

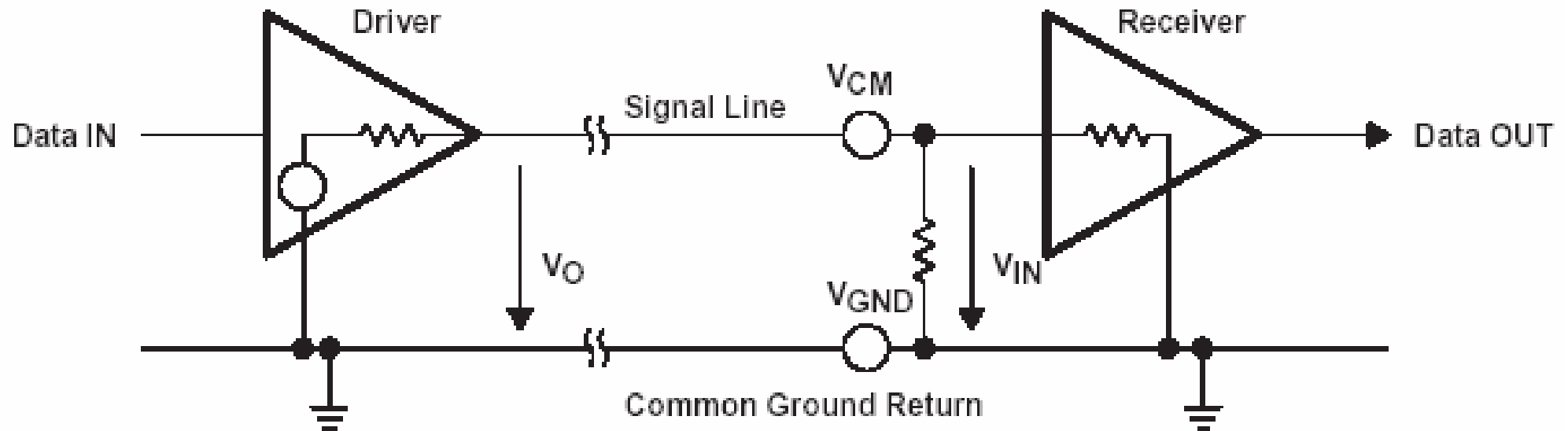
Datenübertragung

- Asymmetrische Datenübertragung („Single ended“) und symmetrische (differenzielle) Datenübertragung
 - Parallele und serielle Übertragung

 - Anhang
 - Topologien
 - Datenübertragungssysteme: Beispiele
 - TIA/EIA-232 (RS 232)
 - TIA/EIA-422
 - TIA/EIA-485
 - TIA/EIA-644 (LVDS)
 - USB
 - IEEE 1394 (Firewire)
 - PC-Architektur
-

“Single-Ended”-Datenübertragung (Asymmetrische Übertragung)

- Eine Signalleitung: Der logische Zustand (1 oder 0) wird bezüglich der gemeinsamen Masse interpretiert



