

Schnittstellen



Referent:
Raphael Specht

**Würth Elektronik eiSos
 GmbH & Co. KG**

01.06.2018

© All rights reserved by Würth Electronics, also in the event of industrial property rights. All rights of disposal such as copying and redistribution rights with us.

www.we-online.com

Kommunikationsschnittstellen

- SPI
- I2C
- CAN
- USB
- Ethernet
- LVDS
- HDMI
- Displayport

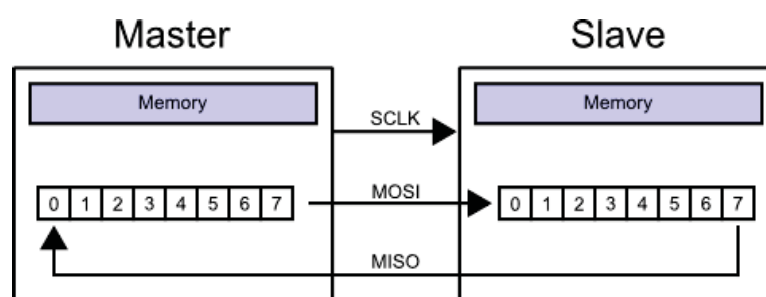


SPI

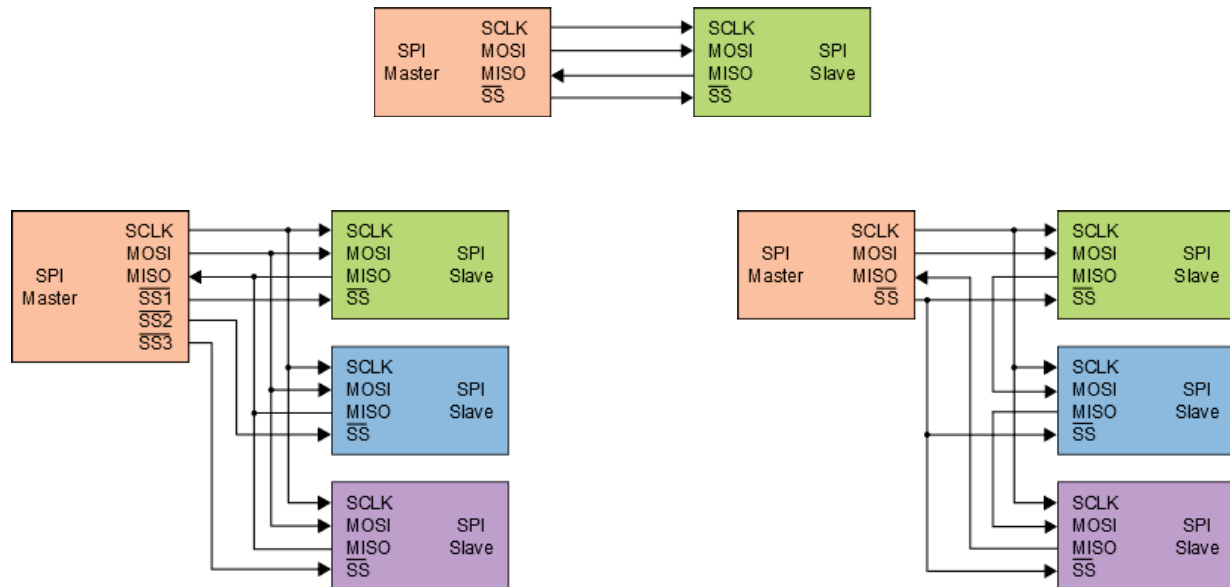
SPI

■ SPI — Serial Peripheral Interface

- Von Motorola entwickelt
- Schieberegister Aufbau
- Keine genormte Spezifikation
- Drei- oder Vierleiter Bus: MOSI-Daten, MISO-Daten, SCLK, CSS
- Interner Bus – SD-Karten können über SPI kommunizieren

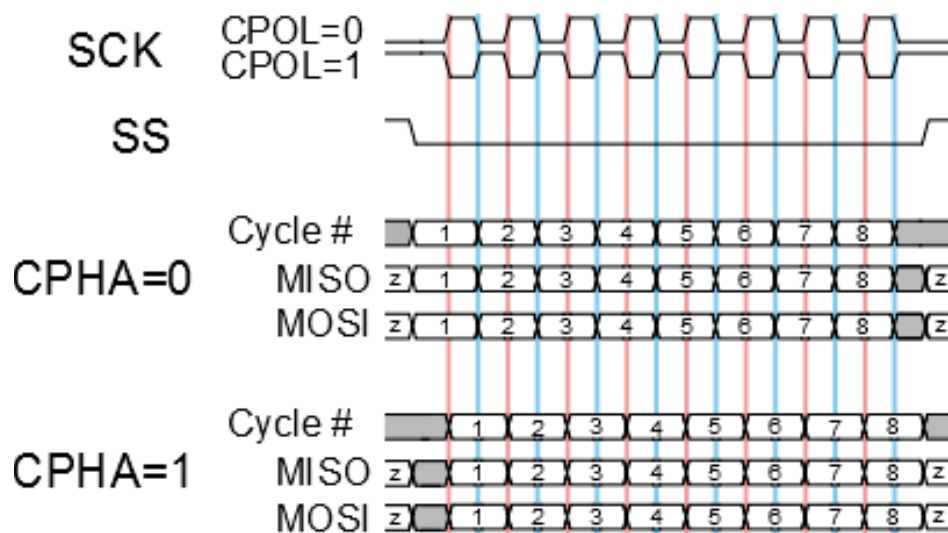


SPI

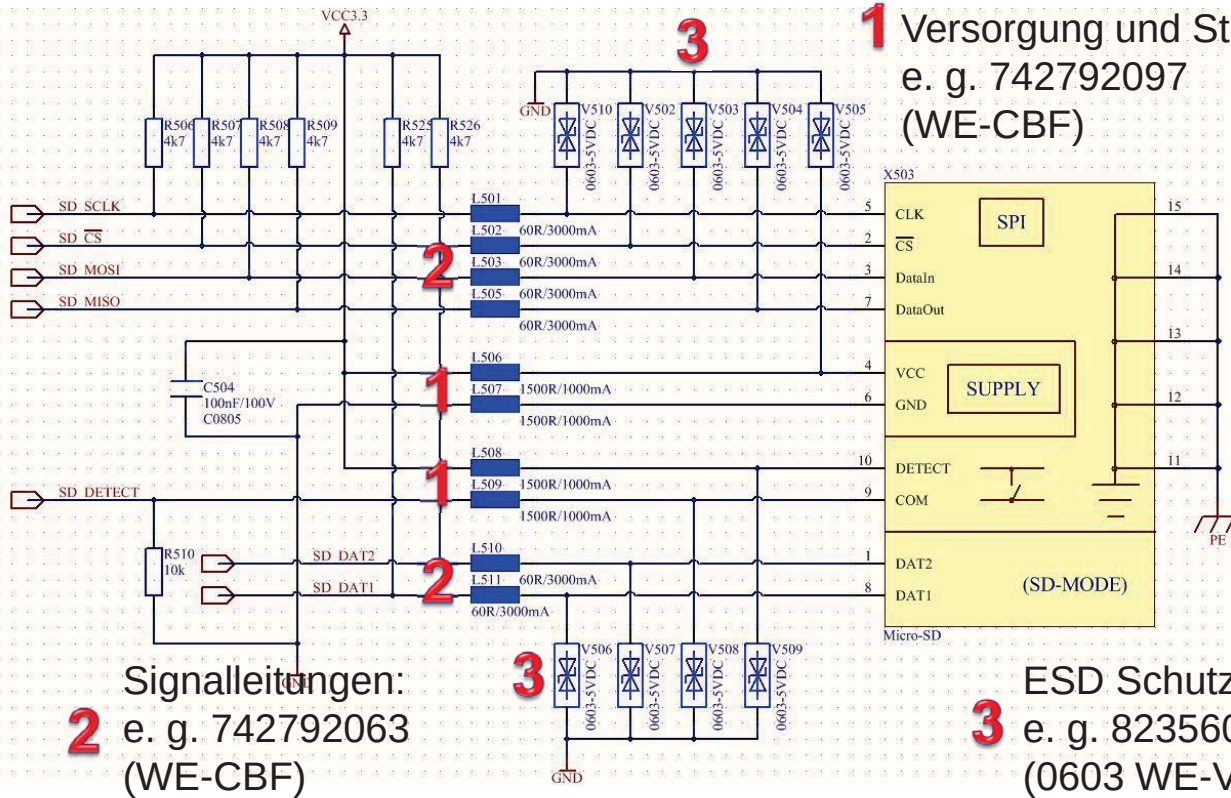


SPI

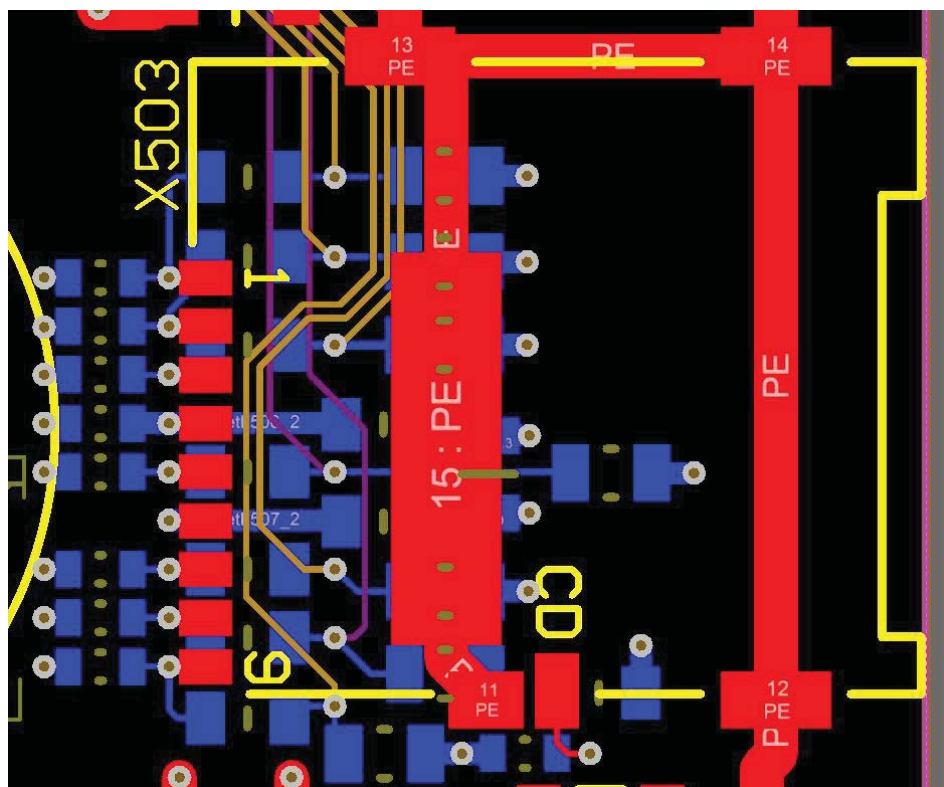
- Datendurchsatz: bis zu 80MBit/s



SPI – Micro SD-Card



SPI – Micro SD-Card

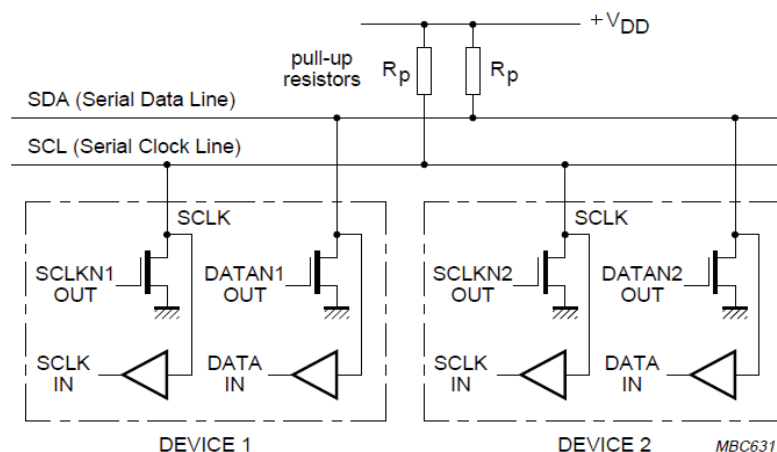


I2C

I2C

■ I2C — Inter Integrated Circuits bus

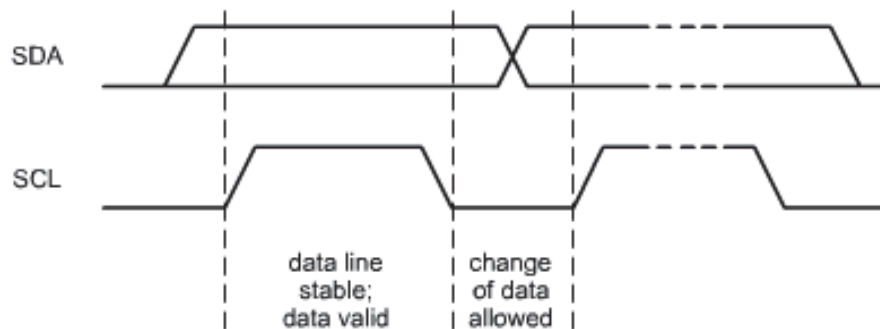
- 1982 von Philips (heute NXP) entwickelt
- Erste Protokollauslieferung 1992
- Aktuelle Revision ist **Rev. 5 — 9. Oktober 2012**
- Zwei bi-direktionale Signale: SDA-Daten, SCL-Takt
- Standard und Fast mode Struktur:



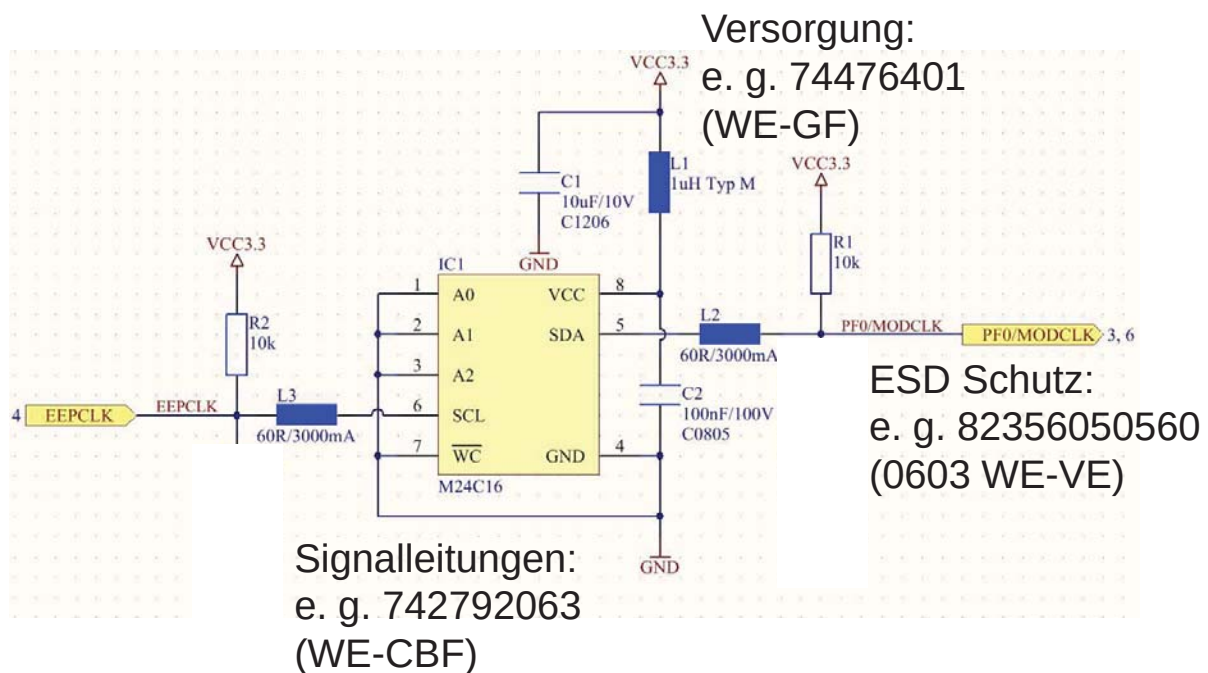
- **Datendurchsatz:**

- Standard speed mode: 100kBit/s
- Fast speed mode: 400kBit/s
- High speed mode: 3.4MBit/s

- **Datenübertragung:**



- **I2C Anwendung bei EEPROMs:**





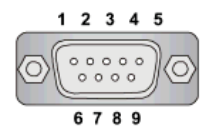
CAN



CAN

CAN

9 polig Sub-D	Description	Signalbeschreibung
1		reserviert
2	CAN-L	negiertes CAN-Signal (Low)
3	CAN-GND	Masse
4		reserviert
5	CAN-SHLD	Schirmung (opt.)
6	GND	Geräte Masse (opt.)
7	CAN-H	positives CAN Signal (High)
8		reserviert
9	VCC	Versorgungsspannung (opt.)

