

Sonnensammler

ELV Erweiterungsmodul Solar-Adapter 1 ELV-EM-SA1

Sensoren im LoRaWAN zeichnen sich vor allem durch die energiearme Übertragung von Daten über große Entfernungen aus. Mit dem ELV-Modulsystem für LoRaWAN bieten wir neben dem Basismodul ELV-LW-Base die entsprechenden Applikationsmodule an, die als Sensorik dienen. Die Spannungsversorgung der Module kann direkt über die USB-C-Buchse an der ELV-LW-Base erfolgen, aber auch über Powermodule wie das ELV-Buttoncell und das ELV-EnergyHarv. Für Letzteres ist das ELV Erweiterungsmodul Solaradapter 1 gedacht, das wir in diesem ELVjournal vorstellen. Dieses kann einfach auf das Energy-Harvesting-Modul aufgesteckt werden und ermöglicht damit eine autarke Spannungsversorgung der Module aus dem LoRaWAN-Experimentiersystem.

Mit einem Klick
direkt zum Bausatz



ELV-EM-SA1
Artikel-Nr.
157907

Bausatz-
beschreibung
und Preis:



www.elv.com

i Infos zum Bausatz ELV-EM-SA1



Schwierigkeitsgrad:
leicht



Ungefähre Bauzeit:
0,1h



Besondere Werkzeuge:
nein



Lötterfahrung:
nein



Programmierkenntnisse:
nein



Elektrische Fachkraft:
nein

Autarke Sensoren

Nicht überall ist eine permanente Spannungsversorgung für unser ELV-Modulsystem für LoRaWAN möglich. Meist ist dies auch aufgrund des energiearmen Betriebs gar nicht notwendig. Soll der Sensorknoten beispielsweise im Außenbereich eingesetzt werden, bietet sich die Nutzung der Sonnenenergie an, vorausgesetzt es ist genug Sonnenlicht an dem entsprechenden Standort vorhanden.

Das ELV Erweiterungsmodul Solar-Adapter1 kann in diesem Fall einfach auf das ELV Powermodul Energy Harvesting (Bild 1, [1]), das mit einem entsprechenden Energiespeicher wie z. B. NiMH-Akkus verbunden ist, aufgesteckt werden. Diese Kombination dient dann als autarke Spannungsversorgung für die ELV-LW-Base [2] und weitere Applikationsmodule wie z. B. das ELV Applikationsmodul Temperatur Luftfeuchte [3]. Ein Anwendungsbeispiel für so einen Modulstapel ist in Bild 2 zu sehen.

Als Gehäuse bietet sich unser modulares Gehäusesystem MH0101 an, das mit einem transparenten Oberteil erhältlich ist [4]. Die Gehäusegröße ist so bemessen, dass in das Standardgehäuse eine ELV-LW-Base, ein Applikationsmodul, das ELV Powermodul Energy Harvesting und das ELV Erweiterungsmodul Solar-Adapter 1 genau hineinpassen

(Bild 3). Kleine Energiespeicher wie Supercaps können in das Gehäuse integriert werden, andere größere Energiespeicher können durch herausgeführte Kabel unterhalb des Gehäuses sicher und geschützt angebracht werden.

Solarmodul

Als Solarmodul wird das SM141K06L von Anysolar eingesetzt. Es besteht aus sechs in Reihe geschalteten, hocheffizienten monokristallinen Solarzellen. Es kann aufgrund der verwendeten Technologie sowohl in Innen- als auch in Außenbereichen eingesetzt werden. In Tabelle 1 sind die wichtigsten technischen Spezifikationen zu sehen.

Solarzellen-Technologie

Solarzellen sind sogenannte Energiewandler, die die Strahlungsenergie der Sonne in elektrische Energie umwandeln. Sie finden schon seit vielen Jahrzehnten Einsatz in elektronischen Geräten. Der Taschenrechner ist das wohl bekannteste elektronische Produkt, das im Consumerbereich mit kleinen Solarmodulen die Spannungsversorgung realisiert. Große Module sind in Photovoltaikanlagen und auch in sogenannten Balkonkraftwerken zu finden.

Die Solarzelle macht sich zur Energiewandlung von Sonnen- in elektrische Energie den photovoltaischen Effekt zunutze und arbeitet nach dem Prinzip der Photodiode. Bild 4 zeigt den schematischen Aufbau einer Solarzelle.

