

1, 2, 3, 4 - USB kann wieder mehr!



Bildnachweise: © shutterstock_1041608902; © shutterstock_139983655

USB hat sich von einer einfachen „gemeinsamen Schnittstelle“ für einige Peripheriegeräte zu einer vielseitigen, universellen Hochgeschwindigkeitsschnittstelle für alle externen Geräte, einschließlich Bildschirmen und Massenspeichergeräten, entwickelt.

Historie

Mitte der neunziger Jahre des letzten Jahrhunderts gründen PC-Firmen das USB Implementers Forum (USB-IF) und legen die Spezifikation für einen universellen seriellen Bus fest, den neue Peripheriegeräte, seien es E/A-Gerät, Massenspeicher oder Kommunikations-

schnittstelle, nutzen können. Die Punkt-zu-Punkt-Schnittstelle kann durch Hubs auf viele Geräte erweitert werden. Später wird die Datenrate mit USB 2.0 von 12 Mbps auf 480 Mbps erhöht, wobei die Abwärtskompatibilität zu langsameren Geräten beibehalten wurde.

USB 3.0: Höhere Datenrate

2008 definierte das USB-IF USB 3.0 und beseitigt den Engpass der Halbduplex-Kommunikation über ein einziges Leitungspaar, indem sie zwei unidirektionale SuperSpeed-Verbindungen für Downlink und Uplink einführt. Jede dieser Verbindungen besteht

aus zwei differentiellen Leitungen und wird Lane genannt. Die Datenrate wird auf 5 Gbps, später auf 10 Gbps gesetzt, und es wird eine verbesserte Übertragungs- und Kodierungstechnologie eingesetzt.

Type-C: Flexibler Steckverbinder

Der nächste Standard USB Type-C ist softwarekompatibel, bietet aber mehr Flexibilität bei der Hardware. Der neue Stecker hat 24 Leitungen. Es gibt nur einen Typ, der sowohl an den Host als auch ein Gerät passt, die Richtung des Kabels ist umkehrbar. Der Host sorgt dafür, dass die Leitungen in die richtige Richtung



Autor:
Rudolf Sosnowsky,
Technischer Leiter/
Chief Technology Officer

HY-LINE Computer Components
Vertriebs GmbH
www.hy-line.de

A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12
GND	TX1+	TX1-	V _{bus}	CC1	D+	D-	SBU1	V _{bus}	RX2-	RX2+	GND
GND	RX1+	RX1-	V _{bus}	SBU2	D-	D+	CC2	V _{bus}	TX2-	TX2+	GND
B12	B11	B10	B9	B8	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1
B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12
GND	TX2+	TX2-	V _{bus}	CC2	D+	D-	SBU2	V _{bus}	RX1-	RX1+	GND
GND	RX2+	RX2-	V _{bus}	SBU1	D-	D+	CC1	V _{bus}	TX1-	TX1+	GND
A12	A11	A10	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1

Bild 1: USB Type-C Wendestecker (© HY-LINE Computer Components)

Ursprüngliche Bezeichnung	Neue Bezeichnung	Aktuelle Bezeichnung	Datenrate	Geschwindigkeits-Klasse	Stecker (Hostseite)
USB 1.1			1.5MBit/s	Low Speed	Typ A
			12Mbit/s	Full Speed	Typ A
USB 2.0			480MBit/s	Hi-Speed	Typ A
USB 3.0	USB 3.1 Gen1	USB 3.2 Gen1	5GBit/s	SuperSpeed	Typ A+C
USB 3.1	USB 3.1 Gen2	USB 3.2 Gen2	10GBit/s	SuperSpeed+	Typ A+C
USB 3.2	-	USB 3.2 Gen2x2	20GBit/s		Typ C
-	USB 3.2 Gen2x2	USB4 Gen2x2	20GBit/s		Typ C
USB4	-	USB4 Gen3x2	40GBit/s	Enhanced SuperSpeed	Typ C

Bild 2: USB-Generationen und deren Terminologie (© HY-LINE Computer Components)

geschaltet werden. Darüber hinaus implementiert USB Type-C sogenannte „Alternate modes“, bei denen einige Leitungen zur Übertragung anderer Signale als USB verwendet werden, z. B. DisplayPort oder MHL-Grafiken (Bild 1).

Da USB Type-C als reine USB-Verbindung ein Paar pro Richtung ungenutzt lässt, verwendet die nächste Revision von USB die „Reserve“-Leitungen, um Daten schneller zu übertragen, indem die beiden Kanäle gebündelt werden. USB 3.2 verdoppelt dadurch die Datenrate auf „Enhanced SuperSpeed“ mit 20 Gbps.