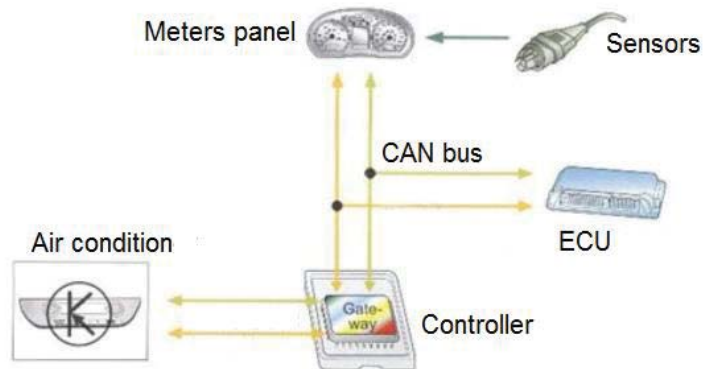


- Geschwindigkeit: bis zu 1MBit/s
- Signalpegel: -1V ... +1V (Offset 2,5V)

CAN

■ CAN-Control Area Network

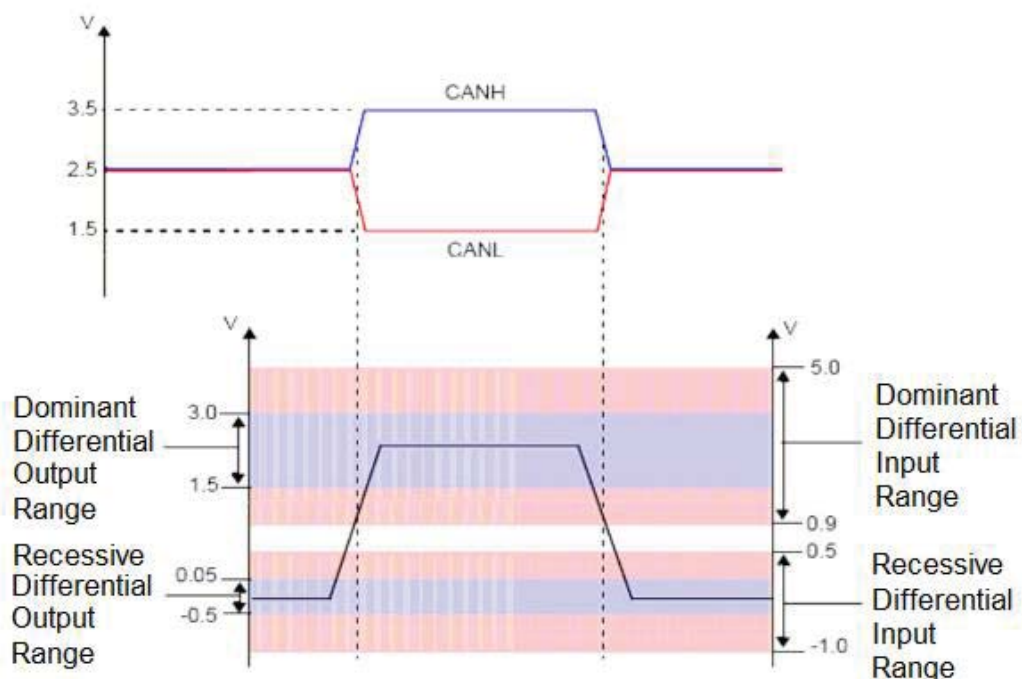
- Von Bosch entwickelter Feldbus (ursprünglich für Automobil und Automatisierung)



- 1MBit/s Geschwindigkeit bis zu 30 Meter und bei 80kBit/s bis zu 1km
- Unempfindlich gegen Störungen
- Ein differentielles Paar zur Datenübertragung

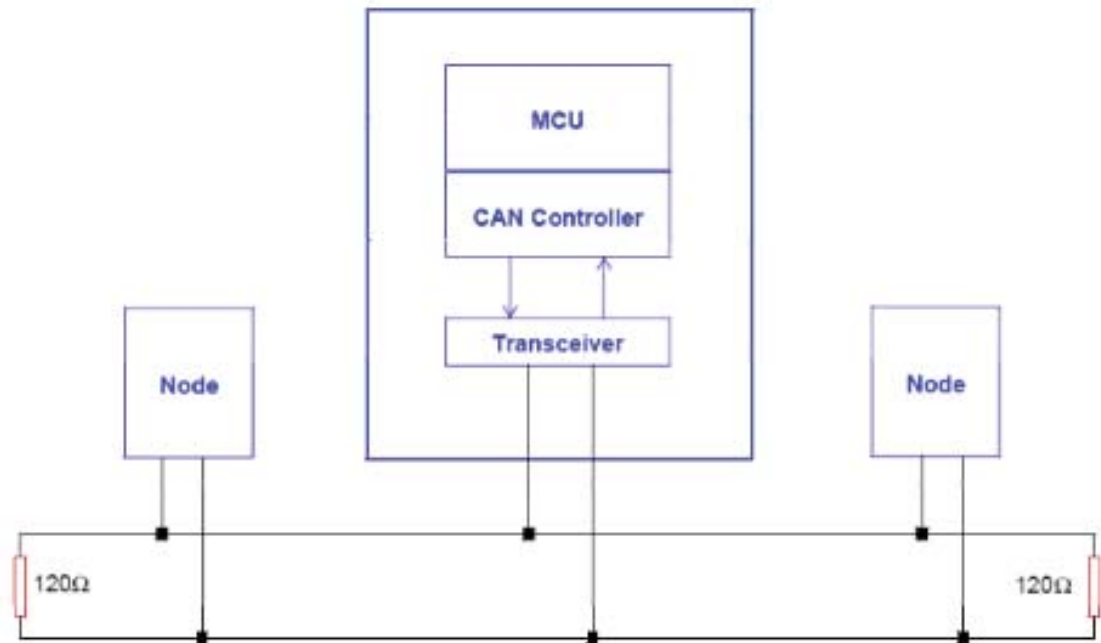
CAN

■ CAN Signal



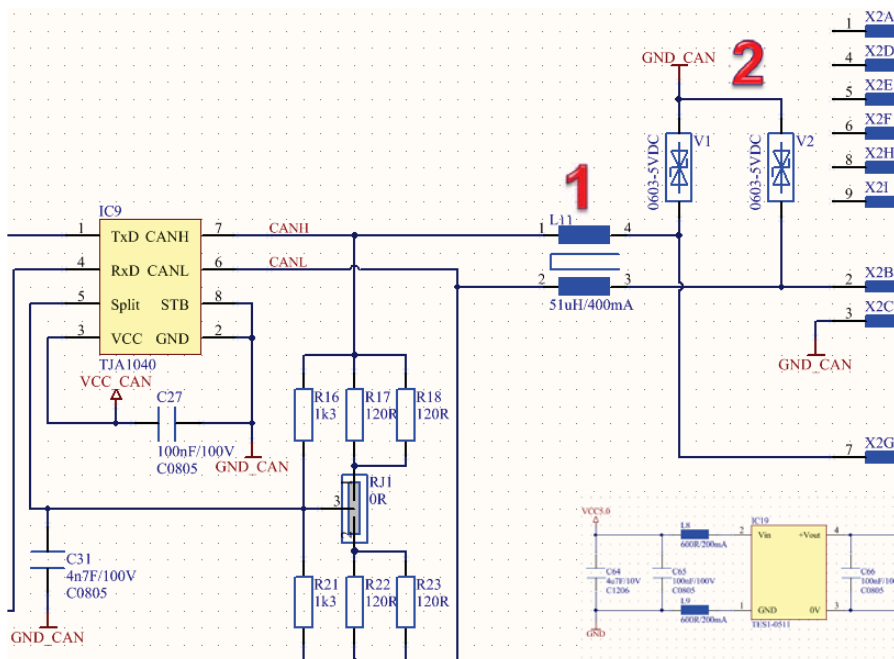
CAN

■ CAN Bus Struktur:

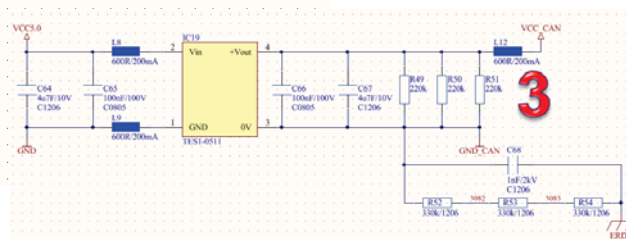


CAN

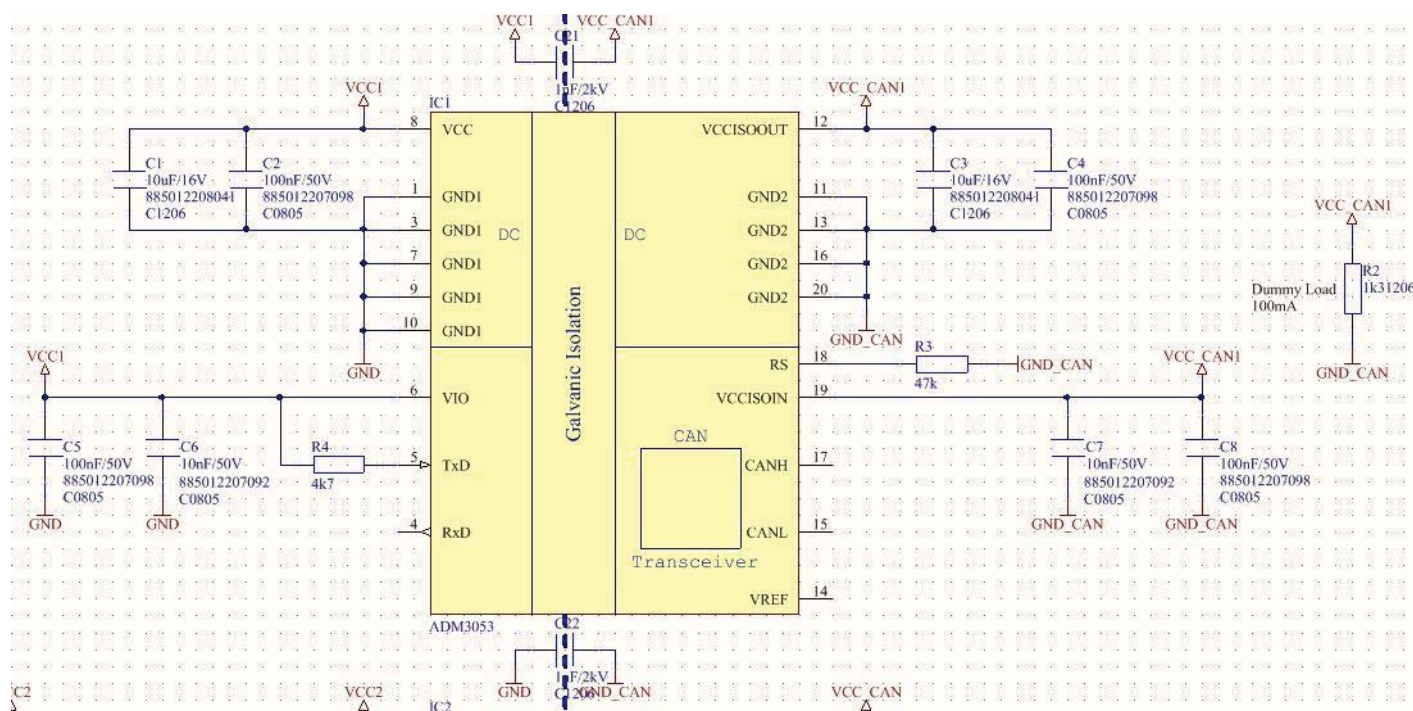
■ Typische CAN Schnittstelle mit EMV und ESD Schutz



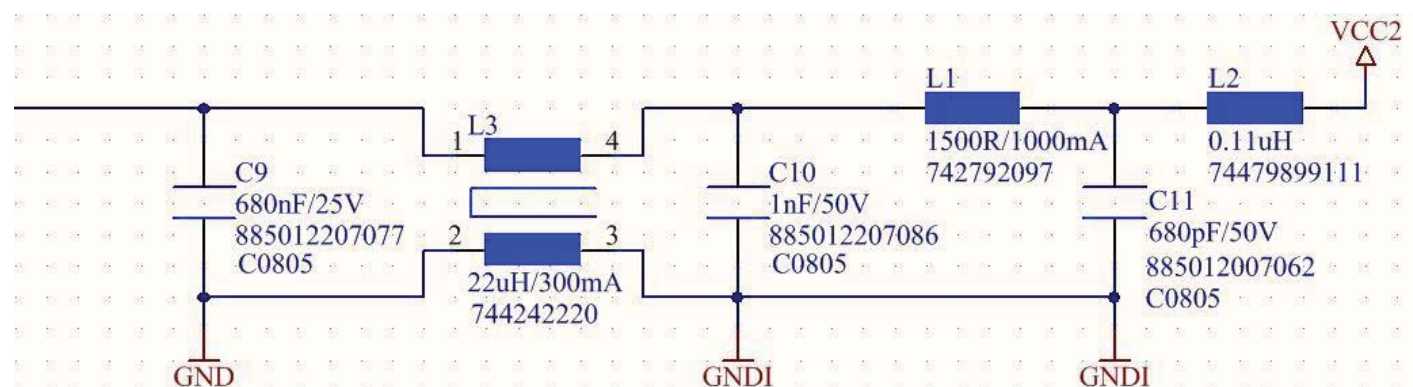
- 1** Signalleitungen:
e. g. 744242510
(WE-SLM)
- 2** ESD Schutz:
e. g. 82356050220
(0603 WE-VE)
- 3** Versorgung:
e. g. 74279204
(0805 WE-CBF)