Die Grenzschicht bzw. der p-n-Übergang einer kristallinen Silizium-Solarzelle entsteht, wenn eine p-dotierte Schicht an eine n-dotierte Schicht stößt. Ohne Lichtzufluss bildet sich so eine Raumladungszone in dieser Solarzelle, die durch den räumlichen Konzentrationsunterschied im p- und n-Gebiet entsteht. Eine Raumladungszone ist in Halbleitern ein Bereich, in dem entweder ein Überschuss oder ein Mangel an Ladungsträgern vorherrscht, sodass diese Zone nicht mehr ladungsneutral ist. Ein elektrisches Feld baut sich auf, das der Abwanderung von Ladungsträgern entgegenwirkt. Sobald nun Strahlung in Form von Licht auf den Halbleiter fällt, werden zusätzliche Ladungsträger in der Raumladungszone eingebracht. Die Elektronen wandern in Richtung des n-Gebietes, die entstandenen Löcher bewegen sich in Richtung des p-Gebietes. Die Elektronen und Löcher sammeln sich an den Oberflächen der beiden Schichten.

Wenn die Oberflächen entsprechend kontaktiert werden, kann die Leerlaufspannung (Open-Circuit-Voltage U_{oc}) zwischen der p- und der n-dotierten Schicht gemessen werden. Im Fall unseres im ELV-EM-SA1 verwendeten monokristallinen Solarmoduls liegt diese bei 4,15 V (s. Tabelle 1). Schaut man sich das Solarmodul genauer an, erkennt man

Symbol	Cell Parameter	Typical Ratings *)	Units
V_{oc}	open circuit voltage	4.15	V
I_{sc}	short circuit current	58.6	mA
V_{mpp}	voltage at max. power point	3.35	V
I_{mpp}	current at max. power point	55.1	mA
P_{mpp}	maximum peak power	184	mW
FF	fill factor	> 70	%
η	solar cell efficiency	25	%
$\Delta V_{oc}/\Delta T$	open circuit voltage temp. coefficient	-10.4	mV/K
$\Delta I_{sc}/\Delta T$	max power temp. coefficient	26.5	$\mu A/K$
R_{thJA}	thermal resistance of junction to ambient	10	K/W

*) All values measured at Standard Condition: 1 sun (= 1000 W/m²), Air Mass 1.5, 25°C

Tabelle 1: Die wichtigsten technischen Spezifikationen des Solarmoduls SM141K06L (Quelle: Datenblatt Anysolar SM141K06L)

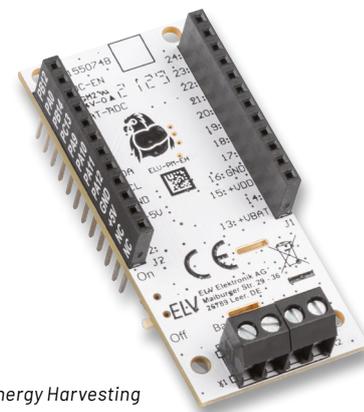


Bild 1: ELV Powermodul Energy Harvesting

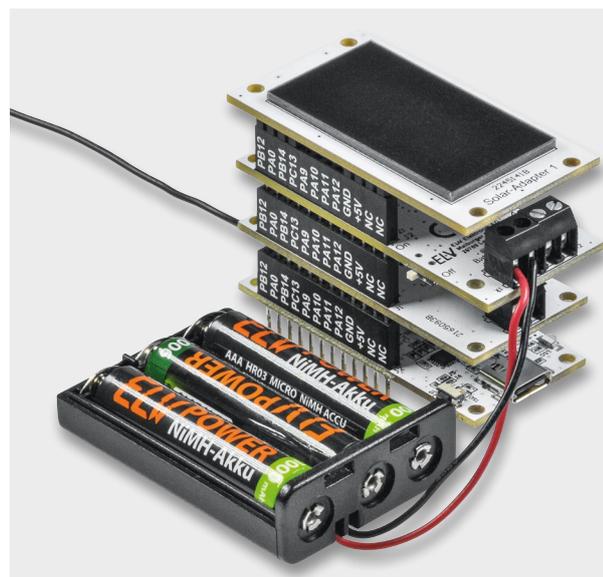


Bild 2: Ein Modulstapel mit der ELV-LW-Base (unten), darüber das ELV Applikationsmodul Temperatur Luftfeuchte, darauf das ELV Powermodul Energy Harvesting mit angeschlossenen Mignon-Akkus und ganz oben das ELV Erweiterungsmodul Solar-Adapter 1



Bild 3: Passt exakt in das Gehäuse – der Modulstapel aus Bild 2 mit dem transparenten Deckel des modularen Gehäuses MH0101.

sechs in Reihe geschaltete Solarzellen. Diese hohe Leerlaufspannung erreicht das Solarmodul allerdings nur bei sehr hoher Bestrahlungsstärke ($\sim 1000 \text{ W/m}^2$).

