

Power over Ethernet

Was Entwickler wissen müssen

Power over Ethernet (PoE) ist eine Technologie, die es ermöglicht IP Telefone, WLAN Access Points, Netzwerkkameras und andere IP-basierte Endgeräte parallel zu den Daten mit Strom zu versorgen. Und das über die vorhandene CAT-5 Ethernet Infrastruktur ohne Modifikationen. Was der Entwickler dabei beachten muss, zeigt *elektronik industrie* in diesem Beitrag.

Power over Ethernet (PoE) integriert Daten und Power auf derselben Leitung ohne den Netzbetrieb zu stören. PoE liefert 48 V= über nicht abgeschirmte twisted-pair Leitungen für Endgeräte mit einer Leistungsaufnahme bis 13 Watt. PoE ist quasi die Umkehrung von Powerline Kommunikation, bei der die Versorgungsleitung für den Datentransport genutzt wird. In einer aktuellen 5-Jahresprognose geht die Dell'Oro Group von einem PoE-Wachstum aus, das sich von 32 Millionen Ports 2006 auf 145 Millionen Ports 2011 steigert.

Der IEEE 802.3af Standard

Der Standard IEEE 802.3af, auch genannt Data Terminal Equipment (DTE) Power via Media Dependent Interface (MDI), ist der erste internationale Standard der PoE definiert, er wurde im Juni 2003 ratifiziert. Die Vorteile von PoE sind wie folgt:

- ▶ Kostenersparnis durch Wegfall der Installation zusätzlicher Stromversorgungskabel.
- ▶ Einfachheit durch völlige Integration in die Ethernet Infrastruktur, über die auch für schwer zugängliche Endgeräte die Versorgung erfolgt.
- ▶ Mobilität: Die zu versorgenden Geräte (Powered devices, PDs) können auf einfache Weise versetzt werden ohne das ein Stromnetzanschluß nötig wird. Überall wo Ethernet ist, kann ein PD einfach angeschlossen werden. Zusätzlich beschleunigt PoE die Installation von Wireless Accesspoints und Netzwerkkameras z. B. an Decken montiert, da die Stromversorgung über das Ethernet erfolgt.
- ▶ Zuverlässigkeit – eine zentrale USV versorgt über die Netzstruktur.
- ▶ Sicherheit – da keine Netzspannung zum Einsatz kommt, nur ungefährliche Gleichspannung von 48 V.
- ▶ Datensicherheit – durch Abschalten nicht benutzter PDs.

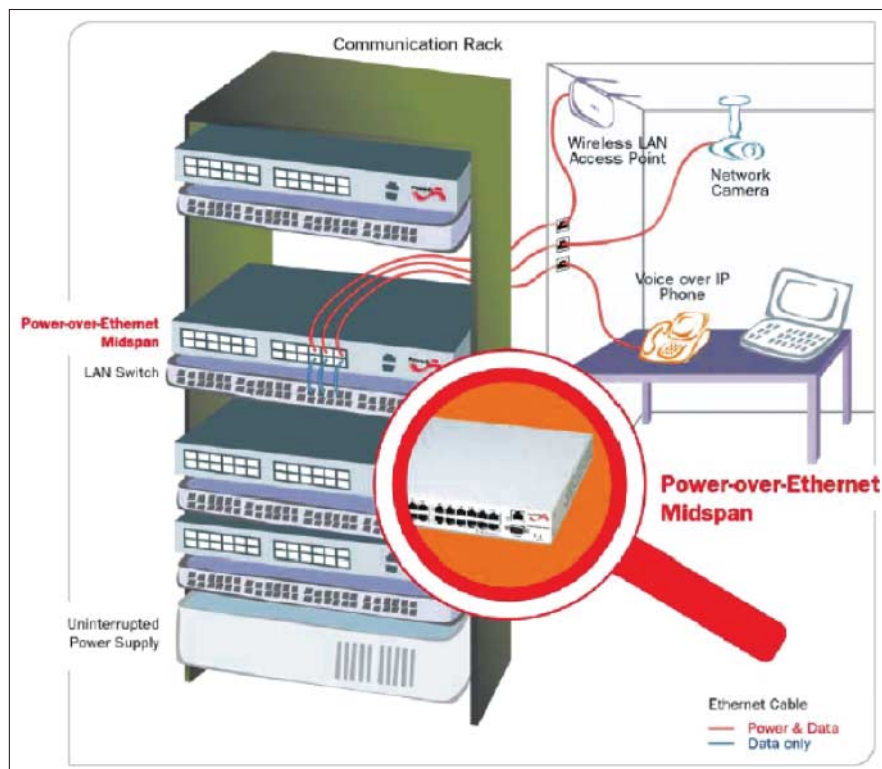


Bild 1: Typische PoE Installation.