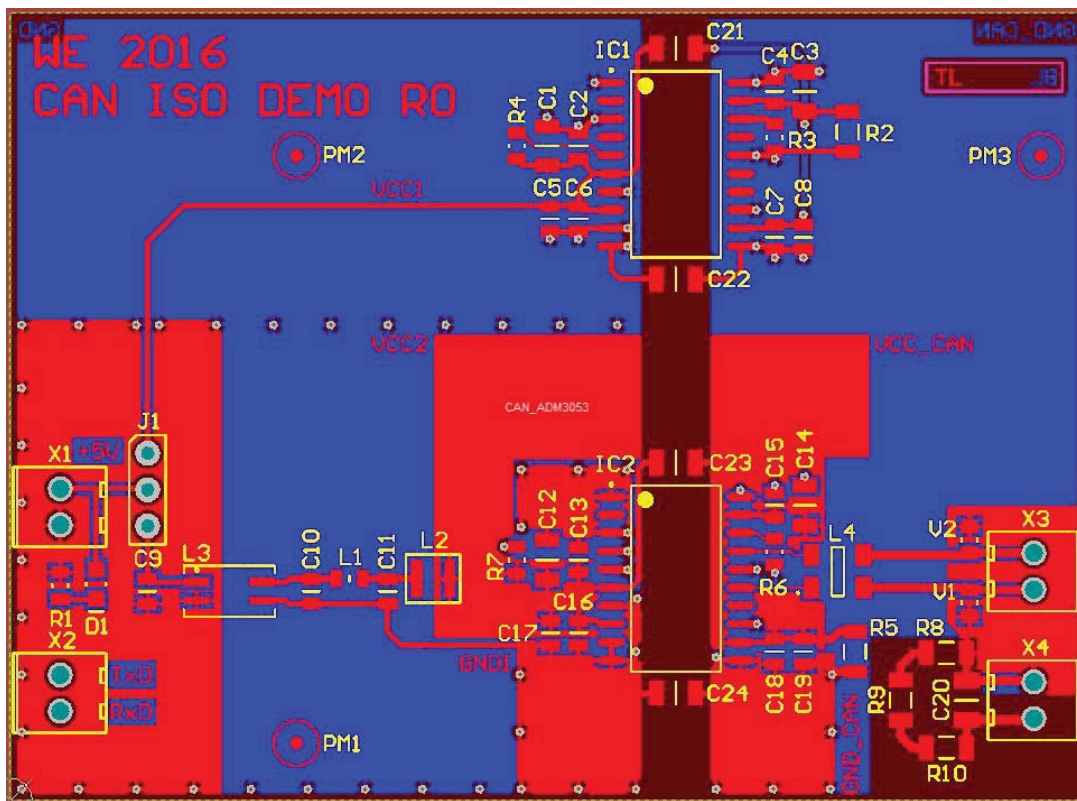
■ CAN Schnittstelle mit ADM3053



- **CAN Schnittstelle mit ADM3053**

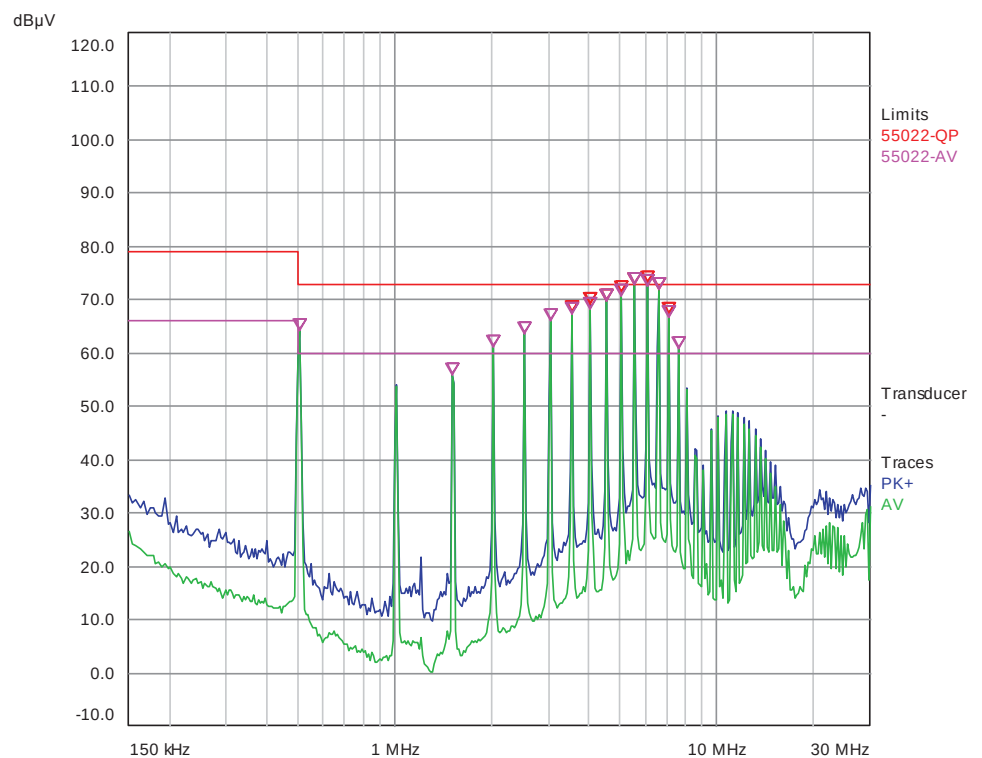


CAN



CAN

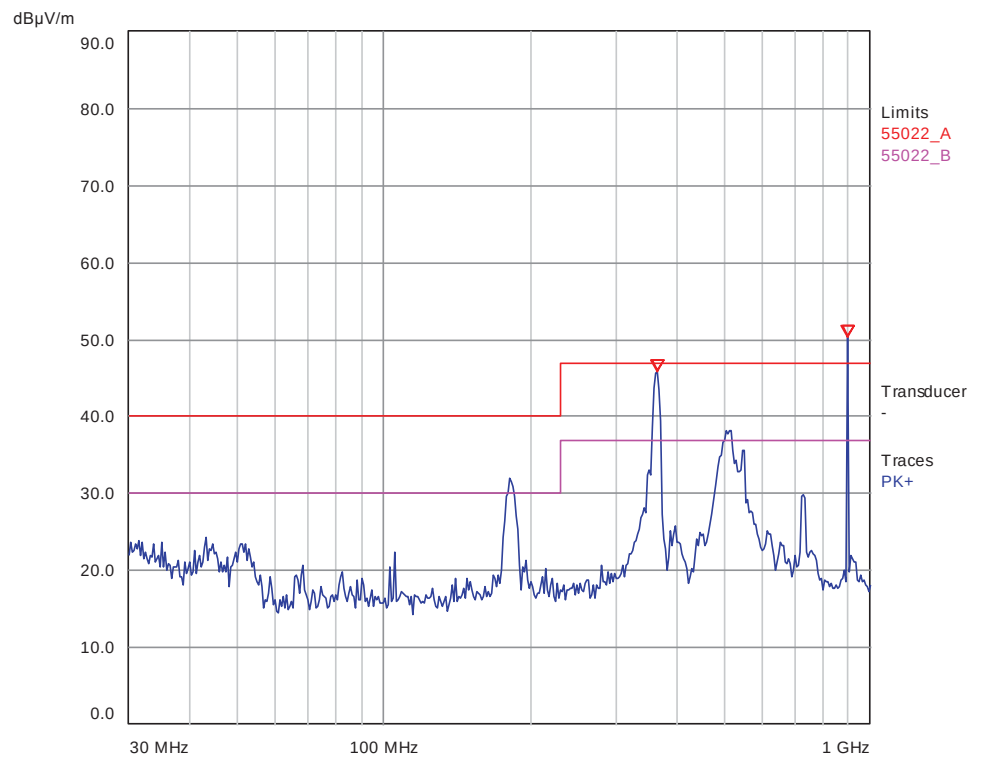
- EN55022 Class A
- leitungsgebunden
- ohne Filter



CAN



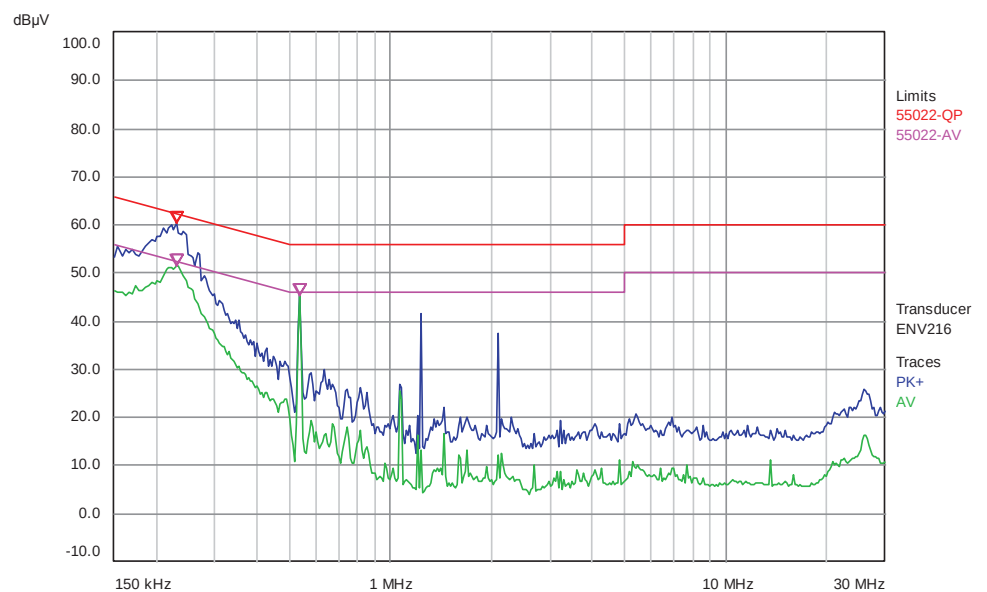
- EN55022
- abgestrahlt
- ohne Filter



CAN



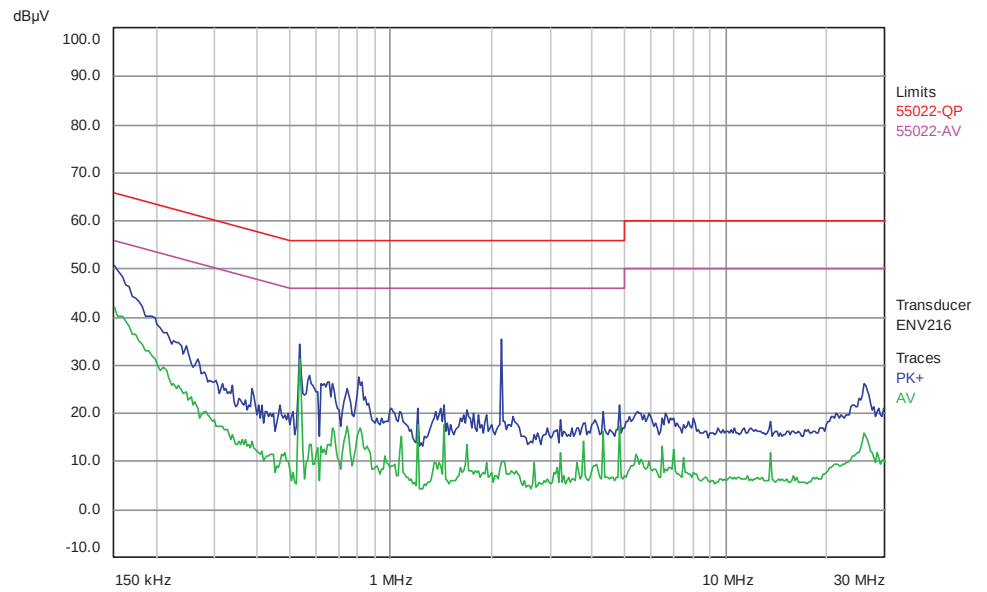
- EN55022 Class B
- leitungsgebunden
- mit T-Filter
- und CMC mit Cs



CAN



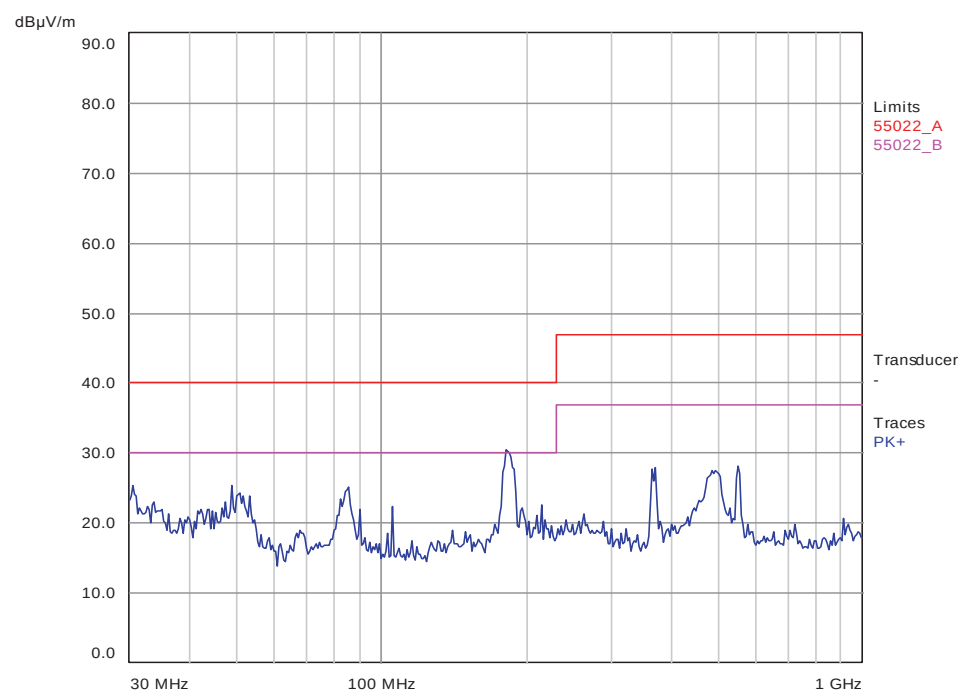
- **EN55022 Class B**
- **leitungsgesunden**
- **mit T-Filter**
- **und CMC mit angepassten Cs**



CAN



- **EN55022**
- **gestrahlt**
- **mit T-Filter**
- **und CMC mit angepassten Cs**



USB

USB



USB-A	Description	Signalbeschreibung
1	VCC	5V Versorgungsspannung
2	D-	Negierte Datenleitung
3	D+	Datenleitung
4	GND	Masse
5	USB3_RX-	Negierte Empfangsleitung
6	USB3_RX+	Empfangsleitung
7	GND	Masse
8	USB3_TX-	Negierte Sendeleitung
9	USB3_TX+	Sendeleitung

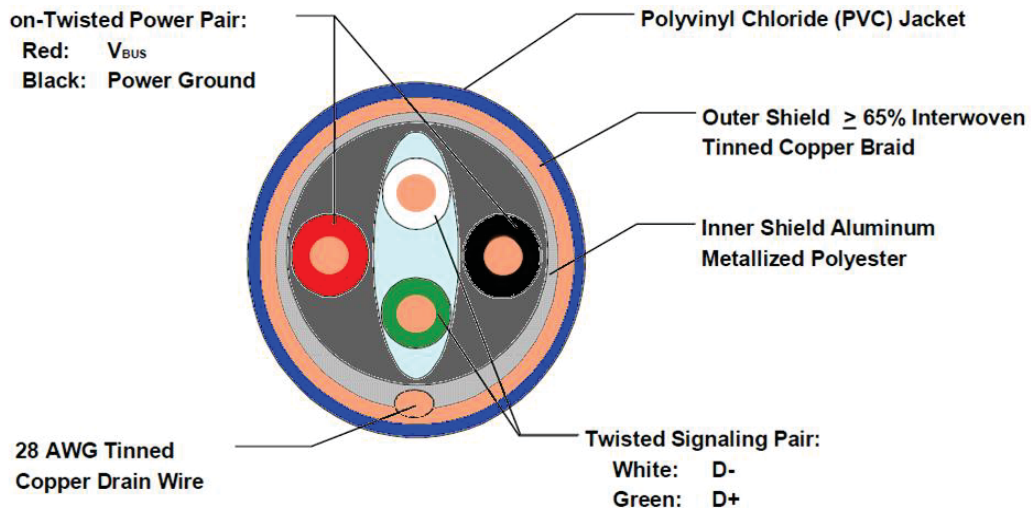


- Geschwindigkeit: 1.5MBit/s ... 5GBit/s (10GBit/s)
- Signalpegel: abhängig von der Version

USB

■ USB 2.0 Kabel

Die typische Impedanz eines USB Kabels beträgt 90 Ohm +/-10%.

