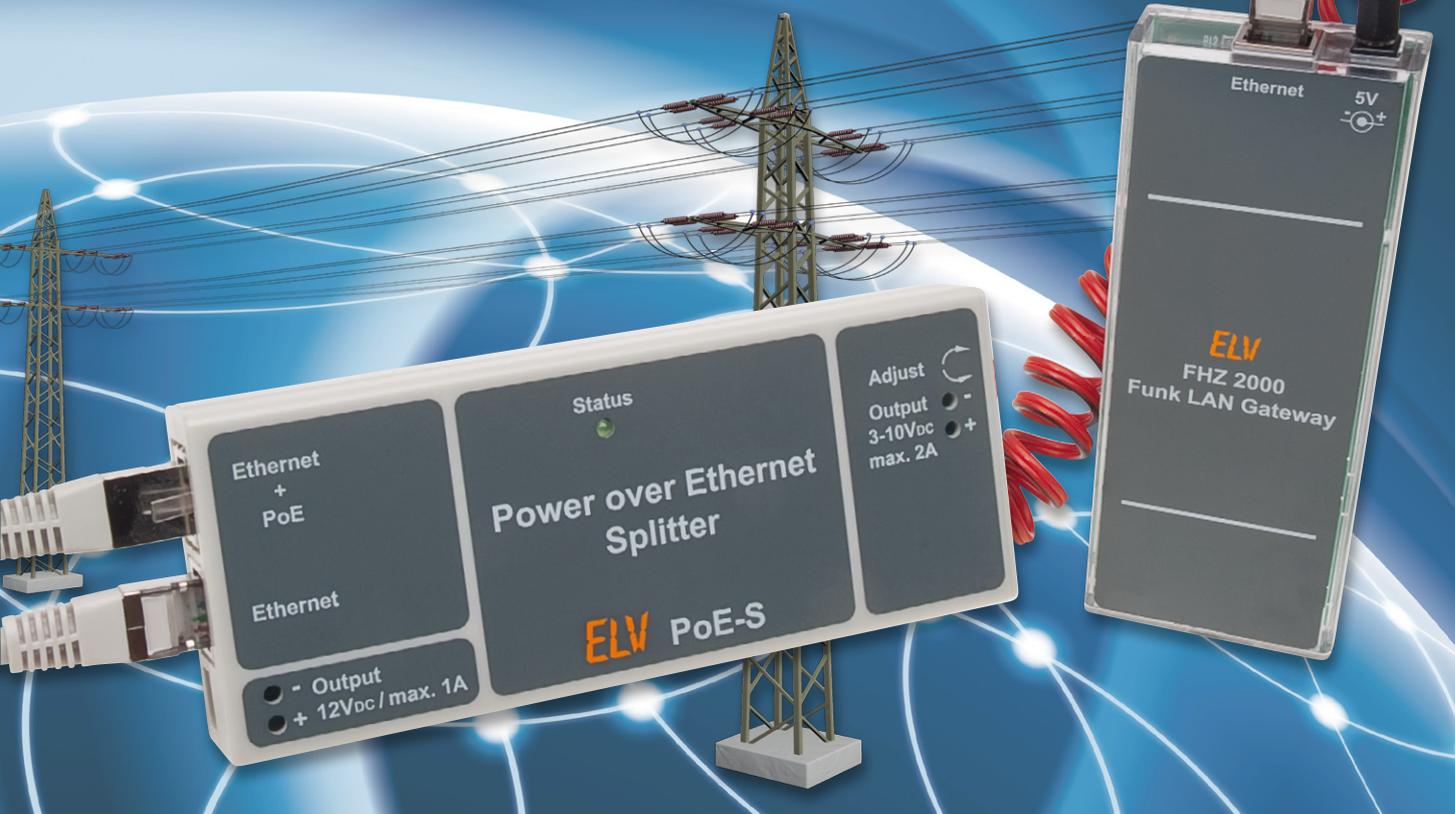


# Stromversorgung über das Netzwerk



## Power over Ethernet-Splitter

Nicht nur bei USB ist es inzwischen üblich, die vorhandene Datenübertragungsleitung auch als Transportmedium für die Stromversorgung von Geräten mit geringem Stromverbrauch zu benutzen, zunehmend findet man dies auch in Ethernet-Computernetzwerken. Hier heißt die Technik „Power over Ethernet“ (PoE). Man findet sie vor allem bei weit abgesetzten Geräten wie Access-Points oder Netzwerkkameras und in der IP-Telefonie. Über das Netzwerk lassen sich aber auch nicht PoE-fähige Geräte versorgen – mit sogenannten PoE-Splittern. Einen solchen stellen wir in dieser Ausgabe vor.

