beachten, dass der Spannungsregler nur eingeschaltet wird, sofern das Powermanagement-IC genug Energie gesammelt hat. D. h., die Ausgangsspannung wird erst freigeschaltet, sobald der Speicher 3,67 V erreicht hat und am Solar-Eingang min. 380 mV/3 μ W anliegen. Danach kann der Speicher bis max. 3,01 V entladen werden.



Die Energiequelle/Solarzelle darf max. 5 V und 110 mA liefern.

Danach werden die Solarzellen [7] vorbereitet und mit Solar Cell +/- verbunden. Bei ausreichendem Licht wird dann mit dem Ladevorgang des angeschlossenen Energiespeichers begonnen.

Der energieautarke Betrieb der LoRIS-Base eignet sich hervorragend für Anwendungen mit Sensoren gerade im Outdoorbereich, z. B. Temperaturmessung mit dem Modul LoRIS-Temp-Hum1 [8] oder als Bewegungsmelder in Verbindung mit dem LoRIS-Contact1 [9] und einem PIR-Sensor [10].

Mit einem entsprechenden Gehäuse mit transparentem Deckel kann der Aufbau wetterfest gemacht werden (Bild 8). **ELV**

i Weitere Infos

- [1] Experimentierplattform LoRIS-Base – Artikel-Nr. 156514
- [2] LoRIS-Buttoncell – Artikel-Nr. 156745
- [3] ELVjournal 2/2021: Einfach Energie ernten – universelles Energy Harvesting Modul UEH80 – Artikel-Nr. 251978
- [4] e-Peas PMIC AEM10941: <https://e-peas.com/product/aem10941/>
- [5] Panasonic eneloop 4er-Pack NiMH-Akkus (Mignon/Micro), Artikel-Nr. 071500 und 071501
- [6] Batteriehalter (Mignon/Micro) – Artikel-Nr. 080119/081537
- [7] SOL-Expert-Solarzelle SM80L – Artikel-Nr. 118141
- [8] LoRIS-Temp-Hum1 – Artikel-Nr. 157134
- [9] LoRIS-Contact1 LoRIS-AM-CI1 – Artikel-Nr. 156902
- [10] ELV Bewegungsmeldermodul PIR 13 – Artikel-Nr. 057723

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

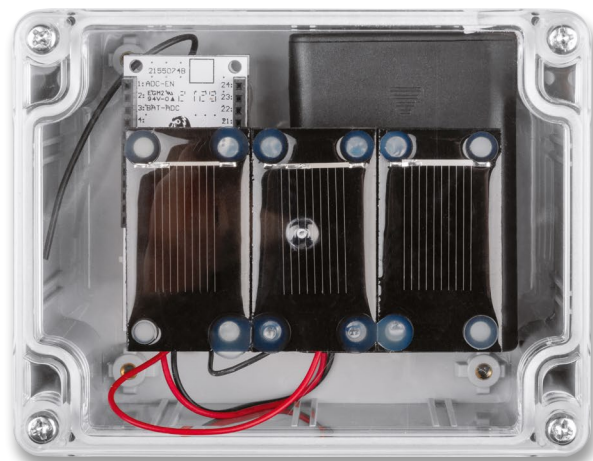
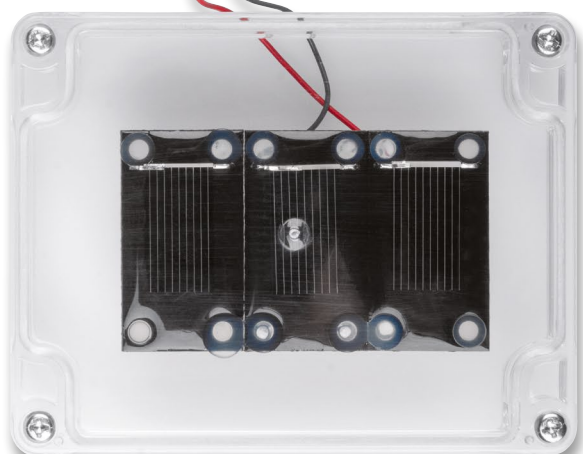
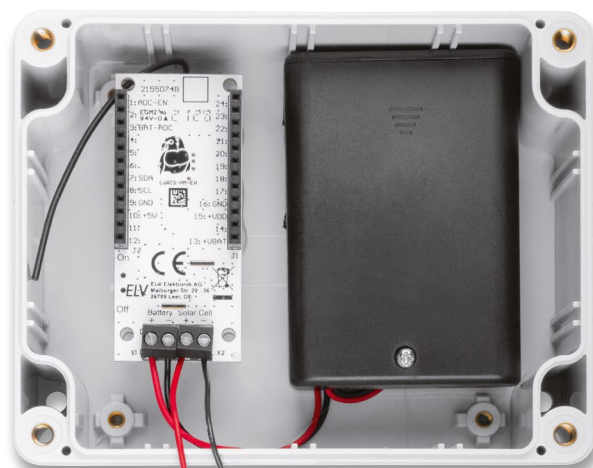


Bild 8: Outdoor-Anwendung im Gehäuse mit klarem Deckel

Geräte-Kurzbezeichnung:	LoRIS-PM-EH
Spannung Speicher (Battery):	0–4,5 V (Kondensator) 2,2–4,5 V (Akku)
Spannung Quelle (Solar Cell):	0,05–5 V
Leistung Quelle (Solar Cell):	3 μ W–550 mW
Spannung Ausgang:	3,3 V
Strom Ausgang:	125 mA max.
Länge anzuschließender Leitungen:	3 m max.
Umgebungstemperatur:	-10 bis +55 °C
Abmessungen (B x H x T):	59 x 27 x 19 mm
Gewicht:	12 g



Wichtiger Hinweis

Da beim LoRIS-PM-EH für die Anschlüsse der Solarzelle keine Schutzfunktionen vorgesehen sind, muss dies in der externen Beschaltung berücksichtigt werden. Die Leistung muss entweder durch Sicherungselemente auf 550 mW begrenzt werden oder die angeschlossenen Solarzellen dürfen nicht mehr als 550 mW liefern.