(alle Bilder: PowerDsine)

Bild 1 zeigt eine typische PoE-Installation. Die PoE-Ausrüstung befindet sich in der Kommunikationszentrale und ist mit der Ethernet Infrastruktur über Standard-Catégorie-5 Kabel verbunden. Die Versorgung der PDs kann dabei durch so genannte Endspan-Devices (z. B. Switches) oder Midspan-Devices (Geräte zwischen Switch und Endgerät) erfolgen.

Pin	Alternative A	Alternative B
1	Vport negative	
2	Vport negative	
3	Vport positive	
4		Vport positive
5		Vport positive
6	Vport positive	
7		Vport negative
8		Vport negative

Tabelle 1: Belegung des RJ-45 bei PoE.

Technologische Herausforderung durch PoE

PoE darf die verwendete Kabelstruktur sowie nicht versorgte Geräte nicht beschädigen und muss alle Sicherheits- und Kommunikationsstandards einhalten.

PoE versorgte Geräte müssen als solche erkannt werden und nach Entfernen abgeschaltet werden. Ein PoE-System muss gegen Überlast und Kurzschluss geschützt sein.

Die Übertragung der Stromversorgung kann die Rauschempfindlichkeit des Systems erhöhen und das Ethernetsignal beeinflussen. 10/100-BaseT Ethernet-Verbindungen müssen trotz PoE ungestört möglich sein und ebenso ein Upgrade auf 1000-BaseT. Die vorhandene Netzstruktur birgt einige Limitierungen, die beachtet werden müssen (**Bild 4**). CAT-5-Kabel sind



all-electronics.de
ENTWICKLUNG. FERTIGUNG. AUTOMATISIERUNG



Entdecken Sie weitere interessante
Artikel und News zum Thema auf
all-electronics.de!

Hier klicken & informieren!



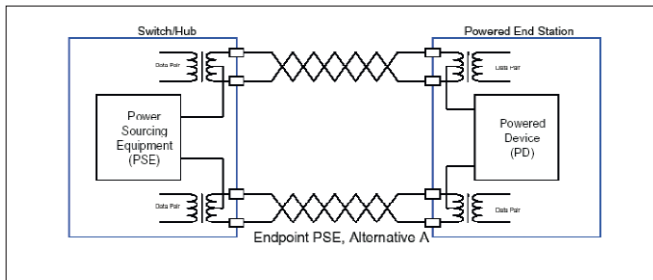


Bild 2: PoE Versorgung nach Alternative A (Versorgung über Datenleitung).

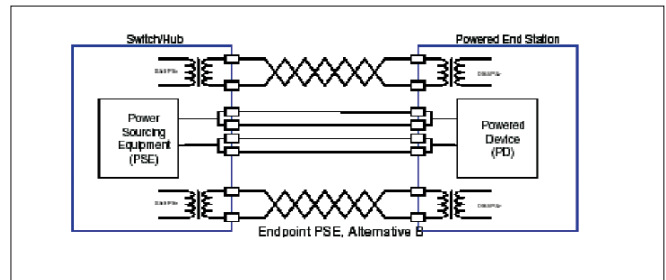


Bild 3: PoE Versorgung nach Alternative B (Versorgung über getrennte, ungenutzte Leitungen).

für max. 80 V ausgelegt, die RJ-45-Stecker für 250 V und 1,5 A, die Sicherheitsstandards gelten ab 60 V=. Zusätzlich darf der maximale Kanalwiderstand 20 Ohm betragen einschließlich 100 m Kabel, Patchkabel, Stecker und angeschlossener Hardware. Diese Kriterien führen zu einem PoE Standard mit Spannungen von 44 ... 57 V und 350 ... 400 mA Strom mit einer Leistung von 15,4 W am Ausgang des PSE Ports. Nach dem Ethernet Standard ist eine Isolationsspannung von 1 500 VAC auf dem Mainboard des Switches vorgeschrieben, einschließlich gegenüber der Schutzerde und dem MDI (Media Dependent Interface), welches der RJ-45 darstellt. Der PoE-Teil, der im Switch sitzt, muss vom Switchschaltkreis isoliert sein. Das führt zu isolierter Stromversorgung und über Optokoppler getrennte Kommunikation zwischen Switch und der PoE-Schaltung, wie sie in vielen Applikationen zu finden ist.