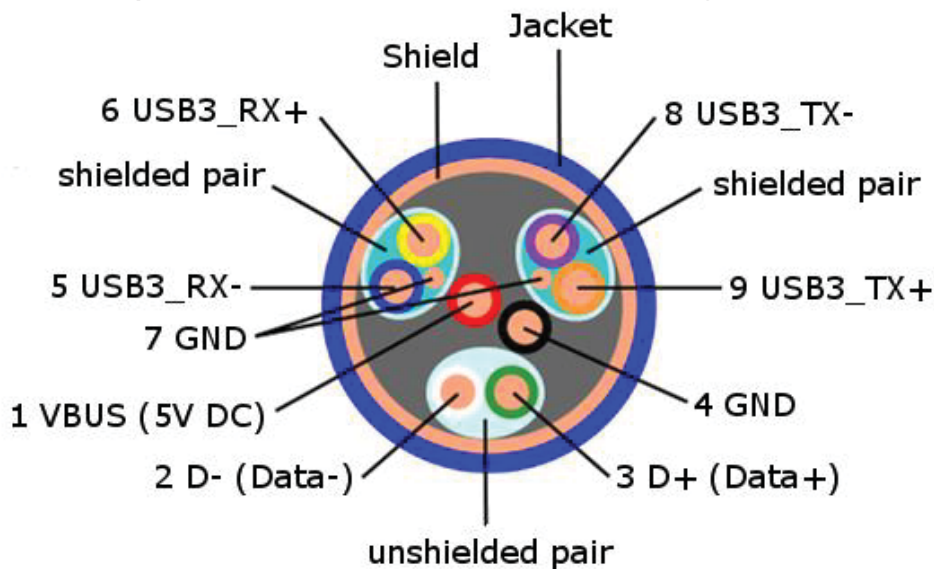


Querschnitt eines typischen high-/full-speed USB Kabels

USB

■ USB 3.1 Gen1 Kabel

Die typische Impedanz eines USB Kabels beträgt 90 Ohm +/-7 Ohm

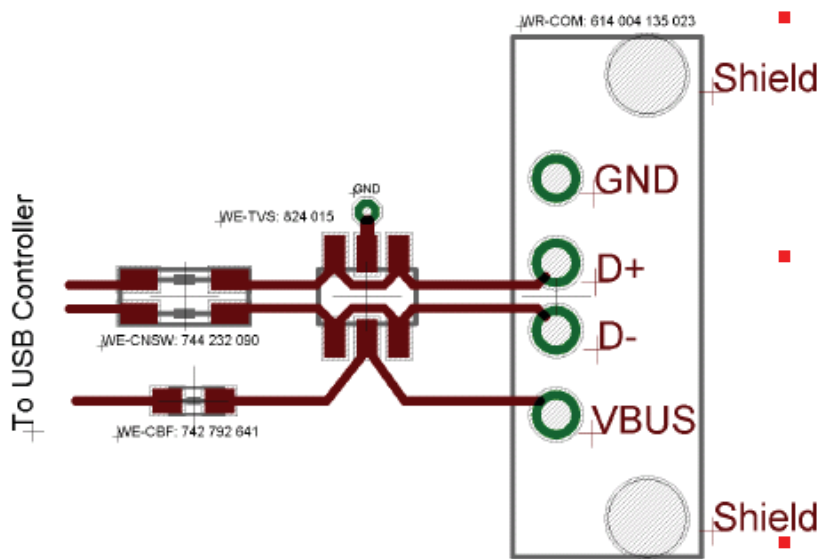


Querschnitt eines typischen super-speed USB Kabels

USB



■ USB 2.0: mögliche Schnittstellenauslegung (Artikelnummer 829999BAG)



- CM Filter gegen Gleichtaktstörungen (744232090)



- CBF gegen Gegentaktstörungen auf der Spannungsversorgung (742792641)



- TVS zur ESD Ableitung (824015)



Double protection of single USB port

USB



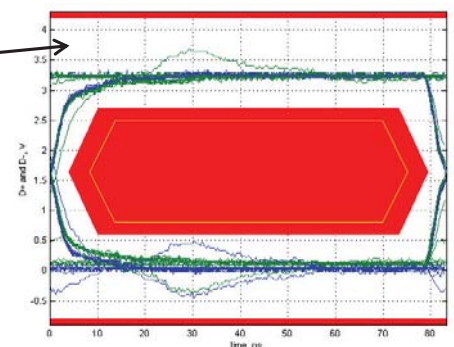
■ CM Filter Auswahl

Die USB Leitungsimpedanz muss etwa 90 Ohm betragen. CM Filter stören diesen Impedanzverlauf.

Die 90 Ohm ist der Gleichtaktwiderstand bei 100 MHz

Order Code	Z Ω 100 MHz (Ω)	I _R (mA)	R _{DC} (Ω)	U _R (V)	Suitable for
744 230 220	22	800	0.080	50	High Speed Data Lines
744 230 450	45	650	0.110		High Speed Data Lines
744 230 900	90	550	0.145		USB 2.0
744 230 121	120	450	0.175		IEEE 1394 / Fire

Störung vor dem CM Filter

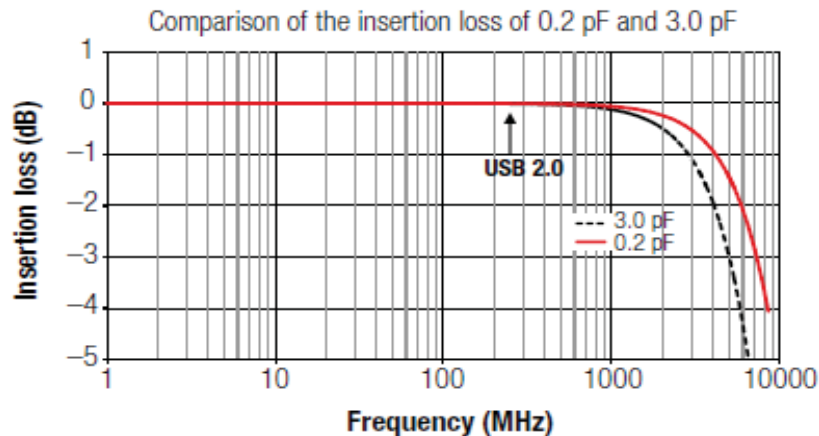


USB



- Grundsätzlich wird ein ESD Test an der USB Buchse durchgeführt.
- Die parasitäre Kapazität des Schutzbauteils muss so klein sein, dass das Nutzsignal nicht beeinflusst wird.

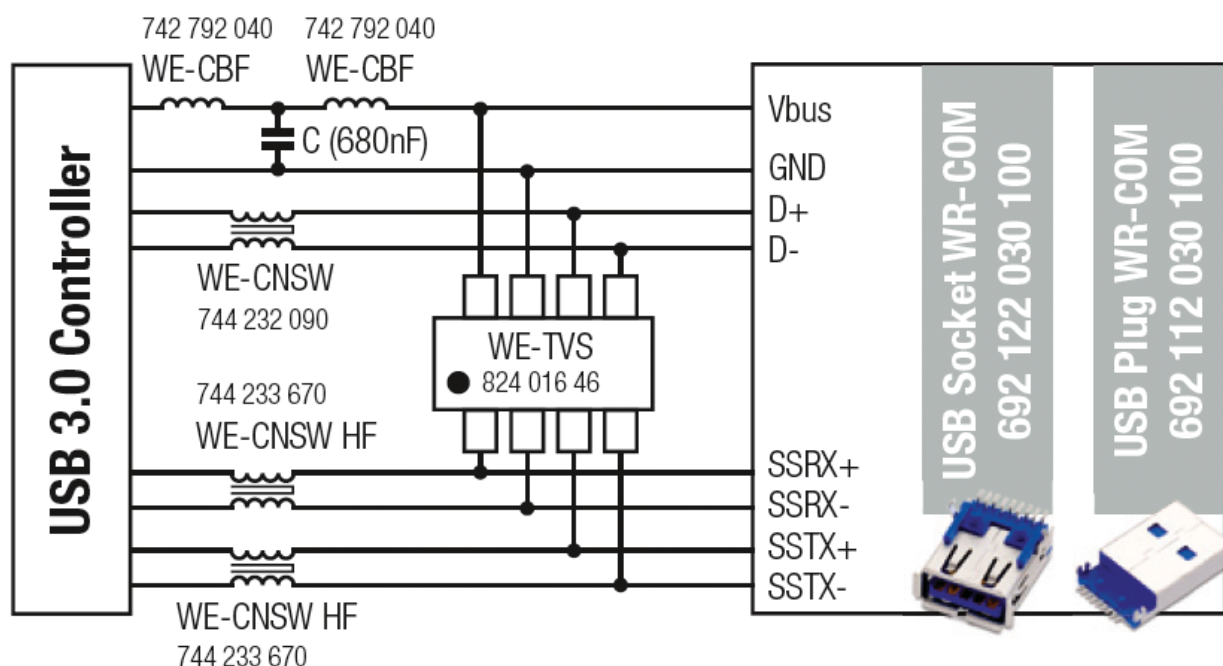
Order Code	V _{DC} (V)	C (pF)	V _{Cl} (V)	V _{Tr} (V)	I _{Leak} (μA)	Typical Applications
823 07 050 029	5	0.2	17	100	0.05	USB 2.0, HDMI, DVI, Firewire, Antenna



USB



- **USB 3.0: Stromlauf und Schutzbauteile (Artikelnummer: 829993BAG)**

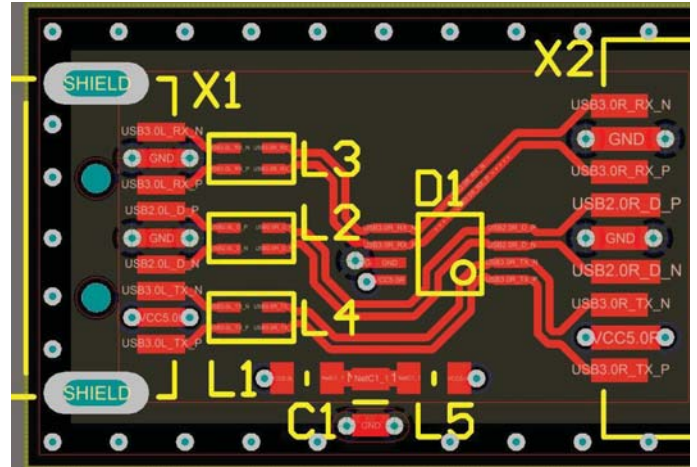


USB



■ Leiterbahnverlegung:

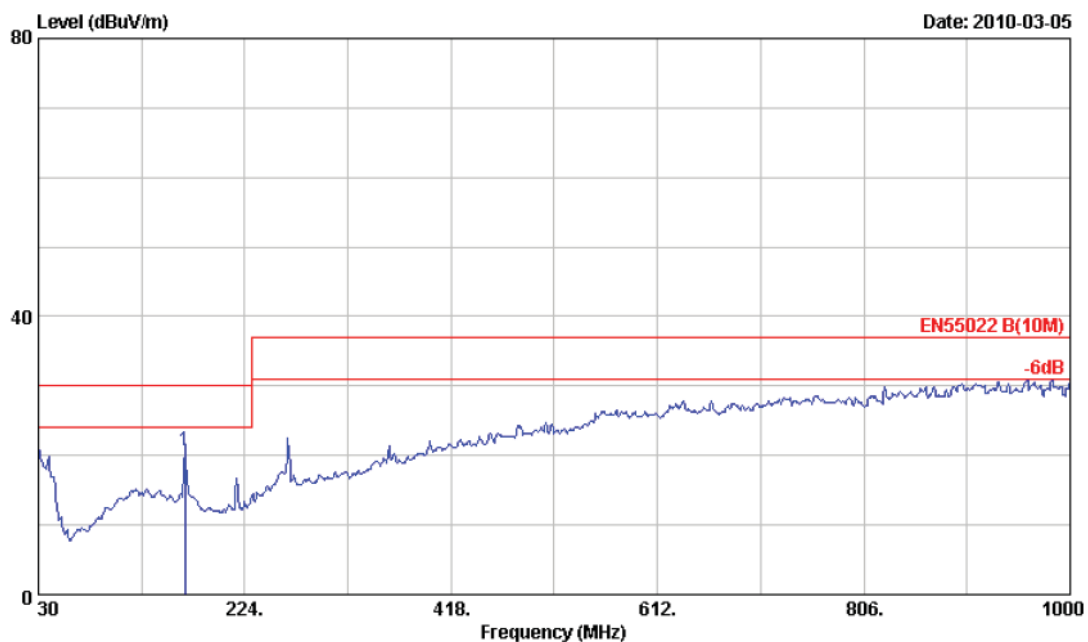
- ESD Bauteile so nahe an den Steckverbinder wie möglich
- CM Filter unmittelbar dahinter
- Differenzielle Paare brauchen 90 Ohm
- Dazu wird eine Referenzlage benötigt



USB

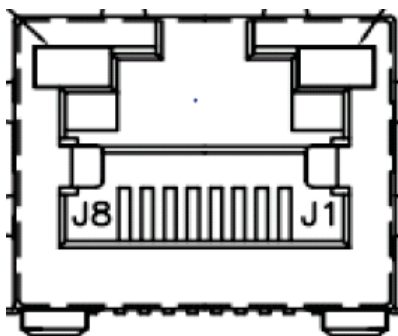


■ EMV Messung bei USB Datenübertragung:



ETHERNET

Ethernet



Pin	Description
1	Tx+/TD1+
2	Tx-/TD1-
3	Rx+/TD2+
4	PoE 48V/TD3+
5	PoE 48V/TD3-
6	Rx-/TD2-
7	PoE GND/TD4+
8	PoE GND/TD4-



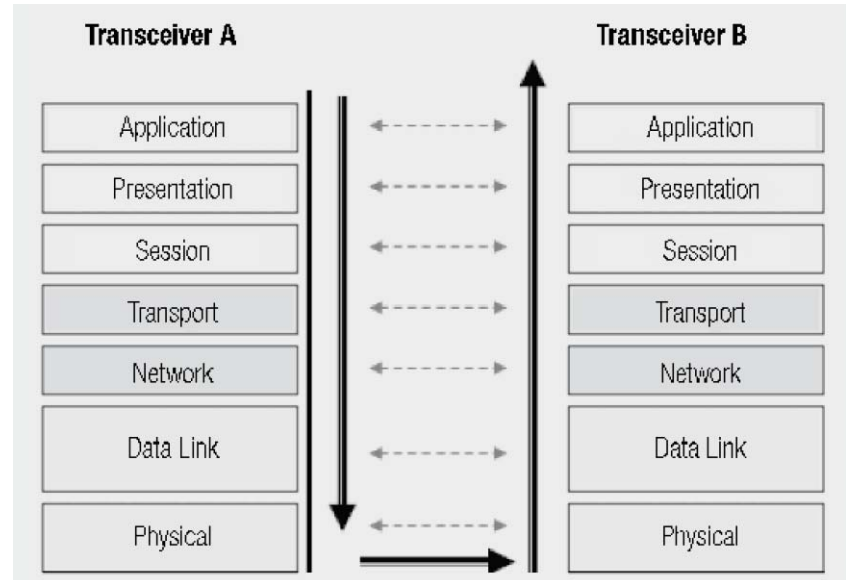
- Geschwindigkeit: 10MBit/s ... 10GBit/s
- Signalpegel: -1V ... +1V

Ethernet



- 1985 wurde der 802.3 Standard für Ethernet von der IEEE veröffentlicht.
- Ethernet wird durch den 7-Layer Aufbau beschrieben:

OSI Referenz Model



Ethernet



- **Ethernet Arten:**
 - **10 Base-T**
 - Ein Kabel mit zwei verdrehten Paaren – bis zu 10MBit/s möglich.
 - **100 Base-TX**
 - Wie 10Base-T aber bis zu 10 mal schneller (100MBit/s).
 - **100 Base-FX**
 - Datenübertragung mit 100MBit/s über Glasfaser (Kunststofffaser)
 - **1000 Base-T**
 - Ein Kabel mit vier verdrehten Paaren – bis zu 1000MBit/s.
 - **1000 Base-LX**
 - Übertragung über eine Multimode Faser mit großer Wellenlänge, ca. 1350nm (1270 to 1355nm).

MLT-3 / PAM-5

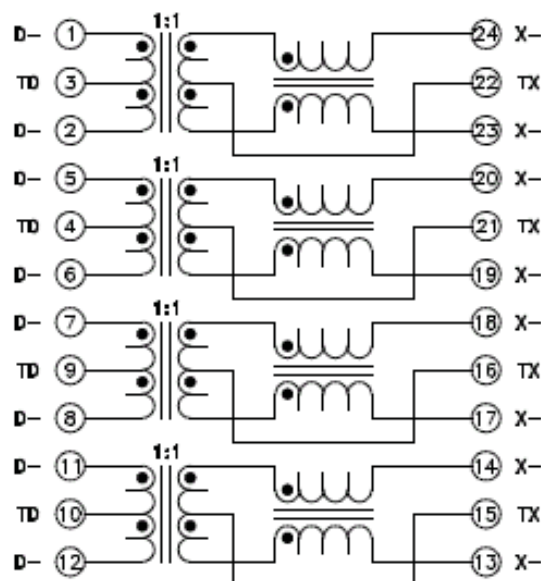
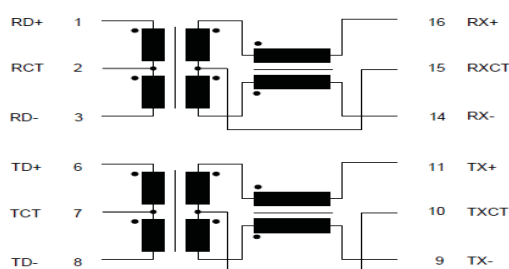


- **Bandbreitenreduktion durch Amplitudenmodulation**
- **100 Base-TX nutzt MLT-3**
 - 3 Zustände der Leitung: +, 0, -
 - Bandbreite: 31,25 MHz
- **1000 Base-T nutzt PAM-5**
 - 5 Zustände der Leitung: -1V, -0,5V, 0V, 0,5V, 1V
 - Inkl. Fehlerkorrektur $\frac{1}{2}$ der Bandbreite
 - 4 dimensionale Übertragung: 4D-PAM5: 8 Bit Pro Takt
 - Bandbreite: 62,5 MHz