### Strom und Daten gemeinsam führen

Die Idee, eine vorhandene Infrastruktur mehrfach zu nutzen, ist nicht ganz neu. Bei USB war dies von Anfang an vorgesehen, derzeit vollzieht sich hier der Wandel hin zur Versorgung von Geräten mit weit höherem Strombedarf als bisher zugelassen. Quasi der umgekehrte Fall ist PLC – hier erfolgt der Datentransport zusätzlich zur eigentlichen Aufgabe eines Stromkabels, nämlich elektrische Energie zu transportieren. Die Idee, via PoE an das Netzwerk angeschlossene Ge-

räte mit Energie zu versorgen, birgt unter bestimmten Umständen auch Energiesparpotential. Werden mehrere Geräte über PoE versorgt, sind nicht mehr für jedes separate Netzteile mit eigenen Verlusten notwendig. Die Versorgung erfolgt über ein zentrales, intelligentes Einspeisegerät, das im optimalen Fall durch ein hocheffizientes Netzteil versorgt wird.

Der zusätzliche Stromtransport über Ethernet-Netzwerkleitungen ist seit 2003 durch die Norm IEEE 802.3af geregelt, die Norm IEEE 802.3at legt die Bedingungen für PoE plus fest. PoE plus wurde im Jahr 2009 eingeführt, um auch Geräte mit höherem Energiebedarf versorgen zu können. Wesentlicher Bestandteil dieser Norm sind neben den technischen Kennwerten (Tabelle 1) die Festlegungen darüber, die Datenintegrität und die Netzwerksicherheit zu gewährleisten und zu verhindern, dass nicht für PoE konstruierte Netzwerkgeräte durch die zusätzlich anliegende Spannung beschädigt werden.

Ferner ist hier die Architektur von PoE festgelegt. Man unterscheidet zunächst in speisende Geräte (PSE) und gespeiste Geräte (PD).

Daten	Anschlüsse:	1x Ethernet, 1x Ethernet + PoE, 1x Schraubklemme
	Versorgungsspannung:	PoE-powered
	Ohne optionales SDW 35:	
	Ausgangsspannung:	12 V/max. 1 A
	Mit SDW 35:	
	Ausgangsspannung:	3–10 V/max. 2 A
Abm. (B x H x T):	57 x 142 x 24 mm	

Die 48-V-Einspeisung kann entweder über ein eigenes Speisegerät, z. B. PoE Injektor (Midspan-Device), oder über einen Router bzw. Switch (Endspan-Device) erfolgen. Bild 1 zeigt die zugehörige Architektur. PoE-fähige Netzwerkgeräte greifen die Versorgungsspannung hinter ihrem Netzwerkeingang ab, benötigen somit keinen weiteren Anschluss für die Spannungsversorgung. Bei nicht PoE-fähigen Geräten müssen Daten und Strom vor dem Geräteanschluss getrennt werden, um das Netzwerkgerät über seinen regulären Stromversorgungsanschluss zu versorgen. Diese Aufgabe übernimmt ein PoE-Splitter (Extraktor). Bild 2 zeigt eine schematische Darstellung, wie ein Splitter eingesetzt werden kann. Die Ein- und Ausspeisung der Spannung erfolgt über Übertrager, die für die galvanische Trennung zwischen Betriebsspannung und Signal sorgen.

Um ein zu versorgendes Gerät (PD) zu erkennen bzw. um nicht PoE-fähige Geräte vor einer Beschädigung durch Überspannung zu schützen, ist eine Anmelde- und Klassifizierungsprozedur erforderlich.

Die Anmeldeprozedur beginnt damit, das PD zu erkennen (Detektierung). Dazu legt das PSE zwei definierte Spannungsrampen (2,8 und 10,1 V) an und misst den sich einstellenden Strom. Ist ein nicht PoE-fähiges Gerät angeschlossen, wird hier abgebrochen und keine Spannung auf das Netzkabel geschaltet. Somit kann dieses nicht beschädigt werden.

Wird hingegen ein PoE-fähiges Gerät erkannt, wird dessen Leistungsklasse abgefragt, indem das PSE einen Spannungsimpuls von 14,5 bis 20,5 V erzeugt und den resultierenden Strom misst (Klassifizierung). Dieser sogenannte Signaturstrom zeigt der PSE an, in welche Klasse das Gerät eingestuft ist.

Nach Abschluss dieser Prozedur wird die Versorgungsspannung aufgeschaltet.

Wird die Verbindung zum PD aufgetrennt bzw. fällt die Stromaufnahme unter 5 bis 10 mA, erfolgt sofort das Abschalten der Spannung. Hierfür muss der Stromfluss ständig durch das PSE überwacht werden.

Eine ausführliche Einführung mit weiterführenden Informationen ist unter [1] nachzulesen. Hier gibt es auch detaillierte Informationen zu Adernbelegungen zum Aufbau der PSE- und PD-Anschlüsse. Abschließend zu den Grundlagen soll nicht unerwähnt bleiben, dass für PoE nur Patchkabel nach ISO/IEC 11801:2002 eingesetzt werden dürfen, um der Spezifikation zu genügen.