Auf der Terminalseite (DTE) verlangt der IEEE 802.3af Standard 1 500 VAC zwischen Leitung, Chassis und der DTE-Schaltung. Da in vielen Systemen die Stromversorgung zur Verringerung von EMV-Problemen mit dem Chassis verbunden ist, können Konflikte auftreten.

Die Isolation kann nach zwei Methoden erfolgen

- ▶ die PoE-Stromversorgung ist mittels isoliertem DC/DC-Wandler (1 500 Veff) galvanisch getrennt
- ▶ die Anschlüsse sind in einem nichtleitenden Gehäuse untergebracht ohne weitere Anschlüsse als die RJ-45 für Daten und Stromstecker. Dann muss die interne Stromversorgung nicht mehr elektrisch isoliert sein.

Das MDI

Das Medium-Dependant-Interface (MDI oder RJ-45) dient als Daten/Versorgungs-

Interface zwischen den Ethernetelementen. Es gibt zwei optionale Verbindungsmethoden, die Versorgung zu transportieren, genannt Alternativen A und B. **Tabelle 1** zeigt die Details dieser Alternativen. Der Versorgungsstrom fließt dabei über die vier nicht benutzten Leitungen des CAT-5-Kabels oder aber über die vier, die zur Datenübertragung genutzt werden.

Bild 2 zeigt die Alternative A bei der Daten und Versorgung über dieselbe Leitung mittels Phantomschaltung geführt werden. Bei der Alternative B (**Bild 3**) werden Daten und Versorgung über getrennte Leitungen übertragen, dazu werden die nicht belegten Leitungen 4/5 und 7/8 verwendet.

PoE-Systemarchitektur

Der Standard definiert einige elektrische Parameter, die im PoE-Design berücksichtigt werden müssen:

POE PSE MANAGER LIEFERT 36 W

Microsemi kündigte im Februar 2008 den PD64001 an, den ersten 1-port Power over Ethernet-Manager der 36 W über 2-Drahtleitungen zu PDs liefern kann. Er unterstützt die so genannte 2-Event Classification, erfüllt dabei die strengen Kriterien der IEEE802.3at-Draft 1.0. Der PoE PSE Manager ermöglicht Switch-, Router- und Midspanhersteller höhere Leistungspegel für eine erweiterten Anwendungsbereich in Ethernet-Endgeräten in Smalloffice, Homeoffice und anderen Applikationen wie WiMAX Sendern, Kameras, Fiber-to-the-home optische Netzwerkab-



schlüsse und Outdoor xDSL/Kabelmodems, und das in einer kosteneffektiven Weise. Der PD64001 liefert einen durchschnittlich maximalen Strom von 720 mA. Dies ermöglicht Switches her-

zustellen, die 36 W über das 2-Drahtinterface liefern und jedes Endgerät mit einer Leistungsaufnahme bis 30 W versorgen. Dabei beträgt die Spannung wie in der IEEE802.3at-draft1.0 spezifiziert mindestens 50 V. Entwickler, die mehr als 60 W benötigen, können eine 4-Drahtarchitektur unter Verwendung einer Kombination von zwei PD64001 einsetzen, die dann zusammen 72 W liefern.

infoDIRECT 417ei0308
www.elektronik-industrie.de
 ▶ Link zu Microsemi/Eurocomp

- ▶ Die Betriebsspannung ist 48 V=, kann aber zwischen 44 und 57 V= variieren. Sie darf aber den maximalen in SELV vorgeschriebenen Wert von 60 V= nicht überschreiten.
- ▶ Der maximal vom PSE gelieferte Strom darf 350 bis 400 mA betragen, das schützt die Ethernet-Kabel vor Überhitzung durch parasitäre Widerstände.
- ▶ Beide Größen führen zu einer Leistung von 15,4 W am Ausgang des PSE Ports. Durch Kabelverluste von etwa 20 Ohm pro Ka-

belpaar kann die maximal Leistung am PD auf 12,95 W zurückgehen. Die Stromversorgung der Powered Devices erfolgt typischer Weise durch so genannte Endspan- oder Midspan-Devices.