Ethernet 10/100MBit - 1GBit



- **Welchen Hauptunterschied sieht man?**



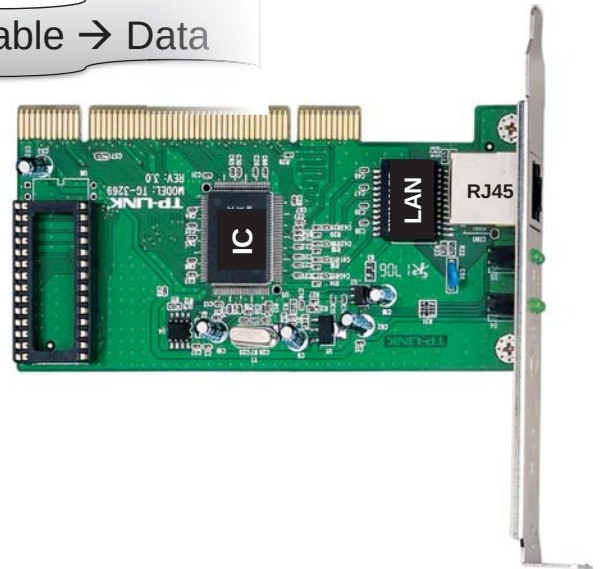
- **10/100Mbit nutzt 2 Paare und 1Gbit nutzt 4 Paare**
- **Bandbreite bei beiden unter 100MHz**

Ethernet – Interner Fluss

Transmitter / Receiver

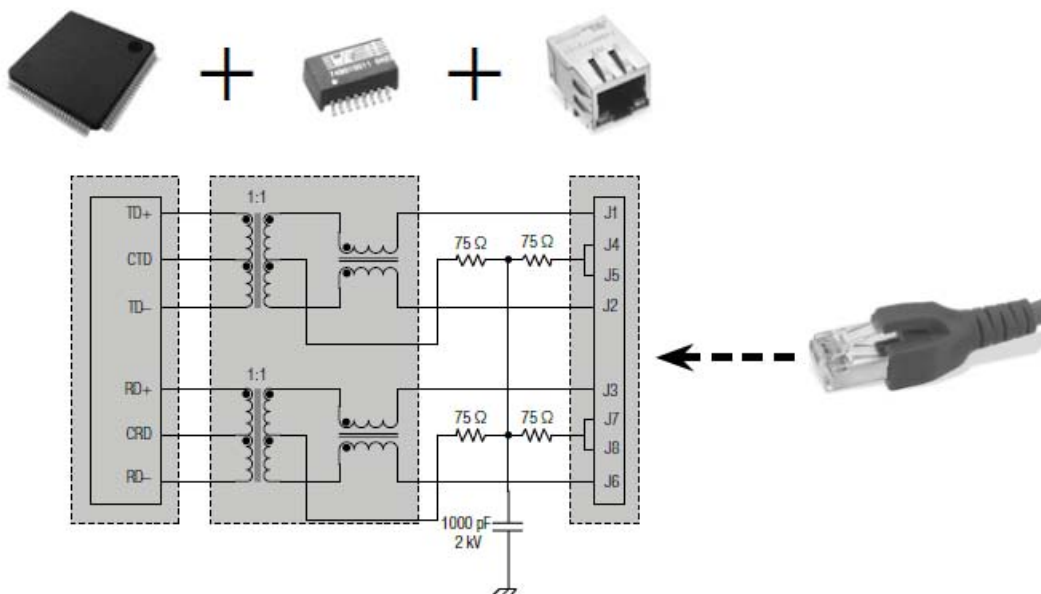


Cable → Data



Ethernet

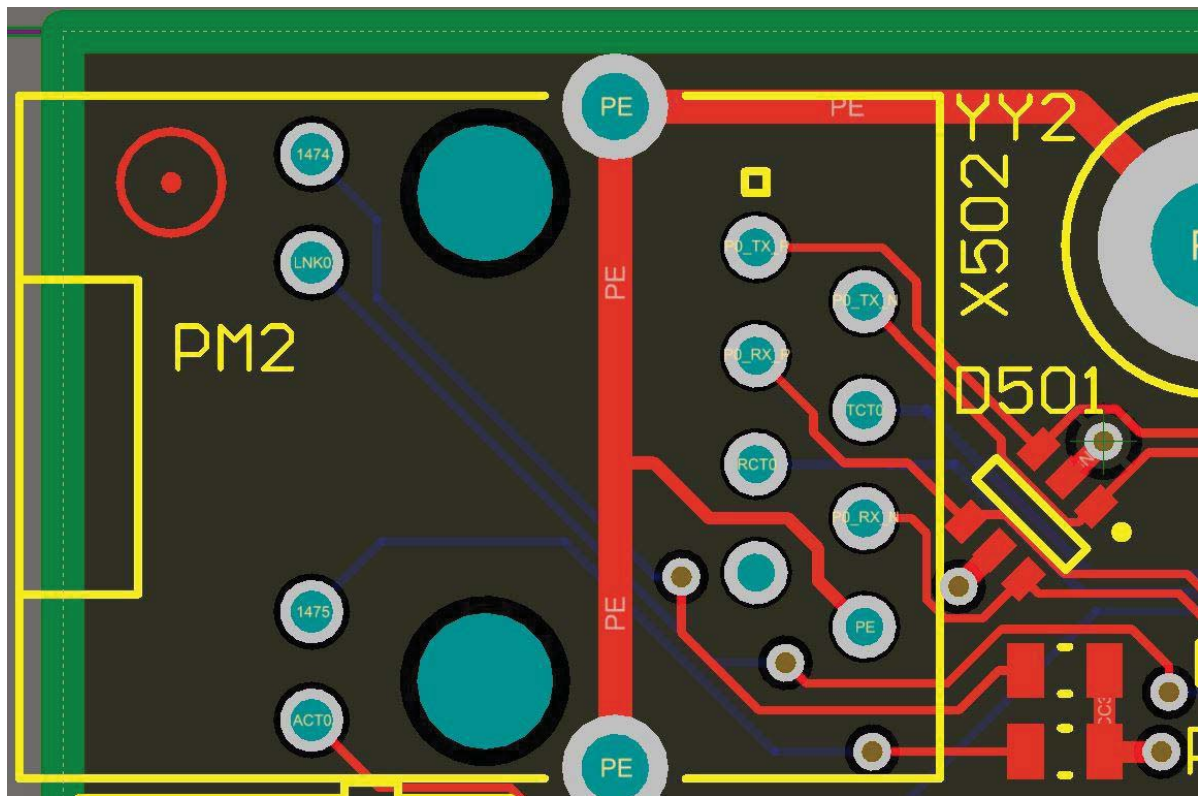
■ Typische Anschaltung (diskrete Lösung):



Der physical Layer wird durch ein aktives Bauteil kontrolliert, dem PHY.

www.we-online.com

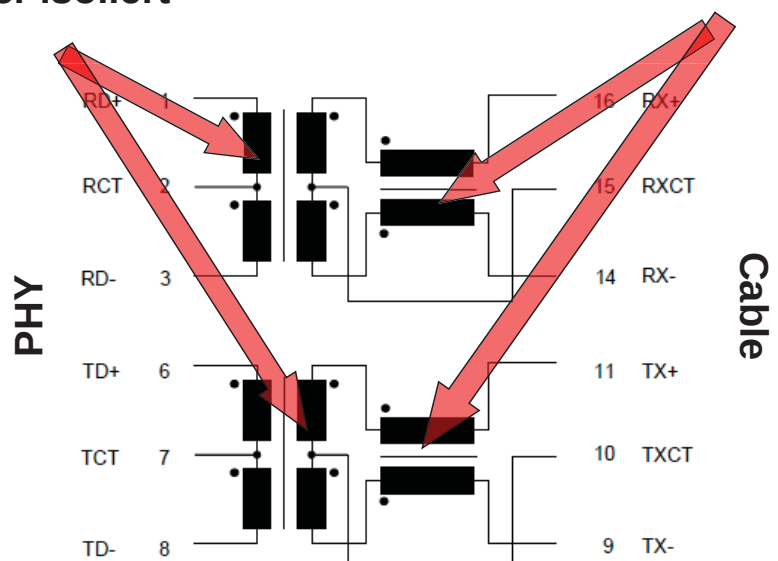
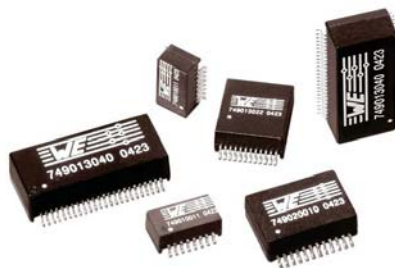
Ethernet – Anwendung



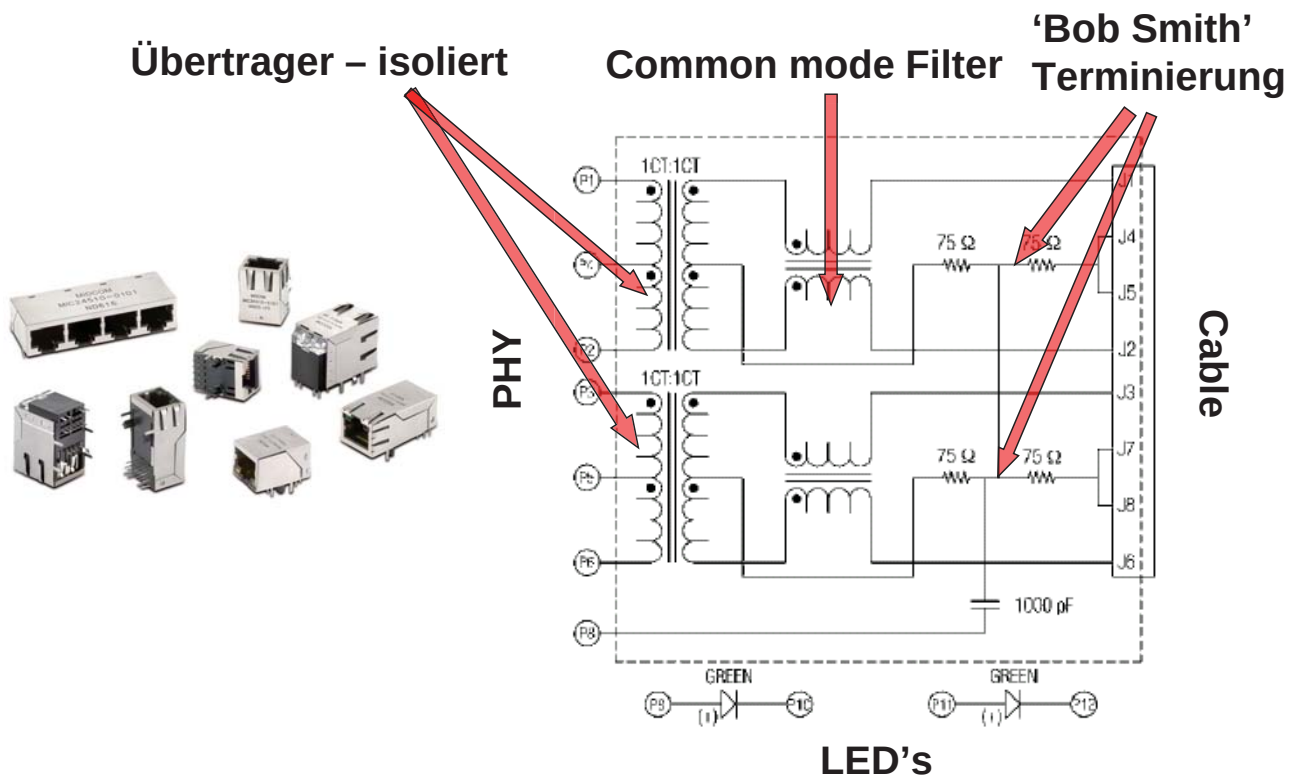
Ethernet – diskreter Trafo

Übertrager isoliert

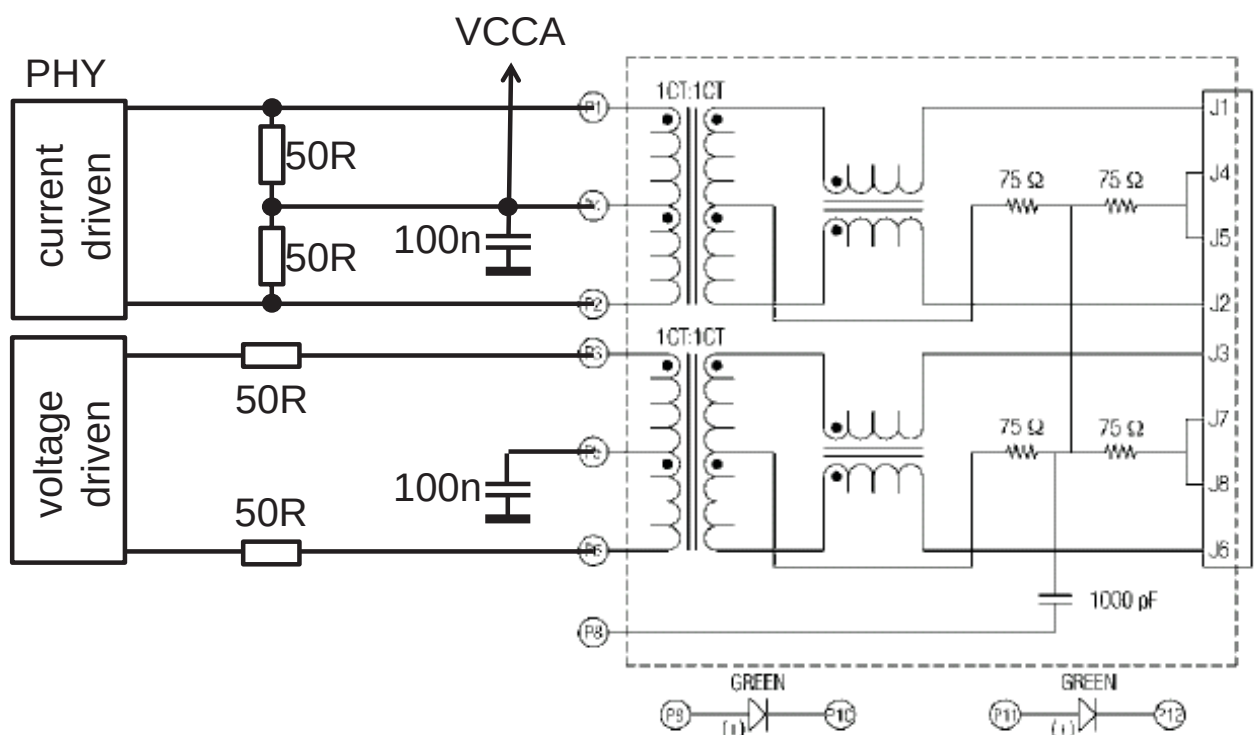
Common mode Filter



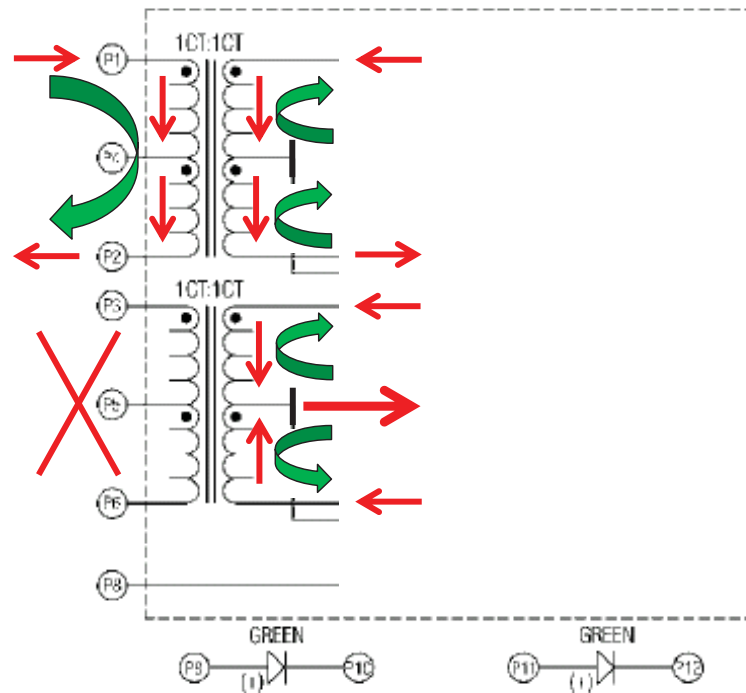
Ethernet – integrierter Trafo



Ethernet – CM vs. VM



Ethernet



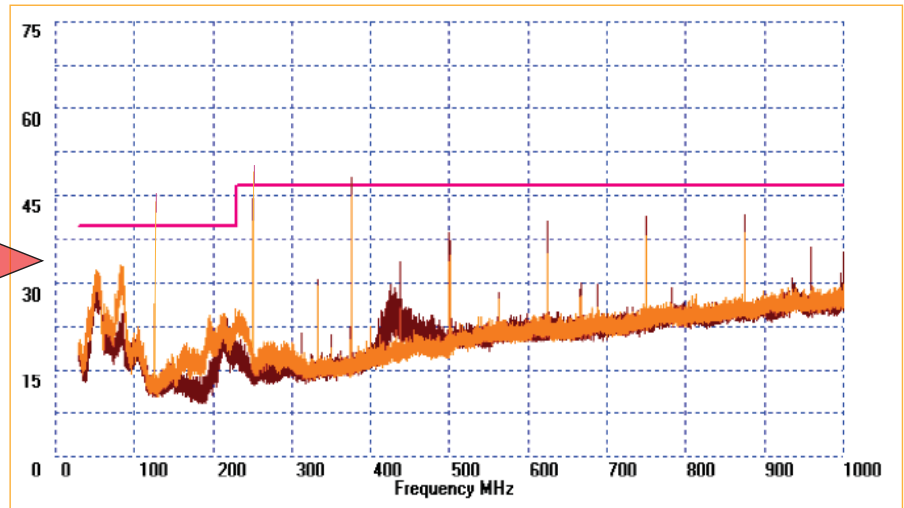
Ethernet

- Tab oben
- Tab unten
- ohne LED
- mit LED
- ohne EMV Finger
- mit EMV Finger



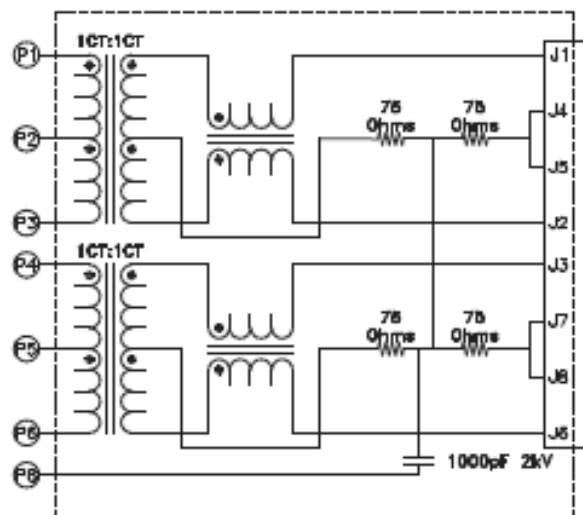
Ethernet HPLE

- HPLE = High Performance Low EMI
- Warum brauchen wir das?