Die zugehörige Norm IEEE 802.3at lässt sich kostenlos unter [2] runterladen. Durch eine kurze Internetrecherche lassen sich noch weitere Hintergrundinformationen leicht finden.

### Der PoE-Splitter

Wie bereits erläutert, ist für die Versorgung von nicht PoE-fähigen Geräten ein PoE-Splitter erforderlich. So ein Splitter muss natürlich die geforderten Spezifikationen einhalten, damit ein PSE ihn erkennt und die Versorgungsspannung freischaltet.

Der hier vorgestellte PoE-Splitter ist normenkonform, im Gegensatz zu einfachen Splitttern, die meist im Set mit einfachen Injektoren verkauft werden. Diese einfachen Injektoren speisen immer direkt 48 V ein, und der Splitter besteht aus einem einfachen

Tabelle 1

### Die wichtigsten Kennwerte von PoE und PoE plus

	IEEE 802.3af (PoE)	IEEE 802.3at (PoE plus)
Power-Einspeisung	End- oder Midspan	End- oder Midspan
PSE-Ausgangsspannung	44–57 V	50–57 V
Max. Betriebsstrom	0,35 A	0,72 A
Leitungswiderstand	20 Ω	20 Ω
Max. Spannungsfall	7,0 V	14,4 V
Min. Spannung am PD	37,0 V	35,6 V
Max. Leistung vom PSE	15,40 W	30,00 W
Max. Leistung zum PD	12,95 W	25,63 W
Class ID	0...3, 4 wie 0	Layer 1: 0...4 Layer 2: bis zu 1023 Klassen

Spannungsregler. So ein einfacher Injektor kann ein nicht PoE-fähiges Netzwerkgerät beschädigen oder zerstören, da Gleichspannung je nach Gerät unkontrolliert in die Schaltung fließen könnte. Ein derartiger einfacher Splitter wiederum wird an keinem normkonformen Switch oder Injektor funktionieren, da er nicht erkannt wird.

Unser Splitter kann zudem sehr universell eingesetzt werden, da er neben einer festen Ausgangsspannung auch eine stufenlos einstellbare Spannung zur Verfügung stellen kann. In der Grundkonfiguration liefert er die von den vielen Geräten wie IP-Kameras o. Ä. benötigte feste Ausgangsspannung von 12 V bei einer maximalen Strombelastbarkeit von 1 A. Damit lassen sich z. B. bereits auch IP-Kameras mit sehr leistungsstarken IR-Scheinwerfern betreiben.