Endspan-PSE integrieren PoE in Ethernet-Switches, während Midspan-PSE zwischen Switch und Endgerät sitzen und nur den Versorgungsstrom liefern und keine Daten (z. B. Hubs). **Bild 5** zeigt die Basisfunktionen in einem PSE Frontend, ein Mikrocontroller übernimmt die Steuerungen der

Funktionen für die Line-Detektion (Signatur) und PD-Klassifikation.

PD Funktion

Bild 6 zeigt ein vereinfachtes Blockdiagramm des PDs. Der Versorgungsstrom gelangt entweder über die Datenpaare (1/2 and 3/6) oder die nicht benutzten Leitungen in das PD (4/5 and 7/8). Das Dateninterface ist ein Standardlinetrafo mit Mittelanschluss auf den RJ-45 Stecker. Die Daten gelangen über den Transformator zum Ethernet PHY. Die 48 V= Spannung wird von den Mittelanzapfungen abgegriffen und durch den PoE-Interfaceblock geleitet, der als intelligenter Switch wirkt. Um den Standard zu erfüllen muss ein Widerstand von 25 kOhm über die Versorgungsleitungen geschaltet werden. Anhand dieses Widerstandes wird vor dem Einschalten des PDs erkannt, dass ein PD vorliegt.

Dies erfolgt über einen geringen Detektionsstrom (Signatur), der den Widerstand erkennt, und der für nicht PoE-Geräte ungefährlich ist. Liegt kein PD vor, schickt das PSE keinen Strom in das Kabel. Der Standard schreibt auch zwei Diodenbrücken vor, die den Dateneingang mit den nicht beschalteten Eingängen 4/5 und 7/8 verbindet. Somit kann das PD beide Alternativen A und B verarbeiten und dies unabhängig von der Polarität. Der Block Isolation im Blockschaltbild reagiert auf die PSE-Klassifikation mit einem der Leis-

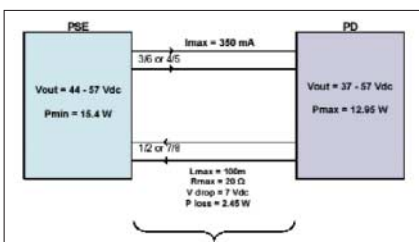


Bild 4: Verbindung zwischen PSE und PD mit den wesentlichen Größen.

Parameter	Min	Max	Unit
Signature Resistance	23,75	26,25	kΩ
Startup Time (till I>10 mA)		300	ms
Power Consumption		12,95	W
Operating Input Voltage Range	36	57	V
Must Turn On Voltage		44	V
Must Turn Off Voltage	30		V
Input Current (@36 Vdc)	10	350	mA
Input Current, Peak		400	mA

Tabelle 2: Anforderungen an ein PD nach IEE 802.3af.

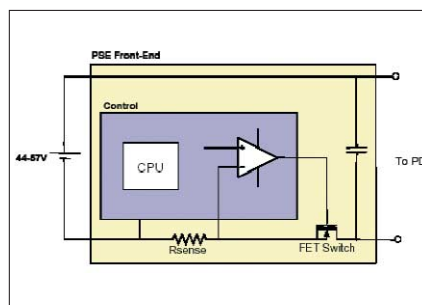


Bild 5: PSE Frontend mit einem Port.

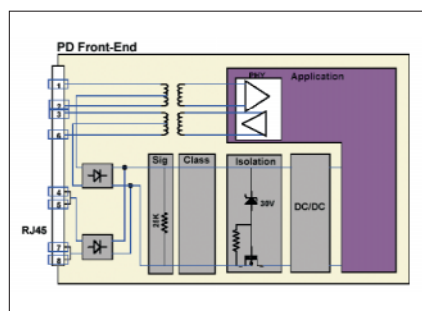


Bild 6: PD Frontend mit beteiligten Funktionsblöcken.

tungsklasse des PD entsprechenden Strom.

Der FET Schalter in dem Block Isolation schaltet den Versorgungsstrom durch, nachdem der Detektionsprozess (Signatur) und der Klassifikationsprozess erfolgreich durchlaufen wurde.

Der DC/DC-Wandler schließlich wandelt die 36 bis 57 V= Eingangsspannung in die von der Applikation benötigt Spannung um.

Tabelle 2 fasst alle Schaltungsparameter nach IEEE 802.3af-2003 zusammen die für den PD Entwickler wichtig sind.

