

HIGH SPEED TRIFFT BANDBREITE!

400G



Entwicklung der Bandbreite

Der weltweite Bedarf nach höherer Bandbreite und der stetige Anstieg des benötigten Datenvolumens erfordert neue Technologien, um diesem Trend folgen zu können. Waren im Jahr 1999 noch 1G das Maß aller Dinge, sind wir 21 Jahre später beim 400-fachen

Datenvolumen angelangt. Um die Anforderungen von Applikationen wie 5G, Internet of Things (IoT) oder Cloud Rechenzentren erfüllen zu können, ist die neue 400G Technologie die nächste Stufe, um mit dieser Entwicklung Schritt halten zu können.

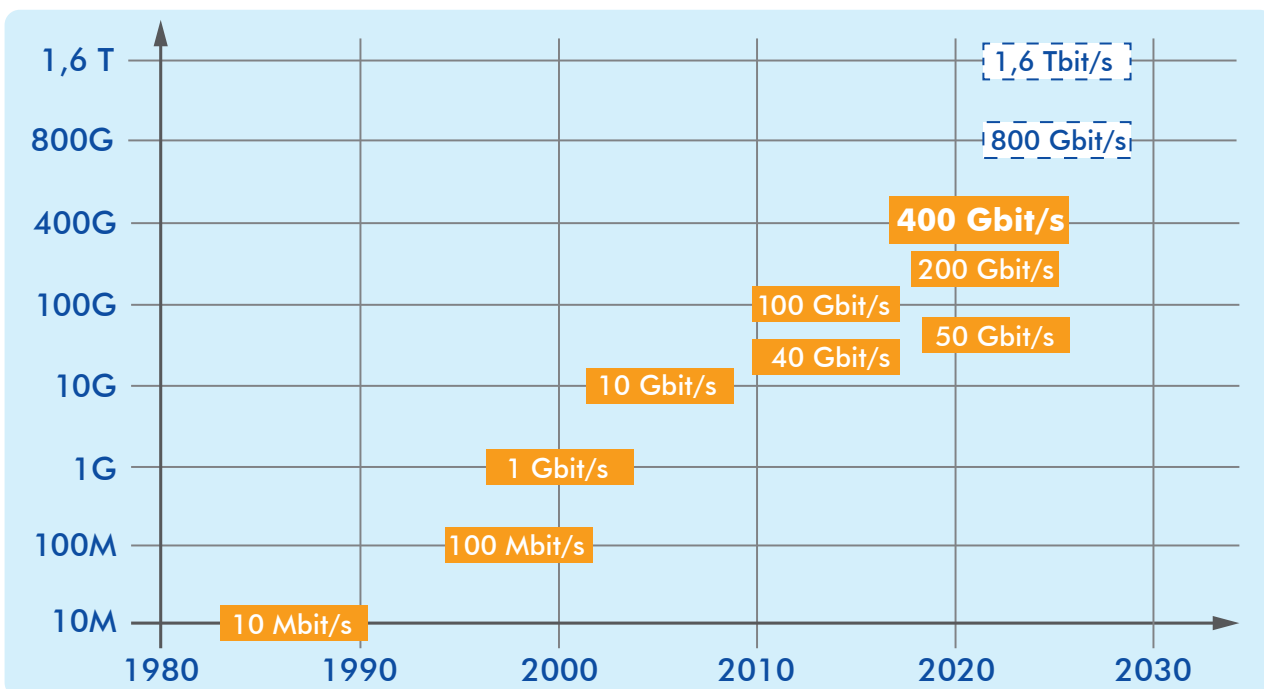


Abb. 1: ETH Standard-Entwicklung bis 2030 ■ aktuell verfügbar □ in Entwicklung

QSFP-DD – Ein Formfaktor, viele Einsatzmöglichkeiten

Bei den 400G Modulen hat sich der QSFP-DD als beliebtester Formfaktor gegen die CFP8 und OSFP Module durchgesetzt. Er zeichnet sich durch seine geringen Maße und vor allem durch seinen niedrigen Stromverbrauch von maximal 15 Watt aus.