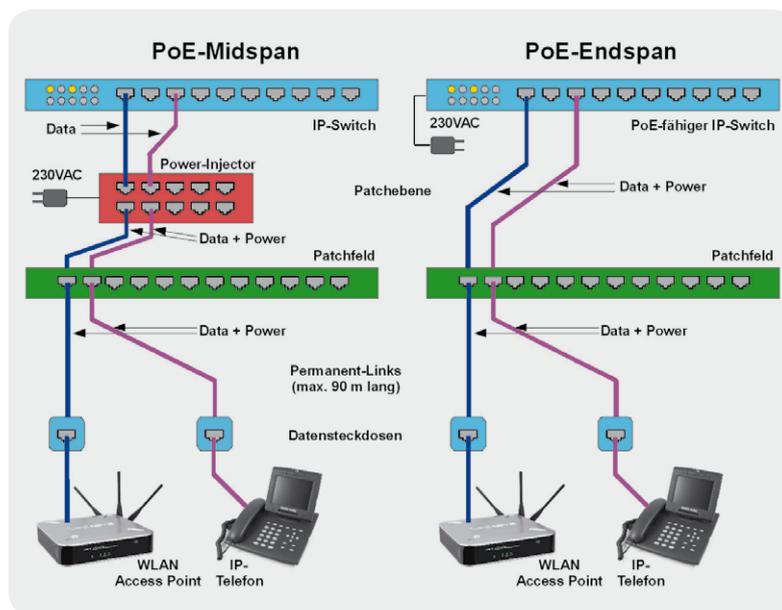


Bild 1: Die PoE-Architektur bei Midspan- und Endspan-Betrieb

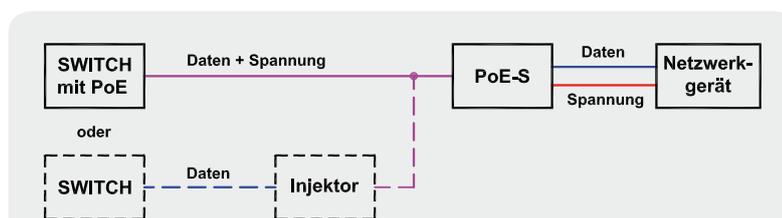


Bild 2: Anschlussschema PoE-S

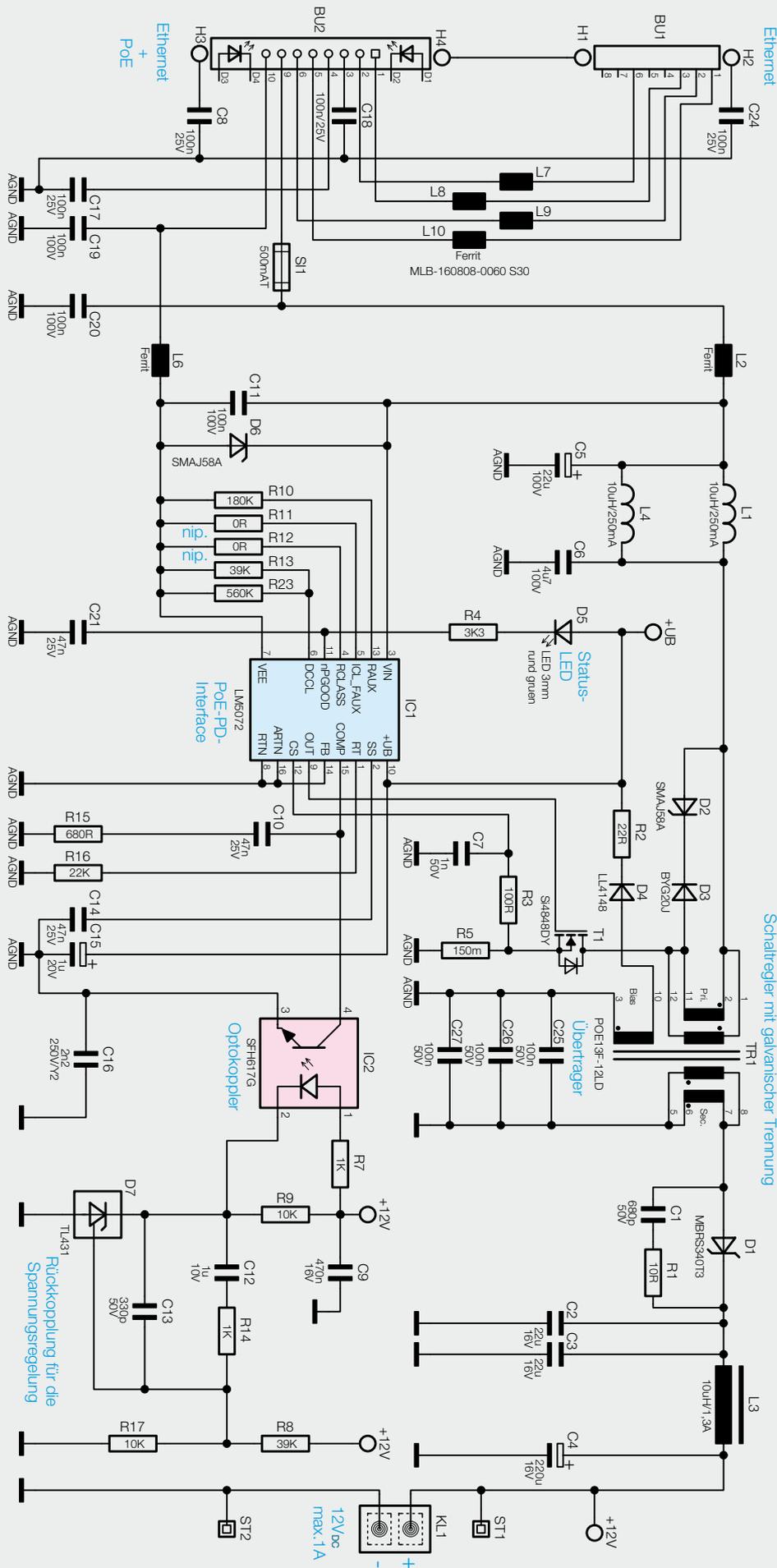


Bild 3: Die Schaltung des PoE-S mit dem PD-Interface-Bauelement LM5072 als zentralem Bauelement

Alternativ kann eine flexible Ausgangsspannung über das optional integrierbare Schaltreglermodul SDW 35 (3 bis 10 V Ausgangsspannung, max. 2 A) ausgegeben werden. Damit wird der Splitter absolut flexibel und ist an nahezu jede Aufgabe anpassbar. So können dann auch Geräte mit den verbreiteten Betriebsspannungen von 5 oder 3 V angeschlossen werden.