„Single-Ended“-Datenübertragung

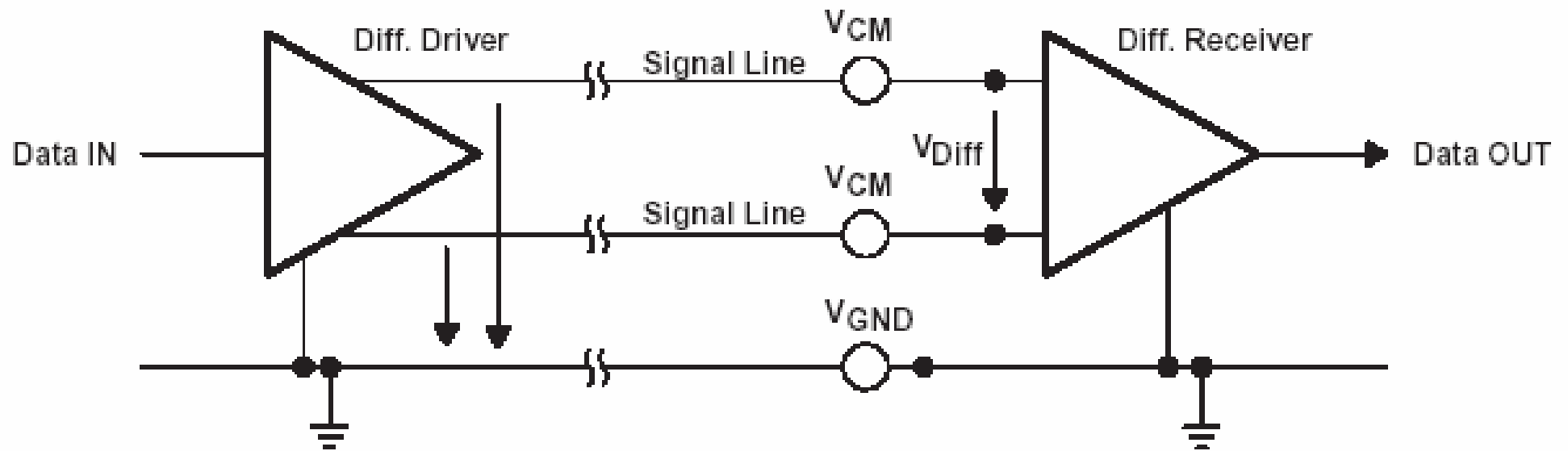
Eigenschaften

- + Einfach
- + Nur eine Leitung pro Signal
- + Niedrige Kosten für Kabel
- Schlechte Störfestigkeit: Masseverbindung ist Teil des Systems, Stör-Spannungen können induziert werden
- Übersprechen zwischen den Leitungen bei hohen Frequenzen durch kapazitive oder induktive Kopplung möglich

Beispiel: RS 232 serielle Schnittstelle

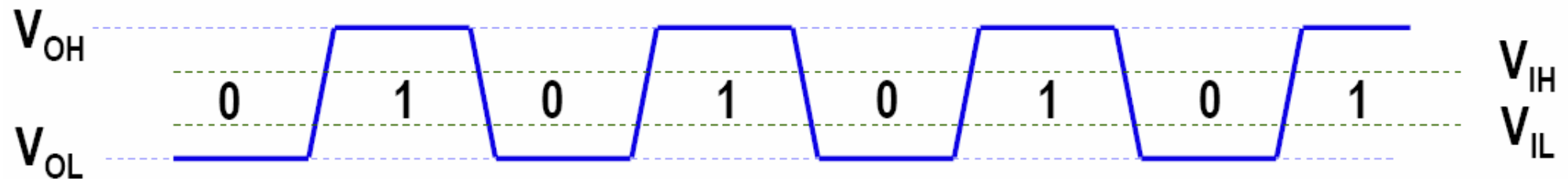
Symmetrische Datenübertragung (Differenzielle Datenübertragung)

- Symmetrische Datenübertragung: Zwei Leitungen für jedes Signal
- Auf einer Leitung wird Signal übertragen, auf der zweiten wird invertiertes Signal übertragen
- Treiber mit differenziellem Ausgang und Empfänger mit differenziellem Eingang