Werden die Flächen miteinander verbunden, so fließt der Kurzschlussstrom. Das elektrische Verhalten einer Solarzelle lässt sich deutlich in der Strom-Spannungs-Kennlinie darstellen (Bild 5). Hier zeigt sich für verschiedene Bestrahlungen der Solarzelle die Spannung in Abhängigkeit zum Strom. Bei offenen Klemmen stellt sich an den Kontakten die Leerlaufspannung U_{oc} ein, die bei einer Silizium-Solarzelle ca. $0,6 \text{ V}$ mit einer Bestrahlung von 1000 W/m^2 beträgt. Beim Kurzschließen der Klemmen läuft die Spannung gegen 0 V und der Kurzschlussstrom I_{sc} stellt sich ein. Der Strom verhält sich nahezu proportional zu der Einstrahlung der Zelle.

Gleichzeitig hängt der Kurzschlussstrom von der Fläche der Solarzelle ab. Die Spannung verringert sich mit steigender Temperatur der Solarzelle, was im Einsatz berücksichtigt werden muss. Um die maximale Leistung an der Solarzelle zu erreichen, muss das maximale Produkt aus Strom und Spannung gesucht werden. Der optimale Betriebspunkt wird in der Photovoltaik als Maximum Power Point (MPP) bezeichnet und ist in Bild 5 jeweils als Punkt auf den Kennlinien dargestellt.

Um die Güte einer Solarzelle zu bestimmen, kann der Füllfaktor FF herangezogen werden. Das Verhältnis der Leistung im MPP zu dem Produkt aus Leerlaufspannung und Kurzschlussstrom der Solarzelle beschreibt die Güte. Die ideale Solarzelle besitzt den Wert 1. Bei kristallinen Solarzellen werden Werte zwischen $0,75$ und $0,85$ erreicht, bei amorphen Zellen liegt der Füllfaktor zwischen $0,5$ und $0,7$. Das für das ELV-EM-SA1 verwendete monokristalline Solarmodul hat einen Füllfaktor von $> 70 \%$ bzw. $0,7$ (s. Tabelle 1).

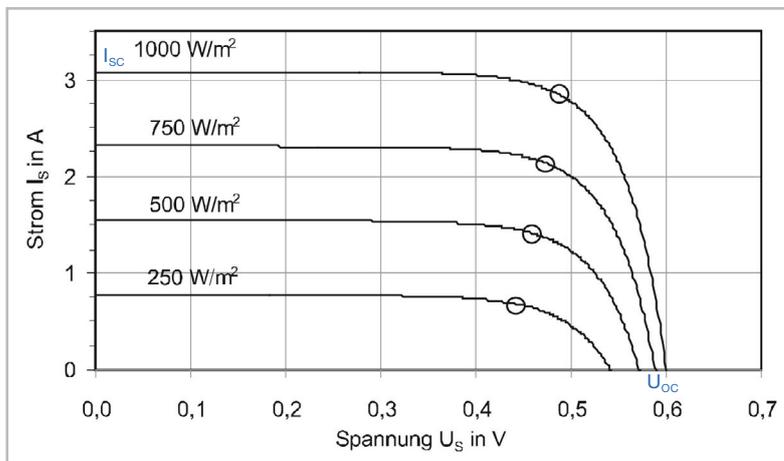


Bild 5: Beispiel einer Strom-Spannungs-Kennlinie einer Solarzelle mit unterschiedlichen Einstrahlungen

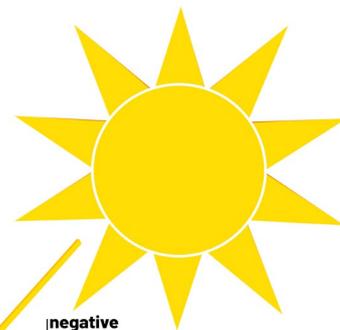


Bild 4: Schematischer Aufbau einer Solarzelle

Zellentypen

Polykristalline Zellen

Polykristalline Zellen werden in der Regel für Außenanwendungen eingesetzt und haben eine spektrale Empfindlichkeit von etwa 500 bis 1100 nm . Sie sind im mittleren Preissegment angesiedelt und bieten in der Regel einen Wirkungsgrad von 15 bis 20 Prozent.