PoE-Ablaufprozess

Die Stromversorgung kann nicht mal „so einfach“ über die existierende CAT-5-Kabel erfolgen. Um Schäden zu vermeiden ist einiges zu beachten. Das PSE ist der Ma-

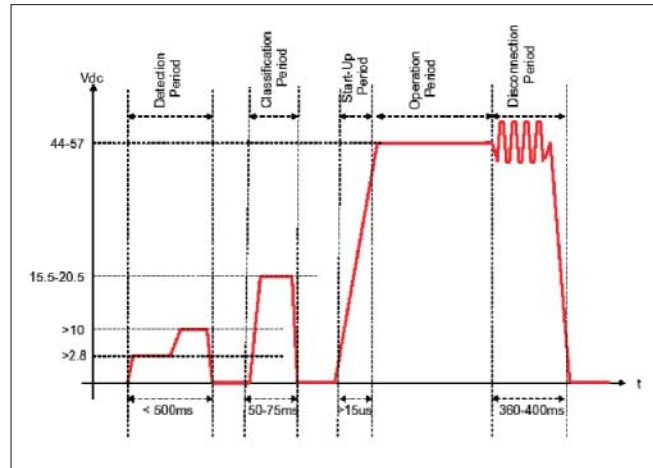


Bild 7: PSE Ausgangssignal während des PoE Ablaufprozesses.

nager von PoE. Beim Einschalten generiert er einen geringen Spannungspegel bis ein PD erkannt wurde. Dann stellt das PSE die Klasse des PD fest, um die nötige Leistung zur Verfügung zu stellen. Nach einer festgelegten Zeit liefert das PSE die 48 V= an das PD, solange es angeschlossen ist. Wird ein PD abgeklemmt, wird die Versorgung

vom PSE aus abgeschaltet und der Startbeginn erfolgt von neuem. Umstände wie Überlast, Kurzschluss, Leistungsbudgetüberschreitung u. a. können den Ablaufprozess unterbrechen und von neuem beginnen zu lassen.

Den Spannungsverlauf zur Detektion eines PD (Line Detection, Signatur), Klassifikation bis zum eigentlichen Betrieb zeigt **Bild 7**. Die Toleranzen für den Signatur-Widerstand zeigt **Bild 8** und die **Tabelle 3** gibt die Werte für die PD-Klassifikation an.

Sind Line Detektion und PD-Klassifikation abgeschlossen, muss das PSE nach einer bestimmten Zeit ($> 15 \mu s$) von der Detektionsspannung auf die Betriebsspannung hochfahren. Dabei darf der Spannungsanstieg nicht zu schnell erfolgen, um Störungen/Rauchen auf den Datenleitungen zu vermeiden. Nach-

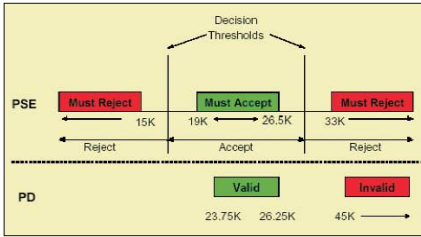


Bild 8: Grenzwerte der Widerstandssignatur.

Class	PD Current – Classification Period [mA]	PD Power Operation Period [W]	Note
0	0 – 4	0,44 – 12,95	Default
1	9 – 12	0,44 – 3,84	Optional
2	17 – 20	3,84 – 6,49	Optional
3	26 – 30	6,49 – 12,95	Optional
4	36 – 44	Future Use	Future Use

Tabelle 3: Werte der PD Klassifikation.

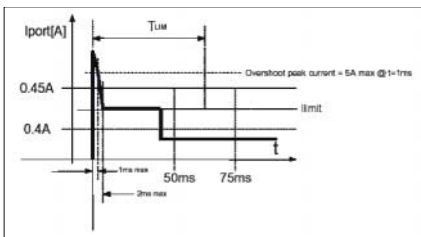


Bild 9: PoE-Ablauf, Start-up Prozedur.

dem der Ablaufprozess abgeschlossen ist, stellt sich ein Einschaltstrom ein, der von der Eingangskapazität des PDs abhängt. Deshalb muss das PD so ausgelegt sein, dass innerhalb einer Periode von 50 ms im Ablaufprozess kein Ein-



Bild 10: PoE-Normalbetrieb.