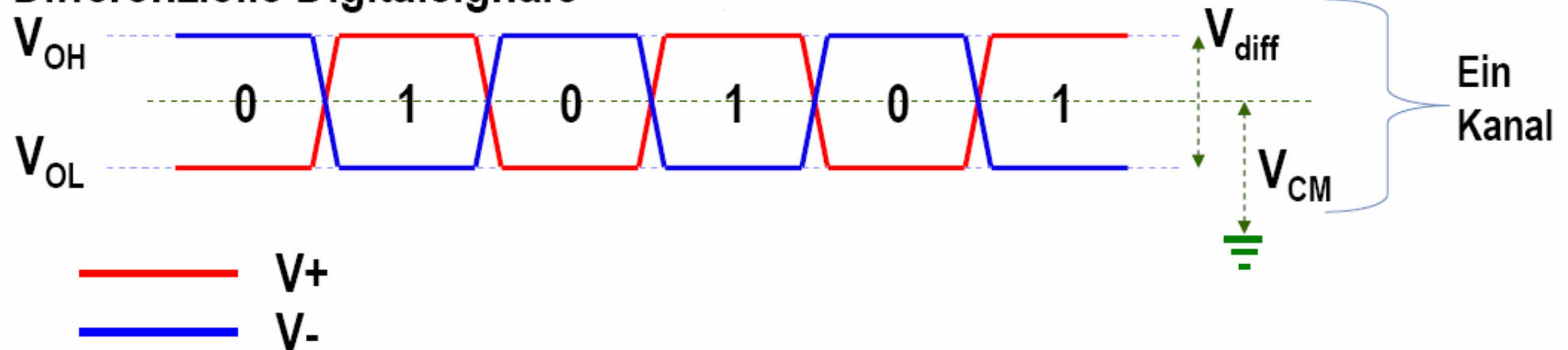


„Single-Ended“ und differenzielle Signale

Single-ended-Digitalsignale



Differenzielle Digitalsignale



V_{OL} : Voltage Output Low

V_{OH} : Voltage Output High

V_{IL} : Voltage Input Low

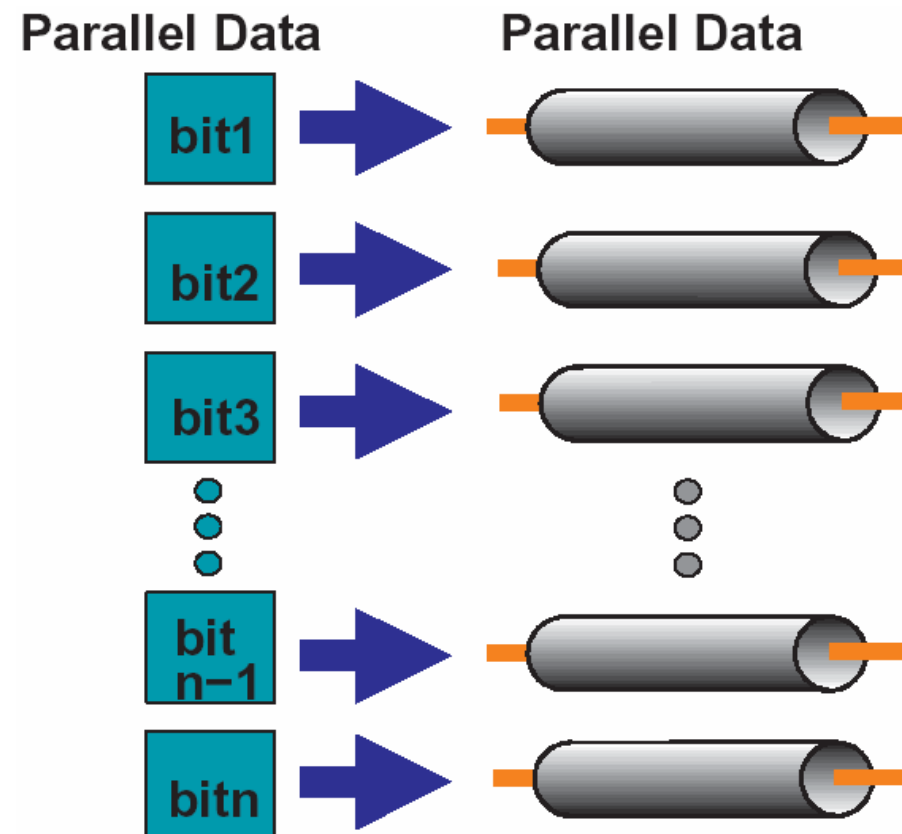
V_{OH} : Voltage Input High

Symmetrische Datenübertragung

- Bessere Störfestigkeit: Störungen koppeln in beide Leitungen in gleicher Weise ein und sind somit gleich
⇒ Differenzielles Signal wird nicht beeinflusst
 - Jede Signalleitung emittiert das entgegengesetzte Signal der anderen Leitung, wodurch sich die emittierten Signale annähernd aufheben ⇒ Wenig übersprechen zwischen benachbarten Signalleitungen
 - Zur Zeit: Datenraten bis zu 10 GBit/s
 - Höhere Kosten als asymmetrische Systeme
 - Beispiele: RS 422, RS 485, TIA/EIA-644 LVDS, USB, Firewire, PCI Express, SATA
-