Thunderbolt

Die Konkurrenz zu USB wird Mitte der achtziger Jahre unter anderem

von Apple Computers definiert. Die „Thunderbolt“-Schnittstelle ermöglicht nicht nur den Anschluss von Peripheriegeräten wie Festplatte, Scanner, Kamera, Monitor in einer Daisy-Chain-Konfiguration, sondern verbindet auch zwei Hosts mit bis zu 40 Gbps. Der Host stellt jedem Peripheriegerät ausreichend Bandbreite zur Verfügung. Darüber hinaus kann über dieselbe Schnittstelle eine Leistung von bis zu 100 W bereitgestellt werden. Intel als Patentinhaber übergibt die Spezifikation an die USB Implementers Group, die dies Technologie in die Spezifikation von USB 4.0 einfließen lässt.

Stammbaum von USB4

USB4 ist eine Synthese des klassischen USB und Thunderbolt. Die

Geschwindigkeit von USB 3 wird auf 40 Gbps verdoppelt, was aus 20 Gbps pro Lane resultiert. Thunderbolt steuert das Konzept der gemeinsamen Nutzung der Bandbreite als auch die Tunnelarchitektur bei. Alle Thunderbolt-Signale werden unterstützt, d. h. DisplayPort-Grafiken, PCIe-Daten, USB von 1.1 an und eine Leistung von bis zu 100 W. Die Baumstruktur wird von USB übernommen.

USB4 – Elektrische Aspekte

USB4 verwendet den USB-Type-C-Stecker mit 24 Pins und nutzt alle verfügbaren Leitungen. Zwei separate Leitungen zur Übertragung von USB 2.0/1.1-Signalen gewährleisten die Abwärtskompatibilität. Das neue Benennungs-

schema berücksichtigt die Vielfalt der verschiedenen Konfigurationen je nach Datenrate und der Anzahl der Lanes. Der vollständige Name lautet also „USB4 Gen X x Y“, wobei X die Datenrate und Y die Anzahl der Lanes angibt. Bislang definiert USB4 drei verschiedene Datenraten pro Lane: 5 Gbps (X = 1), 10 Gbps (X = 2) und 20 Gbps (X = 3). Begrenzt durch die verfügbaren Leitungen, kann es eine (Y = 1) oder zwei (Y = 2) Lanes geben. Zwei Lanes werden aggregiert und erscheinen dem System wie ein einziger Übertragungskanal mit bis zu 40 Gbps Datenrate (Bild 2).

Im Vergleich zum noch weit verbreiteten USB 3.1 mit 5 Gbps erlaubt die neueste Spezifikation die 8-fache Datenrate. Im Vergleich zu USB 2.0, das bei USB-Memory-Sticks immer noch weit verbreitet ist, ergibt sich bei USB4 eine mehr als 80-fache Steigerung (Bild 3).

USB4 – Protokoll-Aspekte

Eine Stärke von USB4 ist die von Thunderbolt geerbte Fähigkeit, verschiedene andere Protokolle wie DisplayPort, PCI Express und Host-zu-Host-Übertragungen zu tunneln. Allerdings schreibt die USB4-Spezifikation keine Thunderbolt-Unterstützung durch einen Host-Computer oder ein Gerät selbst vor. Anders als bei den „Alt-Modi“, die mit USB Typ-C eingeführt wurden, wird die Bandbreite mit einer feinen Granularität geteilt, nicht in Lane-Ein-