Dabei gibt es verschiedene Modelle, um bestimmte Anwendungen abzudecken bzw. um die verschiedenen Glasfaserarten zu unterstützen. Die folgende Tabelle zeigt einen Überblick der verschiedenen QSFP-DD Module und ihre unterschiedlichen Eigenschaften:

Übertragungsart	Formfaktor	Typ	Optischer Anschluss	Optische Lanes	Optische Modulation	Strecke	Wellenlänge nm
Multimode	QSFP-DD	SR4	MPO	4 (bidir)	50G PAM4	100 m	850
	QSFP-DD	SR8	MPO	8	50G PAM4	100 m	850
	QSFP-DD	DR4	MPO	4	100G PAM4	500 m	1310
	QSFP-DD	DR4+	MPO	4	100G PAM4	2 km	1310
Singlemode	QSFP-DD	FR4	LC-Duplex	4	100G PAM4	2 km	1270, 1290, 1310, 1330
	QSFP-DD	FR8	LC-Duplex	8	50G PAM4	2 km	1270, 1290, 1310, 1330
	QSFP-DD	LR4	LC-Duplex	4	100G PAM4	10 km	1295, 1300, 1305, 1310
	QSFP-DD	LR8	LC-Duplex	8	50G PAM4	10 km	1273, 1277, 1282, 1286, 1295, 1300, 1304, 1309
	QSFP-DD	ZR*	LC-Duplex	8	Kohärent DWDM	80 km	DWDM C-Band tunable
	QSFP-DD	ZR+*	LC-Duplex	8	Kohärent DWDM	450 km	DWDM C-Band tunable

Abb. 2: Überblick über die verschiedenen QSFP-DD Module

*Erhöhter Stromverbrauch > 15 W

Die Formfaktoren auf einen Blick



- » Maße: 40 × 102 × 9,5 mm
- » Unterstützt 400 GAUI-8 (PAM4) /-16 (NRZ)
- » Maximaler Stromverbrauch 24 W
- » Signaldichte 4x 100G



- » Maße: 22,58 × 107,8 × 13 mm
- » Octal Small Form Factor
- » Maximaler Stromverbrauch 15 W
- » Signaldichte 4x 100G



- » Maße: 18,35 × 89,4 × 8,5 mm
- » Unterstützt CAUI-4/-8 (PAM4)
- » Maximaler Stromverbrauch 15 W
- » Signaldichte 4x 100G

PAM4

Puls Amplituden Modulation

Durch den stetig wachsenden Bedarf an höheren Datenraten ist die bisher übliche NRZ Codierung (Non-Return-to-Zero) an ihre Grenzen gekommen.

Bei 400G Modulen kommt daher die Puls Amplituden Modulation, kurz PAM4, zum Einsatz.

Vergleich NRZ & PAM4

In Abbildung 4 ist der Unterschied der beiden Modulationsarten schematisch dargestellt. Bei der NRZ Codierung gibt es ausschließlich zwei diskrete Amplitudenwerte. Das Signal kann entweder „High“ oder „Low“ sein. Folglich kann pro Symbol nur ein Informationsbit übertragen werden.

Bei der Puls Amplituden Modulation können dagegen 4 diskrete Amplitudenwerte verwendet werden. Das bedeutet, dass bei der PAM4 Codierung die doppelte Anzahl an Informationsbits pro Zeiteinheit übertragen wird.