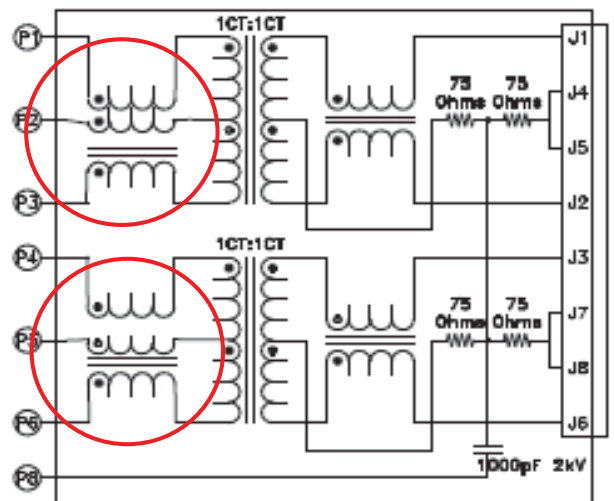


Ethernet Standard vs HPLE

Standard integrierter LAN Übertrager

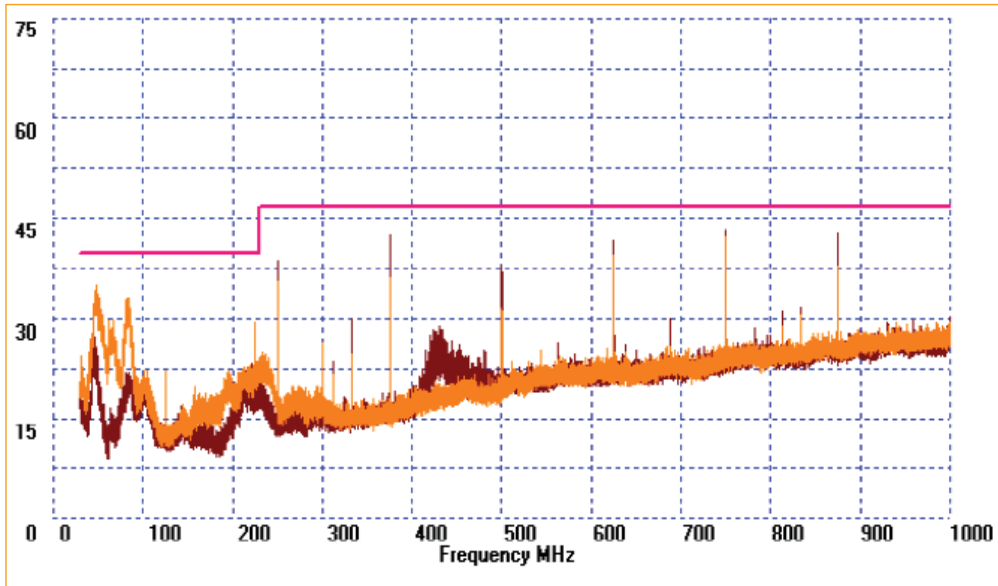


HPLE integrierter LAN Übertrager



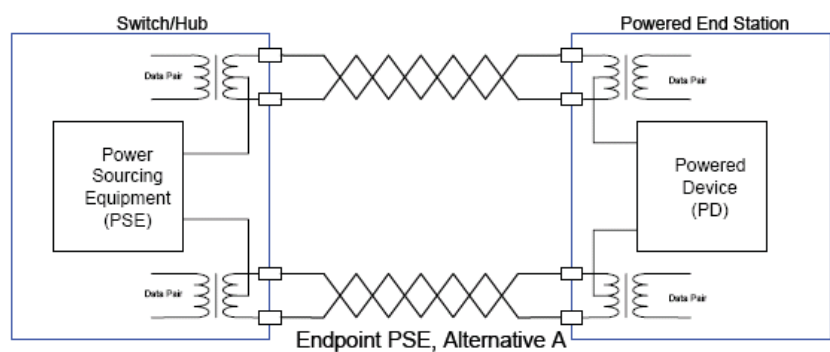
Ethernet

- Zwei zusätzliche CM Filter auf der PHY Seite erhöhen die CMRR
- Erhöht die Dämpfung im Frequenzbereich von 80MHz bis 500MHz



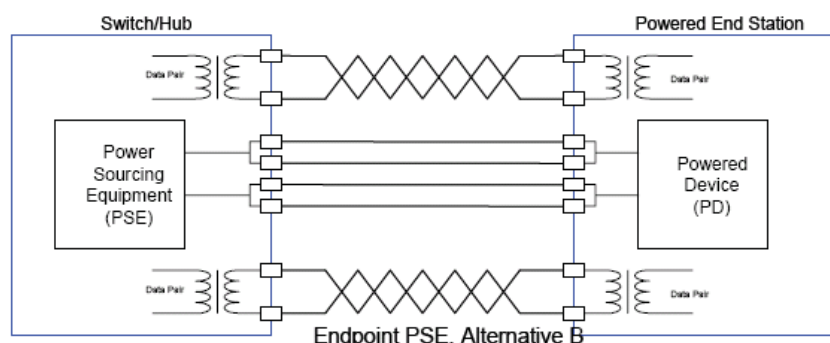
Power Over Ethernet

Power can be carried over the data pairs



OR

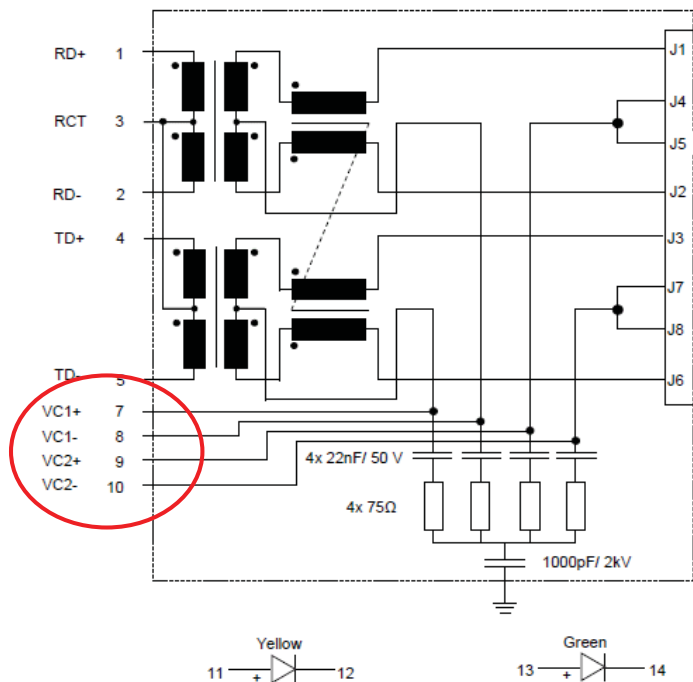
Power is carried over the spare pairs. Each pair's wires are shorted to one another.



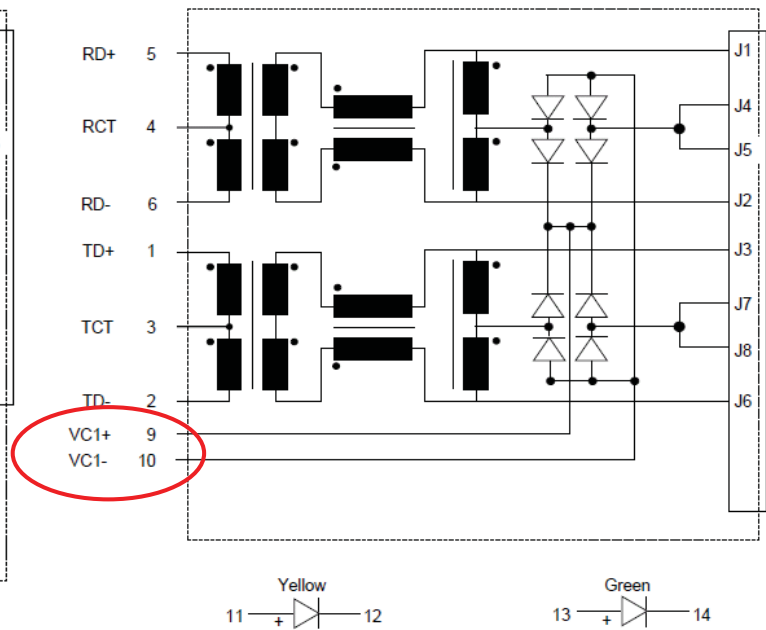
Quelle: National Semi



PoE – Different integrated LAN magnetics



PSE

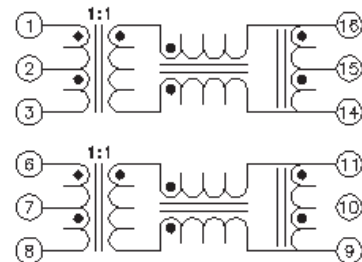
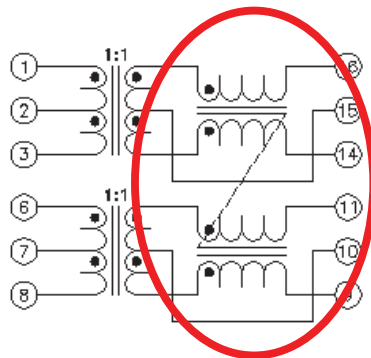
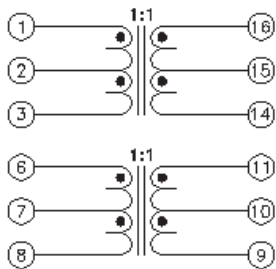


Power Device

Discrete LAN Power Over Ethernet



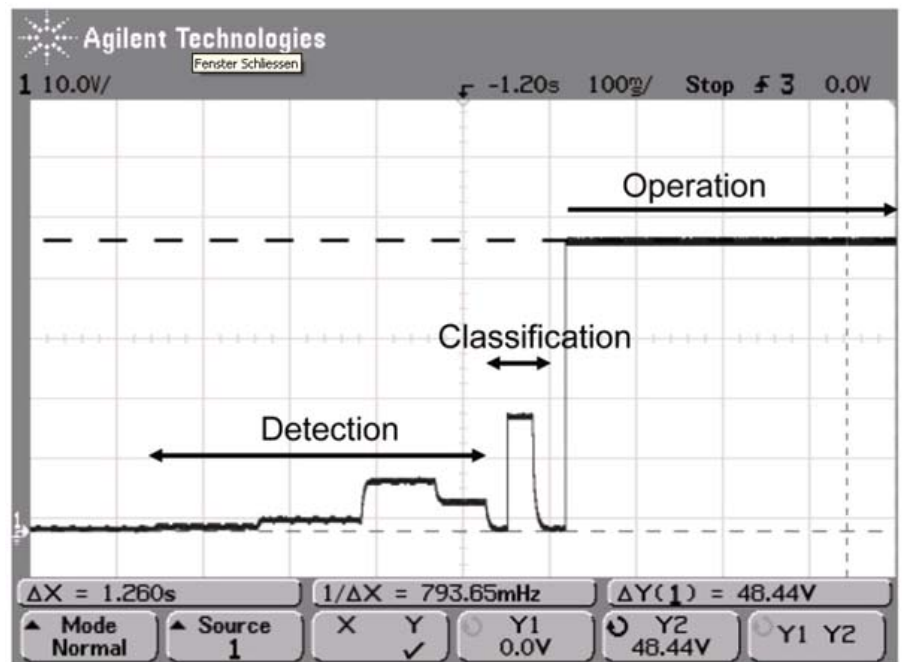
- Magnetics circuit design implementation to handle the current.



What happens if we plug in a non-POE device

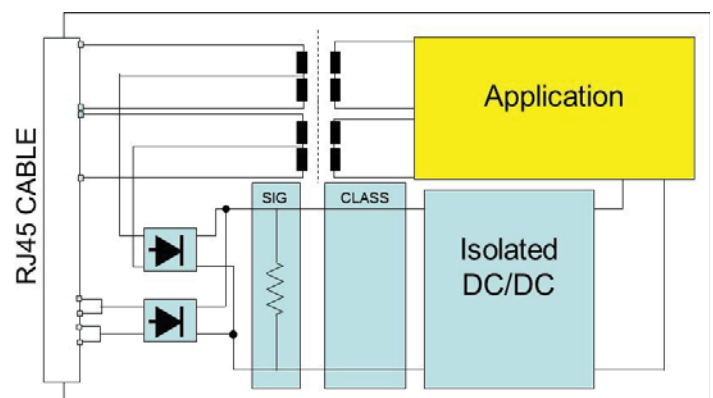
NOTHING

The device has to communicate that it is a POE device before power is enabled



Power Over Ethernet

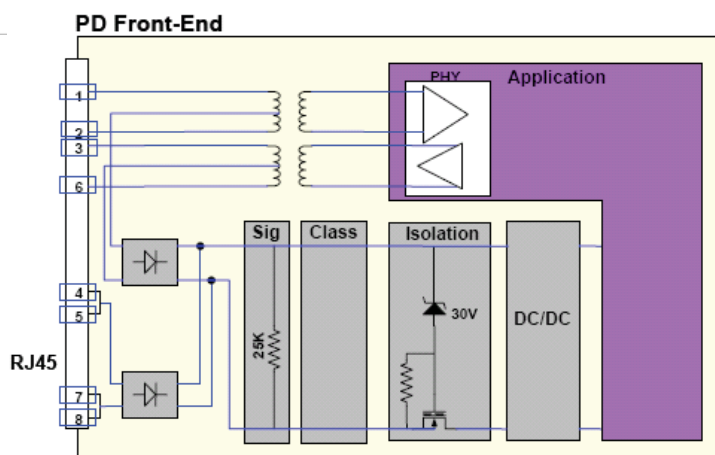
- **Diode Bridges:**
Used to correct polarity of incoming voltage, based upon POE standard
- **Signature:** presents a resistor with standard-defined value (25 KΩ).