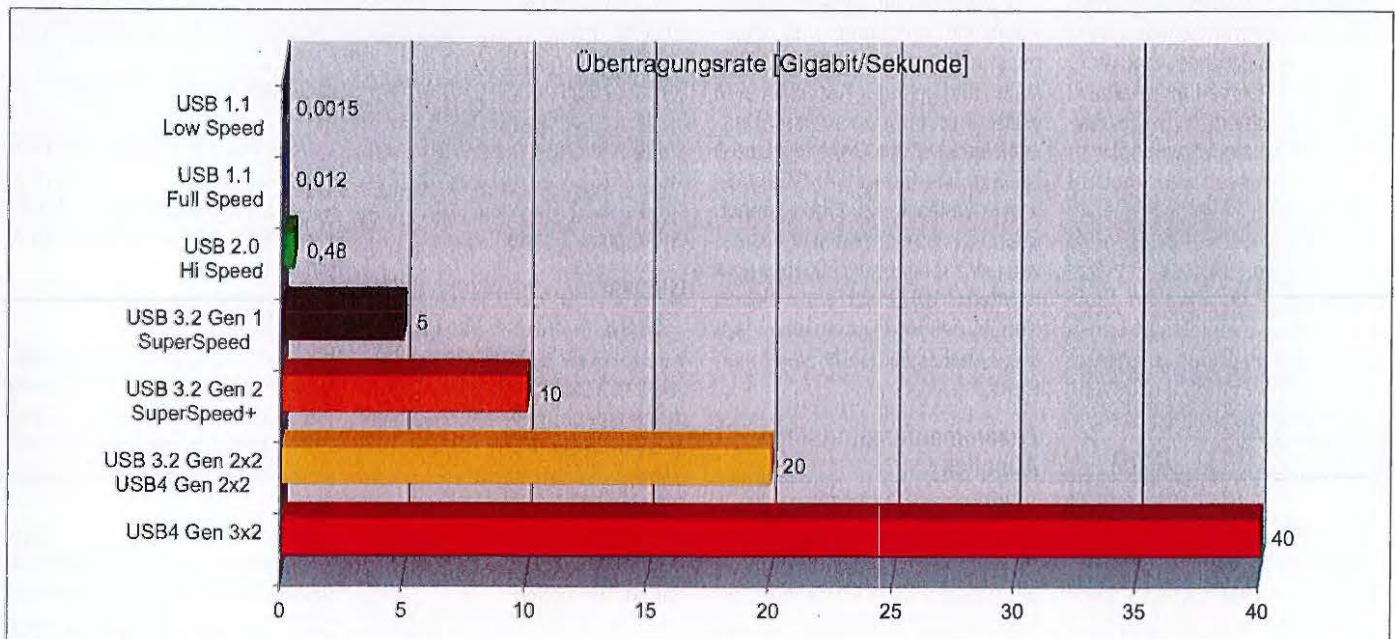


Bild 3: Entwicklung der USB-Datenraten (© HY-LINE Computer Components)

USB 1.1, 2.0	USB 3.1 Gen1/2	USB Type-C	USB Type-C	USB Type-C	USB 3.2	USB4
480Mbps Halb-Duplex	10Gbps pro Lane Voll-Duplex	10Gbps pro Lane Voll Duplex	10Gbps pro Lane DP Alt Mode 1	480Mbps DP Alt Mode 2	10Gbps pro Lane = 20Gbps gesamt	20Gbps (nur Lane 0) =40Gbps (beide Lanes)
← USB 2.0 →	← USB 2.0 →	← USB 2.0 →	← USB 2.0 →	← USB 2.0 →	← USB 2.0 →	← USB 2.0 →
	→ SSTX →	→ SSTX1 →	→ SSTX1 →	→ DP Lane 2 →	→ SSTX Lane 0 →	→ SSTX Lane 0 →
	← SSRX ←	← SSRX1 ←	← SSRX1 ←	← DP Lane 3 ←	← SSRX Lane 0 ←	← SSRX Lane 0 ←
		→ SSTX2 (nicht verwendet) →	→ DP Lane 1 →	→ DP Lane 1 →	→ SSTX Lane 1 →	→ SSTX Lane 1 →
		← SSRX2 (nicht verwendet) ←	← DP Lane 0 ←	← DP Lane 0 ←	← SSRX Lane 1 ←	← SSRX Lane 1 ←
		↔ SBU ↔	↔ DP AUX ↔	↔ DP AUX ↔	↔ SBU ↔	↔ SBU ↔
		↔ CC/V _{CONN} /PD ↔	↔ HPD/CC/V _{CONN} ↔	↔ HPD/CC/V _{CONN} ↔	↔ CC/V _{CONN} /PD ↔	↔ CC/V _{CONN} /PD ↔

Legende

- SS SuperSpeed
- TX Transmit
- RX Receive
- SBU Side Band Use
- HPD Hot Plug Detect
- CC Configuration Channel
- PD USB Power Delivery
- V_{CONN} Versorgung für ID-Chip

Bild 4: USB-Features im Überblick (© HY-LINE Computer Components)

heiten. Die Hot-Plugging-Fähigkeit ermöglicht das Anschließen, Konfigurieren, Verwenden und Trennen von Peripheriegeräten, während der Host und andere Peripheriegeräte in Betrieb sind. Das Protokoll ist kompatibel zu früheren Revisionen von USB. Mit dem USB-PD-Protokoll (Power Delivery) kann Strom zum Betrieb oder Laden des Akkus bidirektional zwischen Host und Peripheriegeräten übertragen werden.