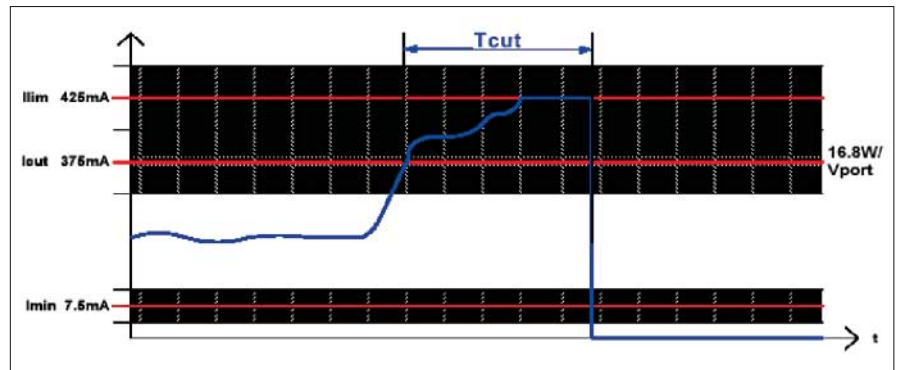


Bild 11: PoE-Verhalten bei Überlast.

schaftstrom größer 350 mA auftritt (Bild 9). Die Verhältnisse im laufenden PoE-Betrieb zeigt Bild 10. Das PSE liefert die 44 ... 57 V= und transportiert damit die 15,4 W. Wie Überlastsituationen beherrscht werden ergibt sich aus Bild 11. Beim PSE-Design sind die Werte für I_{cut} , I_{lim} und I_{min} (vom Designer) zu definieren. Dabei ist I_{cut} ein Pegel (350 ... 400 mA) unter dem die Leistungsaufnahme als Überlast definiert ist. I_{lim} repräsentiert den maximalen Verbrauchspegel (400 bis 450 mA). I_{min} schließlich definiert den minimalen Leistungsverbrauch (5 ... 10 mA).

Der IEEE 802.3af Standard definiert auch die Handhabung des Überlastfalls. Im Kurzschlussfall muss innerhalb von 50 ... 75 ms abgeschaltet werden. Die Leistungsaufnahme darf I_{lim} nie überschreiten. Sollte sie länger als T_{cut} den Wert von I_{cut} überschreiten, wird die Leistung zu dem überlasteten Port abgeschaltet und bleibt dies für 3 ... 5 s.

DC und AC Disconnect

Der IEEE 802.3af Standard definiert auch das sichere Abschalten eines PD. Dabei gibt es zwei Methoden DC und AC. Beide haben die selbe Funktion – das PSE schaltet innerhalb von 300 bis 400 ms die Leis-

tung ab. Für DC Disconnect wird im PSE eine Strommessung vorgenommen. Geht der Strom auf Null wird innerhalb der genannten Zeit abgeschaltet. Der untere Zeitwert wurde festgelegt damit zufällige Stromunterbrechungen nicht zum Abschalten führen. Bild 12 zeigt den Verlauf der Gleichspannung für DC Disconnect unter Verwendung der so genannten DC Modulation. Das PD zieht einen minimalen Strom und wird von der DC-Modulation so als angeschlossen erkannt. Das PD zieht dabei keinen Strom, wird für 80 % der Zeit nicht versorgt, bleibt aber angeschlossen.

Bei AC-Disconnect geht man davon aus, dass die Impedanz bei angeschlossenem PD viel höher ist als bei nicht angeschlossenem PD. Bei dieser Methode wird ein Wechselspannungssignal zusätzlich zu den 48 V= eingespeist. Die rücklaufende Wechselspannungsamplitude wird am PSE Port überwacht und gemessen. Übersteigt die Impedanz 2 000 kOhm, wird die Leistung abgeschaltet.

Schlussbemerkung

Die genannten Funktionen für PoE sind in PSE-Manager-ICs und PD-Controller-ICs

implementiert, die von einigen Halbleiterherstellern angeboten werden.

Der im Infokasten genannte IC PD64001 von Microsemi (Vertrieb: Eurocomp) ist der erste 1-Port Power over Ethernet-Manager für PSE-Applikation, der 36 W über 2-Drahtleitung zu PDs liefert. Dieser PSE-Manager erfüllen den Standard IEEE802.3at-Draft 1.0. und realisiert alle im Standard genannten und in diesem Beitrag vorgestellten Parameter. Dem Entwickler wird somit

viel Arbeit beim Design von PSEs abgenommen. Weitere PoE ICs für PSE und PD zeigen die Produktberichte auf dieser Seite in dieser Ausgabe. (sb)



infoDIRECT

418ei0308

www.elektronik-industrie.de

► Link zu **Whitepaper „All you need to know about PoE“ (24 Seiten)**