Amorphe Zellen

Amorphe Zellen arbeiten in einem Spektralbereich von etwa 300 bis 600 nm und werden überwiegend in Innenräumen verwendet, da sie für das obere Lichtspektrum nicht empfindlich sind und das natürliche Sonnenlicht nicht nutzen können. Sie bieten einen Wirkungsgrad von 5 bis 7 Prozent und werden hauptsächlich für Geräte mit sehr geringem Stromverbrauch wie Uhren und elektronische Taschenrechner verwendet.

Monokristalline Zellen

Monokristalline Zellen wie die im ELV-EM-SA1 eingesetzte Anysolar SM141K06L haben eine spek-

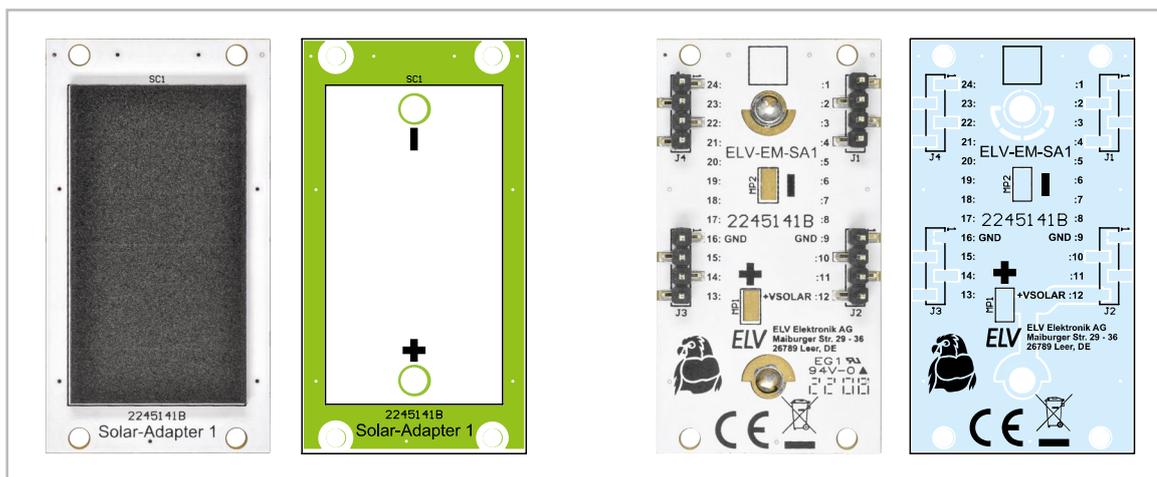


Bild 6: Platinenfotos und Bestückungsdrucke des ELV-EM-SA1

trale Empfindlichkeit von 300 nm (Nah-Ultraviolett) bis 1100 nm (Nah-Infrarot), was auch sichtbares Licht (400 bis 780 nm) einschließt. Aufgrund dieses breiten Spektralbereichs können sie sowohl in Innenräumen als auch im Freien eingesetzt werden.

Monokristallines oder einkristallines Material ist am teuersten, enthält aber keine Verunreinigungen, sodass die Effizienz der Energieumwandlung im Laufe der Betriebszeit nicht abnimmt. Der typische Wirkungsgrad der im Handel erhältlichen monokristallinen Zellen liegt zwischen 15 und 25 Prozent. Die Oberfläche dieser Zellen hat eine homogene dunkelblaue oder dunkelgraue Farbe.