USB-Features im Überblick

USB 1.1/2.0 nutzt ein Paar Datenleitungen. Die nächste Generation fügte SuperSpeed auf getrennten Leitungspaaren hinzu, und USB Type-C fügte zwei weitere Lanes hinzu, um den Stecker wenden zu können. Die Reserve-Lanes konnten für alternative Modi, z. B. DisplayPort-Videosignale, verwendet werden. Diese Funktion wird von USB Type-C in zwei Stufen genutzt: Im ersten Schritt werden zwei Lanes zur Übertragung alternativer Daten verwendet. In der zweiten Stufe werden alle SuperSpeed-Lanes für DisplayPort-Daten umgewidmet, so dass sehr hochauflösende Displays angeschlossen werden können. USB 2.0/1.1 bleibt weiterhin verfügbar, da es auf getrennten Leitungen läuft.

Neben den neuen Funktionen bietet USB4 eine neue Datenrate von 40 Gbps, die die mit USB 3.2 verfügbare Datenrate verdoppelt, wobei jede der zwei Lanes 20 Gbps überträgt. Die maximal erreichbare Kabel-

länge hat sich nochmals reduziert. Während die USB 1.1/2.0-Kabellänge hauptsächlich unter Zeitbeschränkungen litt - die maximale Zeit bis zum Rückempfang der Antwort beim Host -, müssen die späteren Generationen mit den Eigenschaften von realen Kabeln und realen Steckern zurechtkommen. Ab USB 3 wird die Qualität der elektrischen Signale während der Enumeration überprüft, und die Sender wenden eine Vorverzerrung und Entzerrung an. Das bedeutet, dass das Signal am Sender absichtlich verzerrt wird, um am Empfänger ein noch gutes Signal zu erhalten. Es liegt auf der Hand, dass ein „gutes“ Kabel mit konstanter und angepasster Impedanz, geringen Verlusten und geringer Kapazität eine größere Entfernung zulässt. Dennoch arbeitet die Gen 1 (5 Gbps) bis 3 m, die Gen 2 (10 Gbps) bis 1 m zuverlässig. 20 Gbps können über 0,5 m erreicht werden. Distanzen insbesondere bei 20 Gbps können durch den Einsatz eines aktiven Kabels, das Re-Clocken und adaptive Equalizer einsetzt, verlängert werden (Bild 4).

Zusammenfassung und Ausblick

USB4 kombiniert höchste Bandbreite mit größter Vielseitigkeit für Peripheriegeräte und wurde auf der Grundlage der Erfahrungen mit früheren USB-Generationen und der Thunderbolt-Technologie spezifiziert. Durch die Verwendung von

zwei parallelen Lanes und die Verdoppelung der Datenrate auf jeder Lane wurde die Gesamtdatenkapazität auf 40 Gbps erhöht, wodurch der Anschluss mehrerer Peripheriegeräte mit Hochgeschwindigkeits-USB, DisplayPort-Grafiken, PCIe-Lade-/Speicherfunktionen oder sogar Host-zu-Host-Verbindungen möglich wird. Die USB-Stromversorgung ermöglicht ein bidirektionales Laden oder eine Stromversorgung zwischen Host und Gerät. Die Stecker und Kabel des USB Typ-C sind zukunftssicher und durch die Wendefunktion einfach handhabbar. Das Thunderbolt 3-Protokoll bietet Kompatibilität zu einer noch größeren Bandbreite an Peripheriegeräten, und die skalierbare (nicht nur wählbare) Bandbreite für Grafik und Daten macht die Schnittstelle flexibel und vielseitig. USB4 ist eine echte Einkabellösung für viele stationäre und mobile Geräte.

Glossar

Alternate mode Verwendung von USB-Leitungen für die Übertragung anderer Signale, z.B. Video, in deren eigenem Format, also nicht in USB-Paketen

Daisy Chain Die Signale werden durch das Gerät durchgeschleift, stehen am Ausgang wieder zur Verfügung

Downlink Übertragungsrichtung vom Host zum Gerät; siehe „Uplink“

Enumeration Abfrage des Busses nach vorhandenen Teilnehmern und Klassifikation derselben

Halbduplex Übertragung in zwei Richtungen, von denen immer nur eine aktiv sein kann, Beispiel Sprechfunk

Lane zwei elektrisch einander zugeordnete Leitungen, die ein Signal differentiell übertragen

Tunnel „Verpacken“ von Signalen in ein anderes Format, hier z.B. DisplayPort oder PCIe in USB-Pakete

Uplink Übertragungsrichtung vom Gerät zum Host; siehe „Downlink“

USB-IF/USB Implementers Forum www.USB.org. Zusammenschluss von Firmen, die die Spezifikation des USB-Standards koordinieren

Referenzen

HY-LINE Computer Components Vertriebs GmbH
<https://www.hy-line.de/>

USB
www.USB.org

Thunderbolt
www.thunderbolttechnology.net

VESA
www.vesa.org