## Schaltungsbeschreibung

Bild 3 zeigt die Schaltung des PoE-Splitters. An Buchse BU2 wird das Netzwerk-kabel angeschlossen, das vom PoE-fähigen Switch oder einem PoE-Injektor kommt. Laut Spezifikation (siehe [1]) kann die Gleichspannung auf den freien Adernpaaren 4/5 und 7/8 oder aber auf den signalführenden Paaren 1/2 und 3/6 eingespeist werden. Die Polarität ist je nach Einspeise-Variante unterschiedlich, daher werden Brückengleichrichter notwendig, um die Gleichspannung mit der richtigen Polarität zu erhalten. Im Schaltbild nicht zu sehen ist, dass die Buchse die Übertrager zur galvanischen Entkopplung der Signale sowie die Gleichrichterdioden bereits enthält.

An Pin 10 der Buchse liegt das Massepotential und an Pin 9 die Spannung an. Die Masse wird an den Massepin VEE des PD-Controllers LM5072 geführt, die Spannung an Pin VIN. Die Ferrite L2 und L6 sowie C11 dienen der Störsignalunterdrückung. D6 ist eine Suppressordiode und schützt die Schaltung vor Überspannungsimpulsen.

Nach dem Anschluss an einen PoE-fähigen Netzwerkschwitch o. Ä. wird der PD-Controller des LM5072 über VIN versorgt. Sobald der Netzwerkschwitch den PoE-S erkannt hat und die reguläre Betriebsspannung anlegt, schaltet das PD-Interface einen internen MOSFET durch und verbindet Pin VEE mit Pin RTN. Alle Schaltungsteile, die sich auf AGND beziehen, erhalten jetzt ihr Massepotential. Durch dieses Vorgehen wird gewährleistet, dass die Detektierungs- und die Klassifikationsphase ungestört erfolgen

kann. Über einen internen Spannungsregler wird jetzt eine Hilfsspannung erzeugt, die den Rest des LM5072 versorgt. Der Schaltregler läuft an und sobald über die Hilfswicklung des Leistungsübertragers TR1 eine ausreichend hohe Spannung erzeugt wird, schaltet der interne Spannungsregler ab.

Die Spannungsregelung erfolgt über die Referenzdiode D7 und den Optokoppler IC2. D7 regelt ihren Katodenanschluss so aus, dass an ihrem Steuereingang eine Spannung von ca. 2,5 V ansteht. Dieser Anschluss wird über den Spannungsteiler aus R8 und R17 gespeist und ist so ausgelegt, dass die Referenzdiode die Ausgangsspannung auf 12 V ausregelt. D7 steuert die Sendediode des Optokopplers, was wiederum einen Strom im primärseitigen Fototransistor verursacht und über den Pin COMP des LM5072 die Ansteuerung des MOSFETs T1 beeinflusst. Die Stromregelung erfolgt auf der Primärseite über den Shunt R5.

Die eingangs- und ausgangsseitigen Spulen, Ferrite und Kondensatoren (L1, L2, L4, L6, C5, C6, C11 und L3, C2, C3, C4) dienen der Siebung und Glättung der Spannung und des Stroms und verringern hochfrequente Störaussendungen.

Mit den Widerständen R12 und R13/R23 werden PoE-Klassifizierung und die maximale Dauerstromaufnahme eingestellt. Die gewählten Widerstandswerte entsprechen der Klasse 0 (0,44–12,95 W) und einer Strombegrenzung von 350 mA.

LED D5 zeigt den Status des POE-S an. Sobald die Detektierungs- und Klassifizierungsphase abgeschlos-