PSE	<15K	19-26.5K	>33K
	Must Reject	Must Accept	Must Reject
PD		Valid	Not Valid
		23.75 – 26.25K	>45K
Line Detection		Decision Thresholds	

Power Over Ethernet

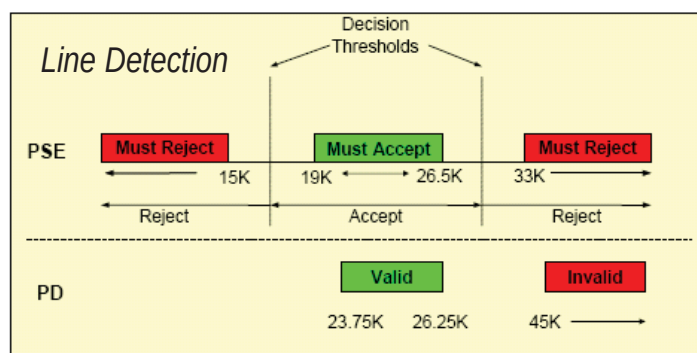
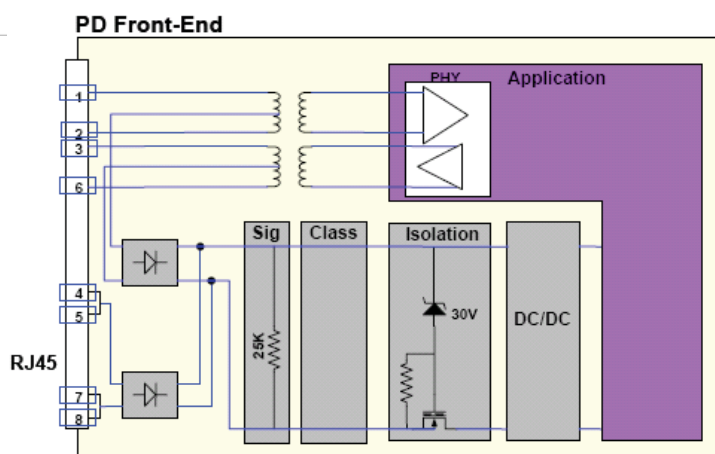
- **Classification:** this block reacts to the PSE's classification probing with a proper current value, defining the power class of the PD.
- **Isolation:** FET switch is responsible for letting the PSE power go through the application only after detection and classification processes have successfully ended.
- **DC/DC:** Following the PoE interface is a DC/DC converter block, converting the 36 to 57 Vdc input to the application's operational voltage.



Parameter	Min	Max	Unit
Signature Resistance	23.75	26.25	K Ω
Startup Time (till I>10mA)		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 (@36Vdc)	10	350	mA
Input Current, Peak		400	mA

Power Over Ethernet

- **Diode Bridges:** the standard requires the use of two diode bridges placed upon the data and spare entrances. The PD must be able to accept power from either data or spare pairs and it should be insensitive to the power's polarity.
- **Signature:** presents a resistor with standard-defined value (25 K Ω). The PSE utilizes it by inducing low probing voltages, to discover the presence of such a resistor. This low energy is completely harmless to pre-standard equipment, allowing the PSE to verify the existence of a valid PD. Should the PSE identify anything other than a valid PD, it will not inject power to the line.

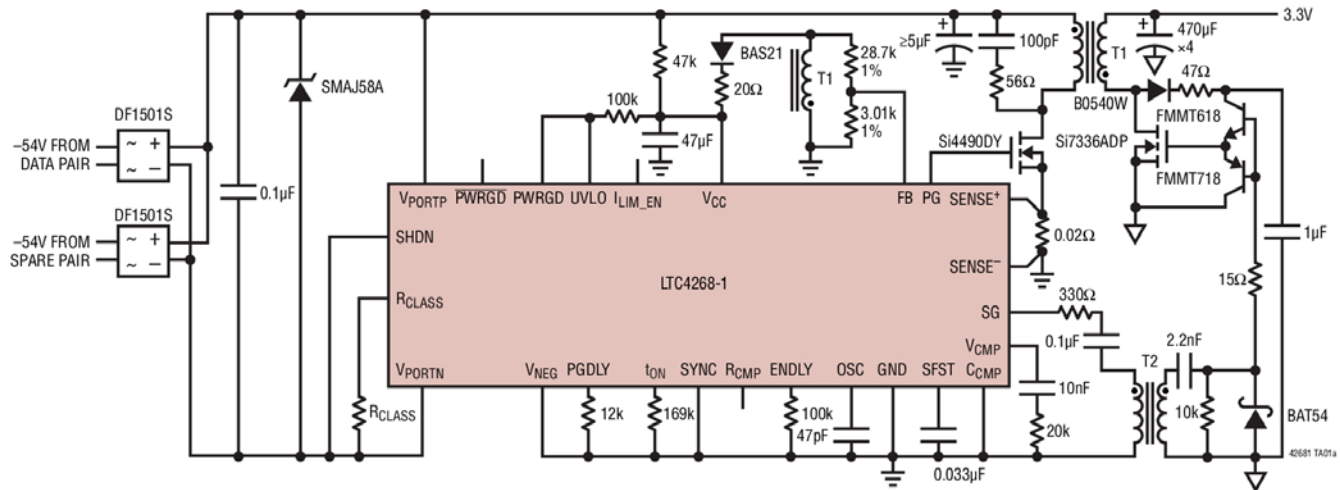


Purpose of Power Isolation Transformer

- It is to provide a level of electrical isolation for safety
- Minimum 1.5kV



35W High Efficiency PD Solution



LVDS

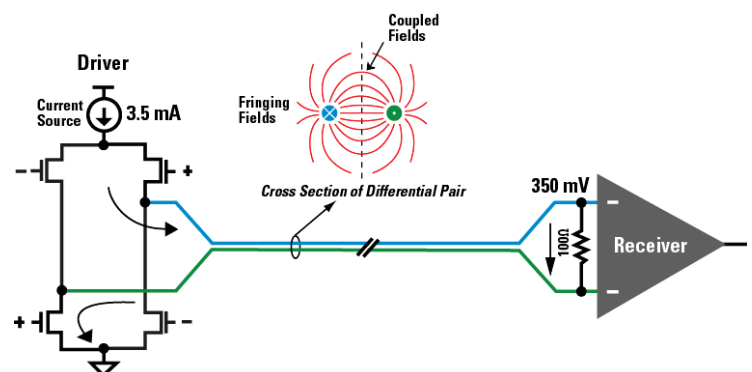
LVDS

- Low Voltage Differential Signaling (Gigabit mit mW)
- Markteinführung 1994
- Standard für hohe Datenübertragungsraten
- Standardisierung durch ANSI/TIA/EIA-644A-2001
- Beschreibt die physikalische Schicht aus dem OSI Model
- Häufig für LC Display Ansteuerung genutzt

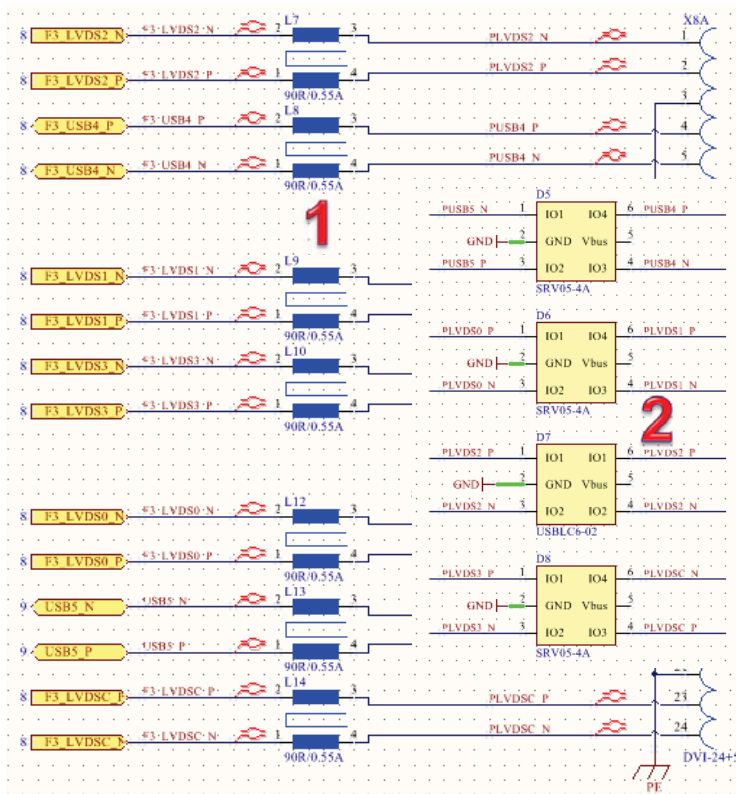


LVDS

- Übertragungsgeschwindigkeit: bis zu 3,125Gbit
- Signalpegel: stromgetrieben 3,5mA (-> +/-350mV und Offset 1,2V)
- Differentielles Signal
- Twisted pair Kabel mit max. 10m Länge
- Geringes du/dt und di/dt
- Steckverbinder ist nicht festgelegt



LVDS



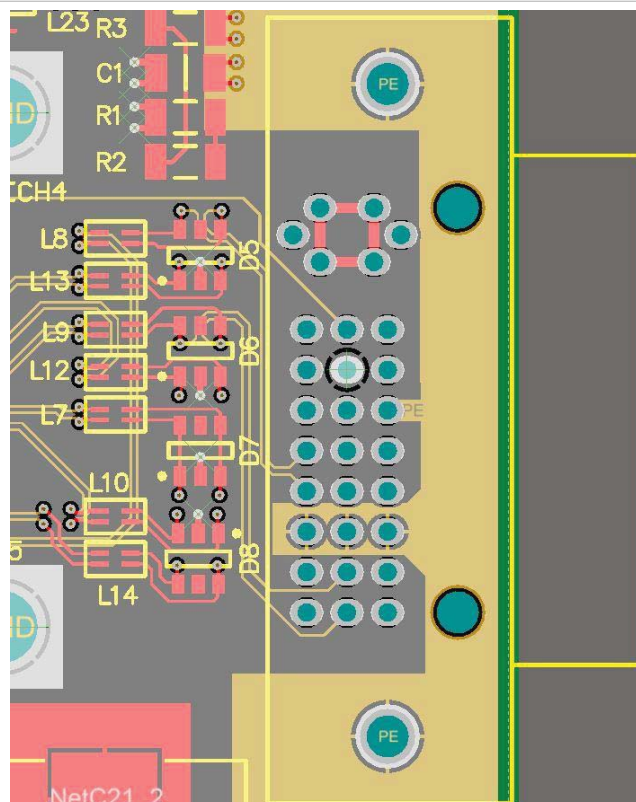
1

Signalleitungen:
e. g. 744230900
(0603 WE-CNSW)

2

ESD Schutz:
e. g. 824014
(SOT23-6 WE-TVS)

LVDS

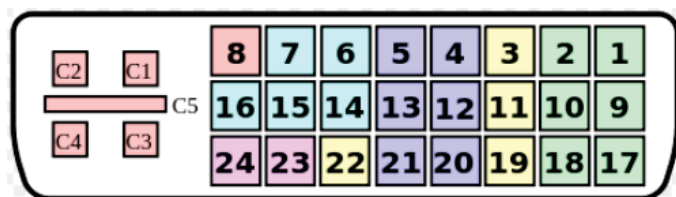


DVI

DVI



DVI: Digital Visual Interface



Pin	Description (Bezeichnung)	Pin	Description (Bezeichnung)
1	Data2-	13	Data3+
2	Data2+	14	+5V
3	Shield Data 2/4	15	GND
4	Data4-	16	Hot-Plug detect
5	Data4+	17	Data0-
6	DDC Clock	18	Data0+
7	DCC Data	19	Shield Data 0/5
8	V-Sync	20	Data5-
9	Data1-	21	Data5+
10	Data1+	22	Shield Clk
11	Shield Data 1/3	23	Clk+
12	Data3-	24	Clk-
C1	Red	C4	H-Sync
C2	Green	C5	analog GND
C3	Blue		

- Geschwindigkeit: 3x1,65Gbit/s (Single Link); 6x1,65Gbit/s (Dual Link)
- Signalpegel: -500mV ... +500mV

DVI



- DVI-I: digitales/analogenes Interface – single link
3,72Gbit/s
- DVI-I: digitales/analogenes Interface – dual link
7,44Gbit/s
- DVI-D: digitales Interface – single link
- DVI-D: digitales Interface – dual link
- DVI-A: nur analoges Interface



DVI-I (Single Link)



DVI-I (Dual Link)



DVI-D (Single Link)



DVI-D (Dual Link)



DVI-A

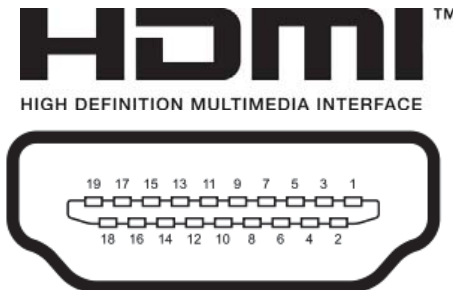


HDMI

HDMI



▪ HDMI: High Definition Multimedia Interface



Pin	Description (Bezeichnung)	Pin	Description (Bezeichnung)
1	TMDS Data2+	11	TMDS Clock Shield
2	TMDS Data2 Shield	12	TMDS Clock-
3	TMDS Data2-	13	CEC
4	TMDS Data1+	14	reserviert (1.0-1.3) HEC Data- (1.4)
5	TMDS Data1 Shield	15	SCL
6	TMDS Data1-	16	SDA
7	TMDS Data0+	17	DDC/CEC/HEC GND
8	TMDS Data0 Shield	18	+5V / 50mA
9	TMDS Data0-	19	Hot-Plug (1.0-1.3) HEC Data+ (1.4)
10	TMDS Clock+		

HDMI

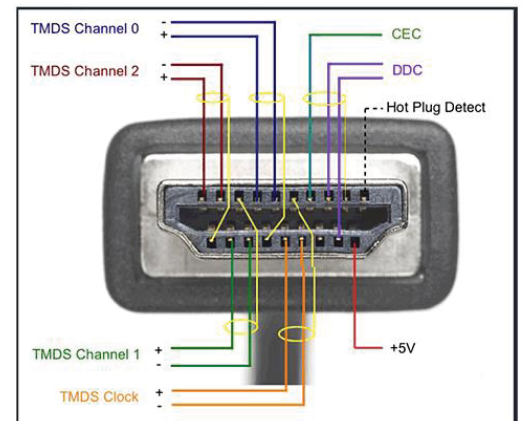


- Datarates (Datenraten):
3.96Gbit/s (1.2 Typ A)
7.92Gbit/s (1.2 Typ B)
8.16Gbit/s (1.3/1.4 Typ A und C)
- Signalpegel: -500mV ... +500mV
- 3 Controllines (Steuerleitungen): 18V → 3pF
82357240030 (0402)
82356240030 (0603)
- 8 Signallines (Signalleitungen): 5V → 1pF
82307050029 (0402)
82306050029 (0603)
82381120029 (Array)

HDMI

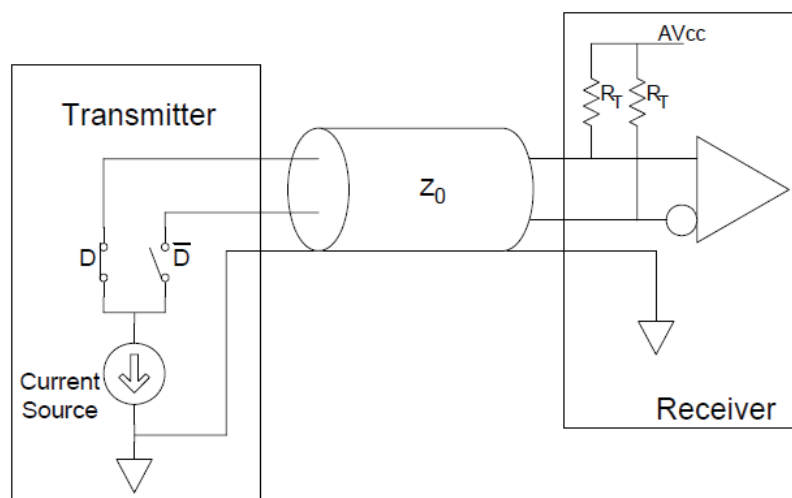
■ HDMI Steckverbinder beinhalten:

- Einen **TMDS** Takt. Bei HDMI 1.3 sind das maximal 340MHz.
- Drei TMDS Datenkanäle für Video/Audio. Je 10 Bits können pro Takt Zyklus übertragen werden; also maximal 3,4GBit/s und insgesamt 10,2GBit/s.
- DDC – Display Data Channel für die Konfiguration.