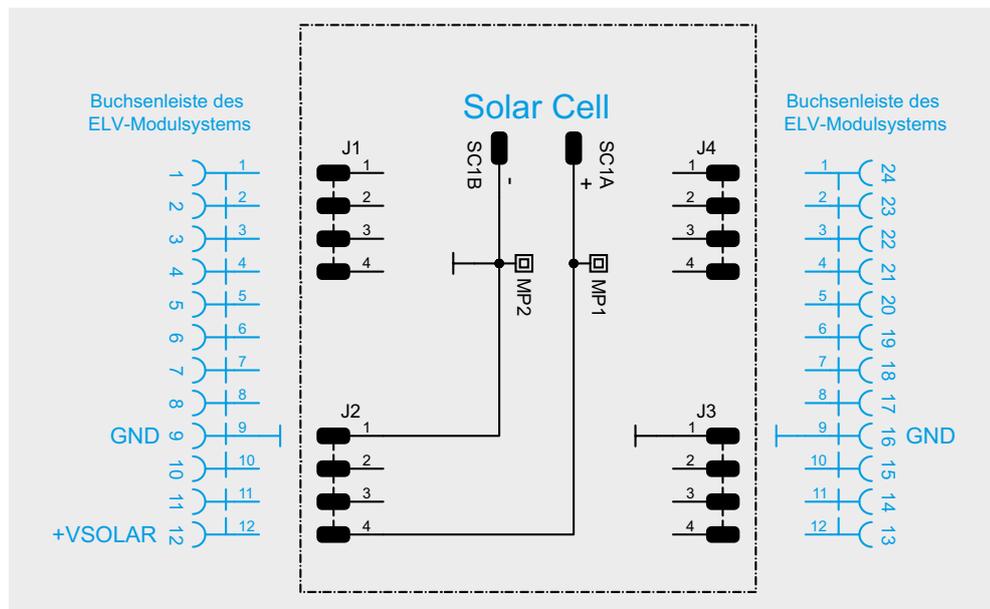


Bild 7: Schaltbild des ELV-EM-SA1

Schaltung

Die Platinenfotos und Bestückungsdrucke zum ELV Erweiterungsmodul Solar-Adapter 1 sind in Bild 6 und das Schaltbild ist in Bild 7 zu sehen. Die Schaltung gestaltet sich recht einfach, neben der Solarzelle werden noch vier Stiftleisten für die Kontaktierung genutzt. Die Solarzelle ist auf der einen Seite mit Masse (SC1B) verbunden, die auch auf der Stiftleiste J2 Pin 1 verbunden ist. Die positive Solarspannung (SC1A) ist mit Stiftleiste J2 Pin 4 verbunden. Über diesen Pin wird die Solarspannung (+VSOLAR) an das ELV Powermodul Energy Harvesting übergeben.

Anwendung

Die Anwendung und Inbetriebnahme des ELV-EM-SA1 ist denkbar einfach. In Verbindung mit dem ELV-EnergyHarv ist es lediglich auf dieses Modul aufzustecken. An den Pins +VSOLAR und GND wird die Spannung vom Solarmodul direkt an das ELV Powermodul Energy Harvesting weitergegeben.

Man kann das ELV-EM-SA1 auch abgesetzt betreiben. Dazu kann man das Modul über die Löt pads (+/-) auf der Unterseite mit einem Kabel mit dem zu versorgenden Gerät verbinden. Das empfiehlt sich z. B., wenn die Sonneneinstrahlung an der Montagestelle des Modulstacks unzureichend ist. So kann man das Modul auch für andere Energy-Harvesting-Anwendungen verwenden, z. B. für den ELV Bausatz Universelles Energy Harvesting Modul UEH80 (Bild 8, [5]).

Da das ELV Erweiterungsmodul Solar-Adapter 1 Breadboard-kompatibel ist, eignet es sich auch für experimentelle Schaltungsaufbauten, bei denen ein Solarmodul als Energiewandler verwendet werden soll.

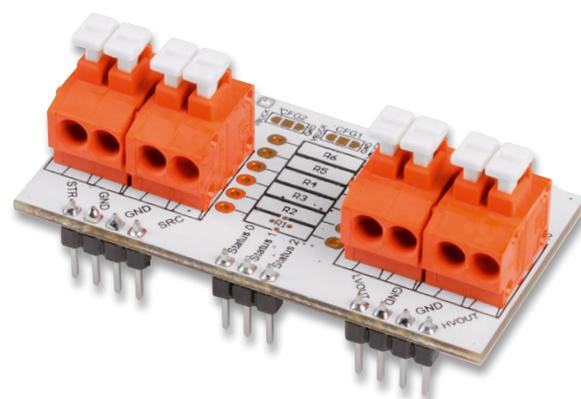


Bild 8: Auch mit dem ELV Bausatz Universelles Energy Harvesting Modul UEH80 kann das ELV-EM-SA1 verwendet werden.

Stückliste

Sonstiges:

Solarzelle, 3,35 V, 55,1 mA	SC1
Stiftleisten, 1x 4-polig, gerade	J1-J4

Daten

Geräte-Kurzbezeichnung:	ELV-EM-SA1
Leerlaufspannung:	4,15 V
Kurzschlussstrom:	58,6 mA
Umgebungstemperatur:	-10 bis +55 °C
Abmessungen (B x H x T):	55 x 12,8 x 29,5 mm
Gewicht:	9,99 g

i Weitere Infos

- [1] ELV Powermodul Energy Harvesting: Artikel-Nr. 156839
- [2] ELV-LW-Base: Artikel-Nr. 156514
- [3] ELV Applikationsmodul Temperatur und Luftfeuchte: Artikel-Nr. 157134
- [4] Modulares Gehäuse mit transparentem Oberteil MH0101b: Artikel-Nr. 157760
- [5] ELV Bausatz Universelles Energy Harvesting Modul UEH80: Artikel-Nr. 156456

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