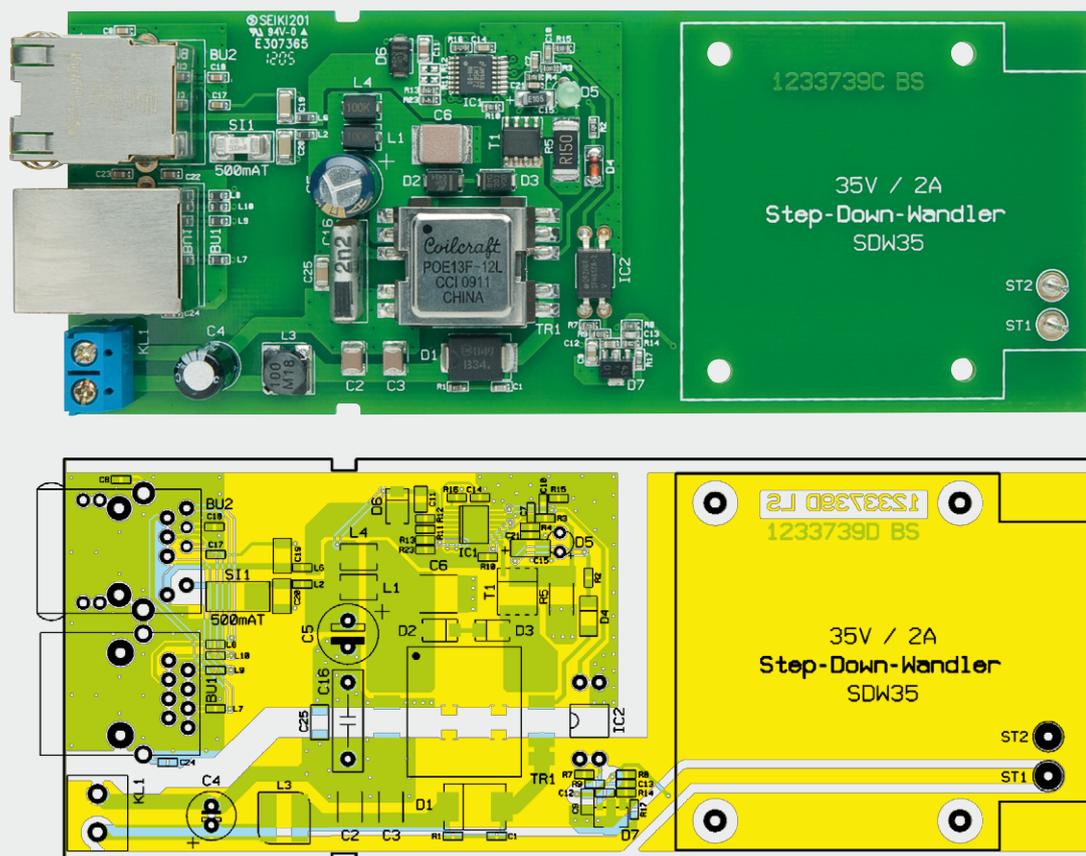


Bild 4: Platinfoto des PoE-S mit zugehörigem Bestückungsplan

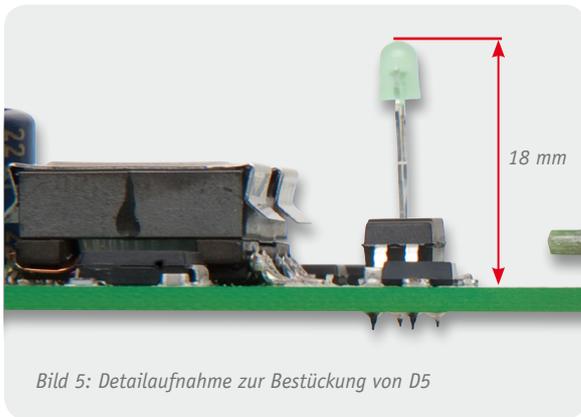


Bild 5: Detailaufnahme zur Bestückung von D5

sen ist und die Betriebsspannung von 48 V anliegt, leuchtet sie dauerhaft.

### Nachbau

Da die meisten eingesetzten Komponenten in SMD-Technik ausgeführt und bereits werkseitig bestückt sind, müssen nur noch wenige Bauteile verarbeitet werden. Bei der Bestückung kann man sich am Bestückungsplan samt Platinfoto (Bild 4) orientieren, dazu an der Stückliste und am Bestückungsdruck.

Als Erstes sollte der Optokoppler IC2 und dann der Y2-Kondensator C16 bestückt werden. Es folgen die Schraubklemme KL1 und die beiden Elektrolyt-Kondensatoren C4 und C5. Achtung: Beim Bestücken der Elkos ist die Polarität zu beachten.

Nun kann die LED D5 mit einer Einbauhöhe von ca. 18 mm, gemessen zwischen Platine und Gehäuseoberkante (siehe Bild 5), eingelötet werden. Als Letztes werden die beiden Netzwerkbuchsen BU1 und BU2 bestückt. Dabei ist darauf zu achten, dass die



### Wichtige Hinweise:

1. Das Gerät darf nur an PoE-Switches betrieben werden, welche die Norm IEEE 802.3af erfüllen.
2. Der 12-V-Ausgang (KL1) und der variable Ausgang des SDW 35 (KL3) dürfen nicht gleichzeitig verwendet werden!
3. An Klemme KL1 angeschlossene Leitungen dürfen eine Länge von 3 m nicht überschreiten. Außerdem dürfen Leitungen an Klemme KL1 nicht außerhalb von Gebäuden verlegt werden. Bei Einsatz eines SDW 35 gilt: Leitungen an Klemme KL3 dürfen eine Länge von 3 m nicht überschreiten. Außerdem dürfen Leitungen an Klemme KL3 nicht außerhalb von Gebäuden verlegt werden.
4. Nur Patchkabel verwenden, die mindestens die Spezifikation für F/UTP-Kabel (ISO/IEC 11801:2002) einhalten.