HDMI

■ TMDS – Transition Minimized Differential Signaling



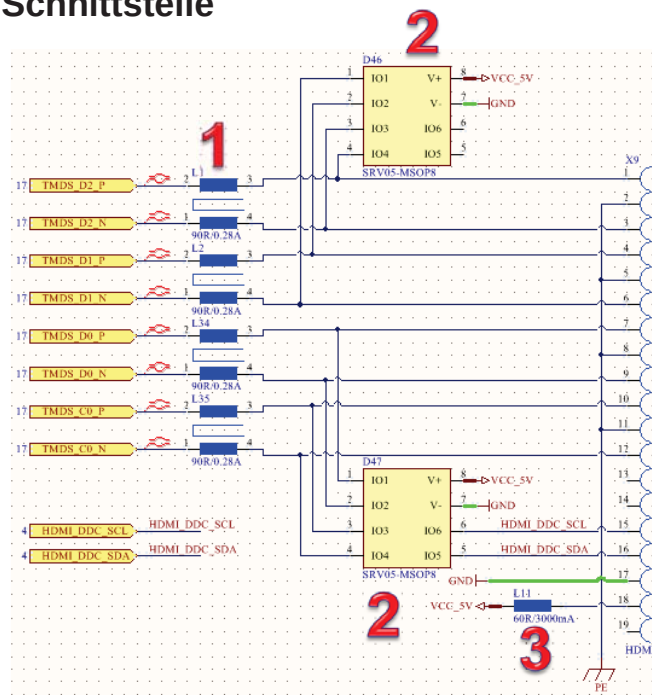
- Es werden 100 Ohm differentielle Impedanz benötigt.
- Stromquelle liefert 10mA; Signalhub nominal 500mV.

HDMI



Beispiel einer HDMI Schnittstelle

- 1** Signalleitungen:
e. g. 744233900
(WE-CNSW HF)
- 2** ESD Schutz:
e. g. 82401646
(MSOP8 WE-TVS)
- 3** Versorgung:
e. g. 742792040
(0805 WE-CBF),
oder 744226S
(WE-SL2)



WR-COM HDMI
685119134923

HDMI



EMV Überlegungen

- 100 Ohm Impedanz der differentiellen Paare
- Ferrite in der Versorgungsleitung reduzieren Störungen
- Eine CMC in den differentiellen Leitungen oder ein Klappferrit am Kabel unterdrückt Störungen
- TVS Dioden schützen vor ESD Pulsen

- eiCan Bauteil: **685119134923**

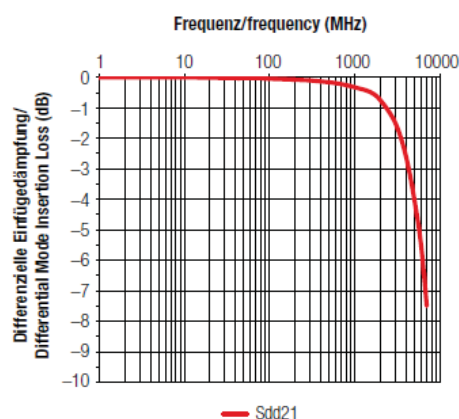


HDMI



- Die Signalqualität (Augendiagramm) sollte als erstes kontrolliert werden, wenn eine CMC und/oder TVS Diode benutzt wird.

Order Code	Z @ 100 MHz (Ω)	I _R (mA)	R _{DC} (Ω)	U _R (V)	Suitable for
744 233 670	67	320	0.24	50	USB 3.0
744 233 900	90	280	0.30		HDMI
744 233 121	120	280	0.30		LVDS / USB 2.0



WE-CNSW HF



HDMI



Order Code	V _{DC} (V)	C _{Ch} (pF)	V _{Clamp ESD} (V)	V _{Trig ESD} (V)	I _{Leak} (μA)	Typical Applications
823 06 050 029	5	0.2	30	150	0.05	USB 2.0, HDMI , DVI, Firewire, Antenna
823 06 120 029	12					

WE-VE ULC ESD Suppressor



Order Code	Size	Schematic	Channels	V _{DC} (V)	V _{BR} (V)	C _{Ch} (pF)	C _{cross} (pF)	I _{leak} (μA)	I _{Ch leak} (μA)	V _{Clamp ESD} (V)	V _{ESD Air/Contact} (kV)
824 016 46	MSOP-8L	C	6+1	5	6.0	0.2	0.05	2.5	1	13	15/8

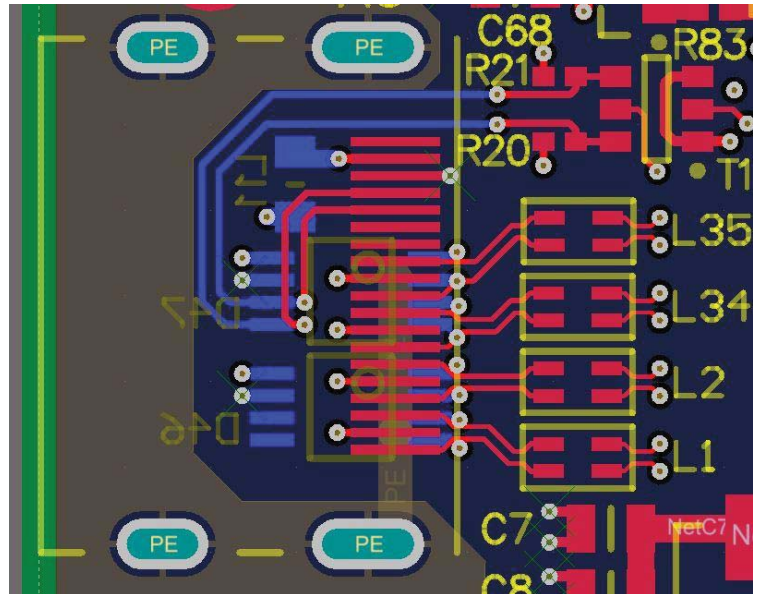


WE-TVS Super Speed Series

HDMI

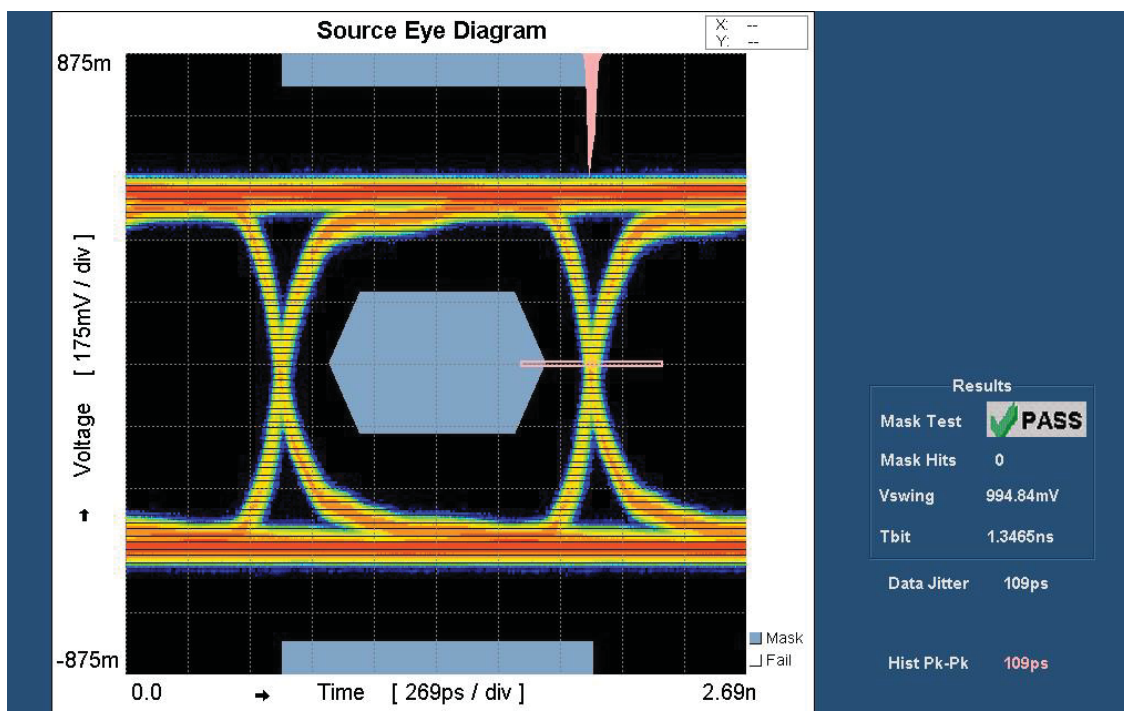
■ HDMI Layoutvorschlag:

- Differentielle Paare mit 100 Ohm
- EMV Schutzbauteile nahe am Steckverbinder
- Gute Referenzlage



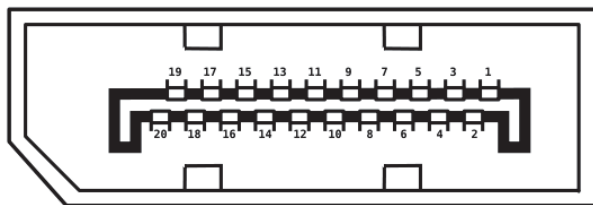
HDMI

■ HDMI Augendiagramm bei Nutzung von EMV Bauteilen:



DISPLAY PORT

Display Port



Pin	Description (Bezeichnung)	Pin	Description (Bezeichnung)
1	Lane 0+	11	GND
2	GND	12	Lane 3-
3	Lane 0-	13	Config 1
4	Lane 1+	14	Config 2
5	GND	15	Aux ch+
6	Lane 1-	16	GND
7	Lane 2+	17	Aux ch-
8	GND	18	Hot-Plug
9	Lane 2-	19	Return
10	Lane 3+	20	Power (3,3V/500mA)

- Geschwindigkeit: 4 x 8,1GBit/s -> 32,4GBit/s
- Signalpegel: -300mV – -100mV ... +100mV – +300mV



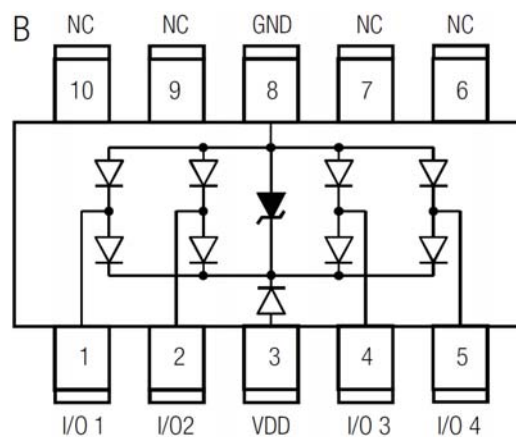
Display Port



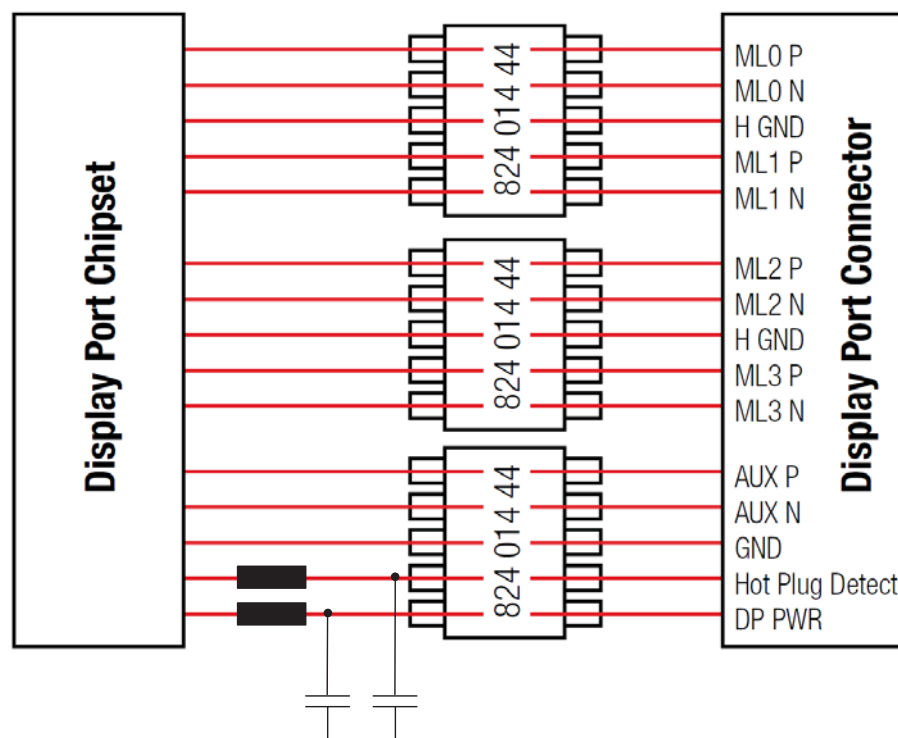
Electrical properties (HDMI 1.3, DVI & DisplayPort)

Order Code	Size	Schematic	Chan-nels	V _{DC} (V)	V _{BR} (V)	C _{Ch} (pF)	C _{cross} (pF)	i _{peak} (A)	I _{leak} (μA)	I _{Ch leak} (μA)	V _{Clamp} (V)	V _{Clamp ESD} (V)	V _{ESD Air/Contact} (kV)
824 014	SOT23-6L	A	4+1	5	6.0	0.6	0.1	4	5	1	8.2 @ 4.0 A	12	16/10
824 014 44	MSOP-10L	B						–			–		

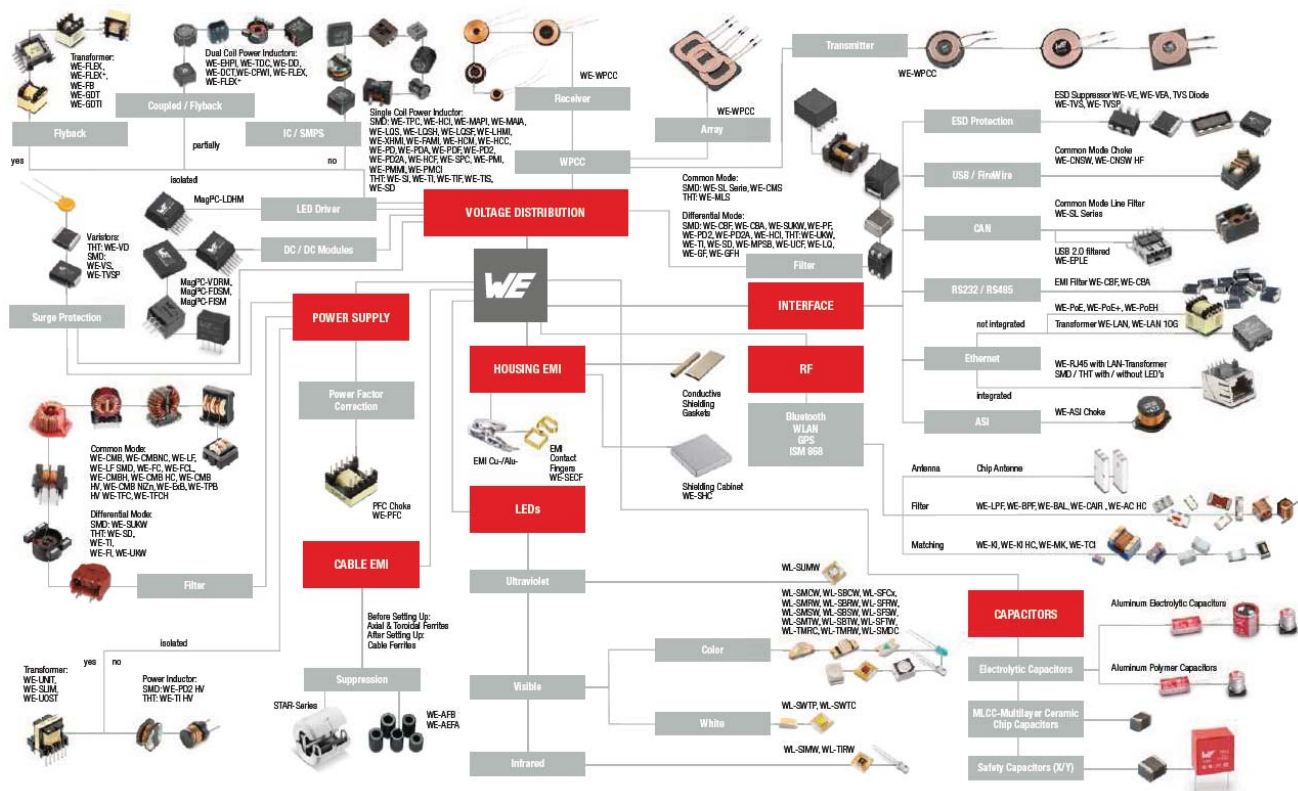
WE-TVS Super Speed Series



Display Port



Mindmap



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Referent:
Raphael Specht

**Würth Elektronik eiSos
GmbH & Co. KG**