Modulationsschema NRZ vs PAM4



Abb. 3: Vergleich der NRZ und PAM4 Modulation

PAM4 überträgt bei gleicher Baudrate die doppelte Datenrate

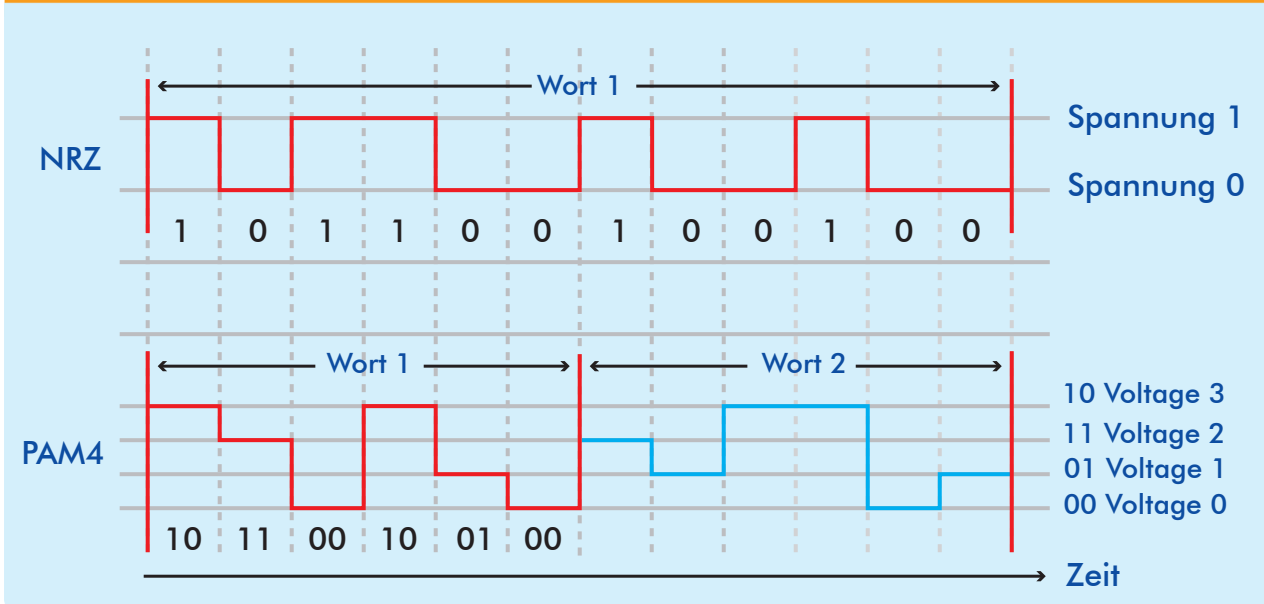


Abb. 4: Datenrate im Vergleich NRZ und PAM4 Codierung

Signalmethoden: Augendiagramm

Durch den Einsatz der Puls Amplituden Modulation können die Grenzen der Non-Return-to-Zero-Codierung überwunden werden. Der entscheidende Unterschied liegt wie beschrieben in den unterschiedlichen Amplitudenwerten der PAM4 Codierung.

Bei der Betrachtung der Signale der beiden Modulationsarten auf dem Oszilloskop kann der Unterschied verdeutlicht werden. Dabei kommt es zur Ausbildung der sogenannten Augendiagramme:

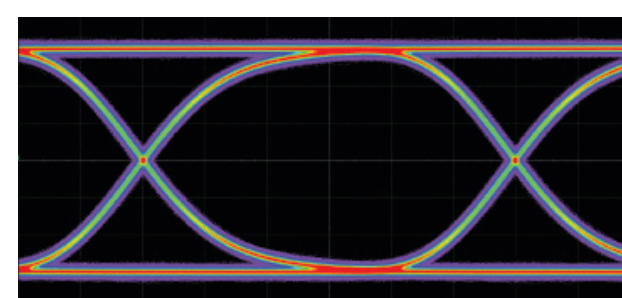


Abb. 5: Signal der NRZ Codierung

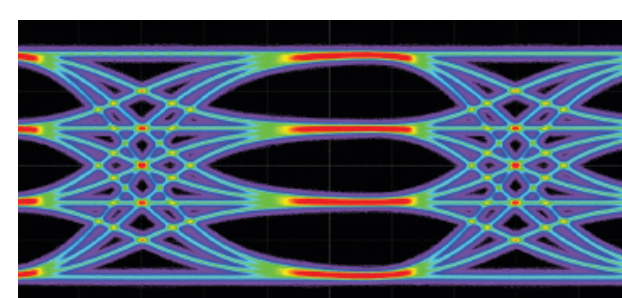


Abb. 6: PAM4 Codierung

Betrachtet man die Signale der NRZ Modulation, sieht man die charakteristische Ausbildung einer einzigen Augenöffnung mit 2 festen Amplitudenwerten und jeweils einer ansteigenden und einer abfallenden Flanke für jedes Symbol.

Im Vergleich dazu kommt es bei PAM4 zur Ausbildung von 3 charakteristischen Augenöffnungen mit 4 diskreten Amplitudenwerten. Dadurch können 2 Bits pro Symbol und somit auch die doppelte Datenrate pro Zeiteinheit übertragen werden.