### Widerstände:

0,15 Ω/1 %/SMD/2512/1 W	R5
10 Ω/1 %/SMD/0603	R1
22 Ω/1 %/SMD/0603	R2
100 Ω/1 %/SMD/0603	R3
680 Ω/SMD/0603	R15
1 kΩ/SMD/0603	R7, R14
3,3 kΩ/1 %/SMD/0603	R4
10 kΩ/SMD/0603	R9, R17
22 kΩ/1 %/SMD/0603	R16
39 kΩ/SMD/0603	R8, R13
180 kΩ/1 %/SMD/0603	R10
560 kΩ/1 %/SMD/0603	R23

### Kondensatoren:

330 pF/SMD/0603	C13
680 pF/SMD/0603	C1
1 nF/SMD/0603	C7
2,2 nF/250 V~/Y2	C16
47 nF/SMD/0603	C10, C14, C21
100 nF/SMD/0603	C8, C17, C18, C24
100 nF/100 V/SMD/0805	C11
100 nF/SMD/1206	C25–C27
100 nF/100 V	C19, C20
470 nF/SMD/0805	C9
1 μF/SMD/0603	C12
1 μF/20 V/Tantal/SMD	C15
4,7 μF/100 V/SMD/5750	C6
22 μF/SMD/1210	C2, C3
22 μF/100 V/105 °C/Low ESR	C5
220 μF/16 V	C4

### Halbleiter:

LM5072MH-80/SMD	IC1
SFH617-2	IC2
Si4848DY/SMD	T1
MBRS340/SMD	D1
SMAJ58A-TR/SMD	D2, D6
BYG20J	D3
LL4148	D4
LED/3 mm/grün	D5
TL431CPKR	D7

### Sonstiges:

SMD-Induktivitäten, 10 μH	L1, L4
Chip-Ferrite, 0603, 60 Ω bei 100 MHz	L2, L6
Speicherdrossel, SMD, 10 μH/1,3 A	L3
Chip-Ferrite, 0603, 60 Ω bei 100 MHz	L7–L10
Trafo für PoE, 12 V/1,1 A, SMD	TR1
Sicherung, 500 mA, träge, SMD	SI1
Modulare Einbaubuchse, 8-polig, abgeschirmt	BU1
Modulare Einbaubuchse für PoE mit Übertrager, 8-polig,	BU2
Schraubklemmleiste, 2-polig, print	KL1
100 cm Lautsprecherleitung, 2 x 0,4 mm <sup>2</sup>	
3 Zylinderkopfschrauben, M2,5 x 12 mm	
3 Fächerscheiben, M2,5	
6 Muttern, M2,5	
1 Profil-Gehäuse, Typ PG97LGM, komplett, bearbeitet und bedruckt	

Buchsenplan auf der Leiterplatte aufliegen, um die mechanische Belastung der Lötstellen zu minimieren. Soll das optionale Schaltreglermodul SDW 35 eingesetzt werden, sind nun noch die Lötstifte ST1 und ST2 zu bestücken. Das SDW 35 wird laut zugehöriger Bauanleitung bestückt, wobei die Klemmen KL1 (UE) und KL2 des SDW 35 weggelassen werden. Die beiliegenden Schrauben werden von unten durch die Leiterplatte gesteckt und mit einer Mutter gekontert (Bild 6). Die Mutter dient zusätzlich als Abstandshalter für das SDW-35-Modul. Nun kann das Modul auf die Platine des PoE-S gesteckt und die Lötstifte mit den Anschluss pads der Klemme KL1 (SDW 35) verlötet werden.

Die fertig bestückte Platine ist nun in die Gehäuseoberseite einzulegen. Bevor die Gehäuseunterseite aufgeschoben wird, müssen alle über 1,5 mm abstehenden Kontakte auf 1,5 mm gekürzt werden, da diese ansonsten das Schließen verhindern. Insbesondere die Pins der Buchsen BU1 und BU2 sind entsprechend zu kürzen.

### Inbetriebnahme

Nach dem Einbau in das Gehäuse kann das Anschlusskabel mit der Klemme KL1 verbunden und der Anschlussstecker in das zu versorgende Gerät gesteckt werden. Bei Einsatz des Schaltreglermoduls SDW 35 muss das Anschlusskabel mit Klemme KL3 verbunden werden. Vor dem Anschluss an einen Verbraucher sollte die Ausgangsspannung kontrolliert werden. Dazu wird der PoE-S an einen PoE-fähigen Switch oder PoE-Injektor angeschlossen und die Ausgangsspannung an Klemme KL1 gemessen.

Nachdem die Detektierung und die Klassifizierung abgeschlossen sind, sollte die Status-LED D5 dauerhaft leuchten und das Messgerät eine Spannung von

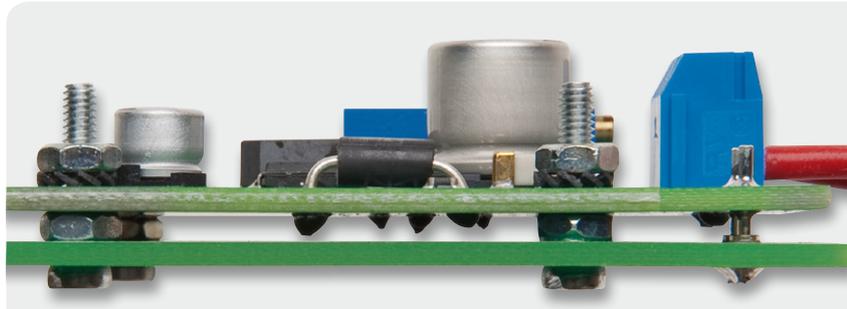


Bild 6: Die Befestigung des SDW 35 mit Kontermuttern

etwa 12,2 V an der Klemme anzeigen. Je nach Ausführung des Switches oder Injektors kann es sein, dass ein Mindeststrom notwendig ist, um die Erkennung zu gewährleisten. In diesem Fall blinkt die Status-LED zyklisch kurz auf und verlischt dann wieder. Um die korrekte Funktion zu testen, muss eine Last bzw. ein Verbraucher an den PoE-S angeschlossen werden. Ein 390-Ω-Widerstand (ca. 30 mA) sollte dabei im Test als Last genügen.

Falls eine geringere Spannung benötigt und das Modul SDW 35 eingesetzt wird, ist die Anschlussleitung an die Klemme KL3 des Moduls anzuschließen. Mit dem Spindeltrimmer R4 wird die benötigte Ausgangsspannung vor dem Einsatz eingestellt.

Um eine Überlastung zu verhindern, dürfen die beiden Ausgänge KL1 und KL3 nicht gleichzeitig verwendet werden. **ELV**



### Weitere Infos:

- [1] Power over Ethernet, ELVjournal 4/2009, S. 46 ff.
- [2] www.elv.de: Webcode: #1229

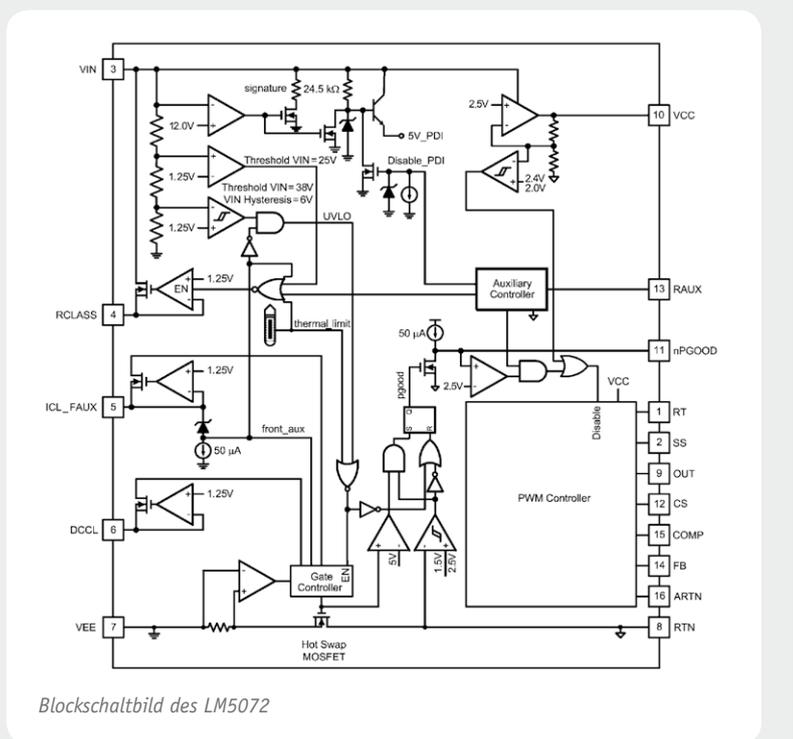
### PD-Interface-IC LM5072

Der LM5072 ist ein integrierter Schaltkreis von National Semiconductor/Texas Instruments, der ein PD-Interface (Powered Device Interface) und Regelungslogik für einen Schaltregler beinhaltet. Es werden daher nur einige externe Komponenten benötigt, um ein vollwertiges Gerät zu entwickeln, das über PoE versorgt werden kann.

Das PD-Interface des LM5072 erfüllt alle Anforderungen der Spezifikation IEEE 802.3af wie die Detektierung durch den PSE (Power Sourcing Equipment), die Leistungsklassifizierung und den darauf folgenden Normalbetrieb.

Die Leistungsklasse des Gerätes kann über einen Widerstand RCLASS und Pin VEE bestimmt werden.

Das PD-Interface beinhaltet weiterhin eine programmierbare Einschaltstrom- und Strombegrenzung, die ebenfalls über einen einfachen Widerstand bestimmt werden, sowie eine Eingangsspannungsüberwachung.



Blockschaltbild des LM5072