Parallele und Serielle Datenübertragung

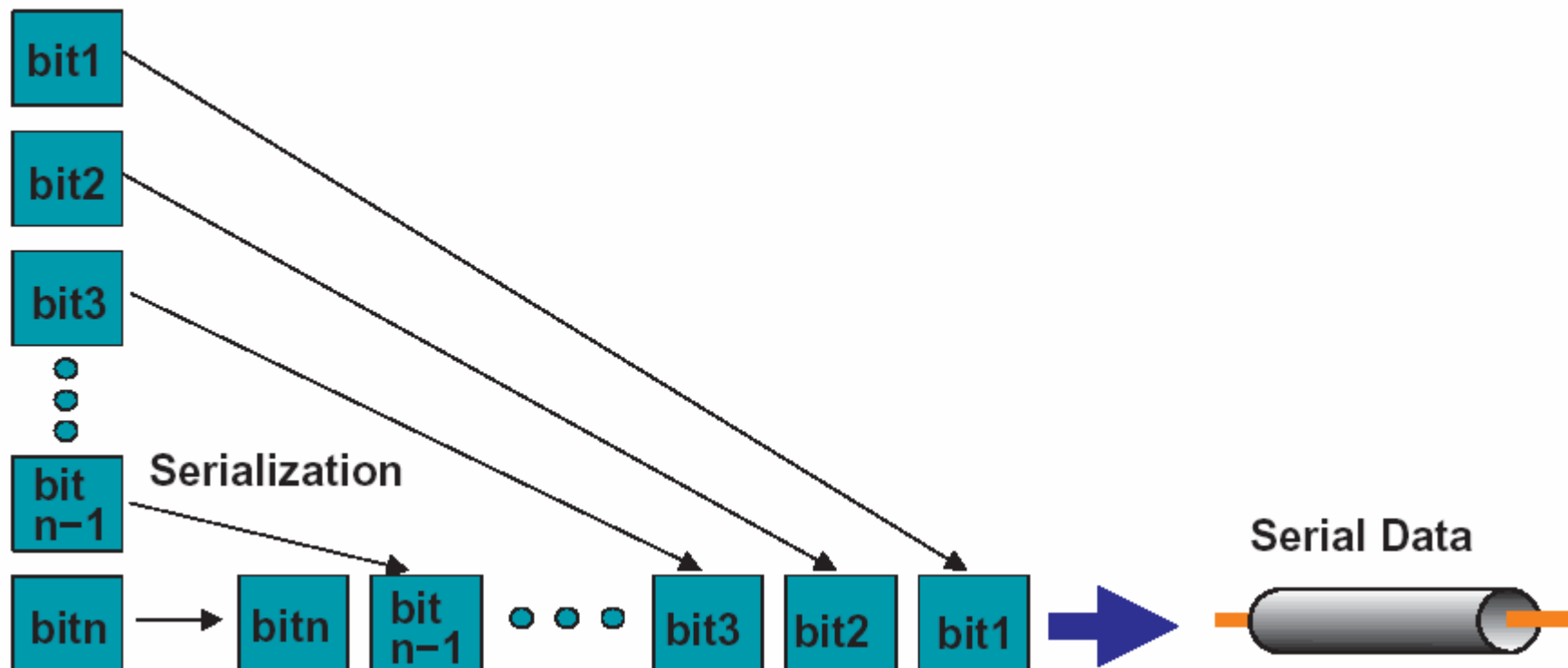
- Parallele Übertragung
 - Paralleles System: Treiber an n Datenleitungen legt n Bits gleichzeitig an und die gesamte Information wird gleichzeitig gesendet



Parallele und Serielle Datenübertragung

- Serielle Übertragung
 - Serielle Übertragung: Die Daten (Bits) werden nacheinander auf einer einzelnen Übertragungsstrecke übertragen

Parallel Data



Vergleich: Parallele und Serielle Datenübertragung

- Vorteile der parallelen Übertragung
 - Parallele Systeme benötigen keine Zeit zur Akkumulation und Dekodierung
 - Parallelisierung mit n Leitungen **kann** n-fache Datenübertragungsrate ermöglichen (Problem: Laufzeitunterschiede)
 - Nachteile paralleler Übertragung
 - Höhere Anzahl von Leitungen und Raum für Leitungen \Rightarrow höhere Kosten
 - Datenrate eines parallelen Systems begrenzt durch Laufzeitunterschiede auf unterschiedlichen Signalleitungen
-

Vergleich: Parallele und Serielle Datenübertragung

- Vorteile der seriellen Datenübertragung
 - Keine Laufzeitunterschiede \Rightarrow höchste Bitraten
 - Weniger Leitungen, weniger Steckkontakte \Rightarrow niedrigere Kosten
 - Nachteile der seriellen Datenübertragung
 - Bei gleicher Bitrate um den Faktor n langsamer als eine parallel-Übertragung mit n Bits (aber höhere Bitraten möglich)
 - Lösung: Parallelisierung von seriellen Verbindungen mit jeweils eigener Synchronisation (Kompensation von Laufzeitunterschieden): siehe z.B. PCI Express
-

Beispiele: Parallele und Serielle Datenübertragung

- Parallele Übertragung
 - „Parallel-Port“ IEEE 1284
 - PCI-Bus
 - ATA bzw. IDE-Schnittstelle (Festplatten, mittlerweile Parallel-ATA (PATA) genannt)
 - ...
- Serielle Datenübertragung
 - RS 485 (Feldbus, viele Industrieanwendungen)
 - USB (PC-Peripherie)
 - Firewire IEEE 1394 (Video)
 - PCI Express (Nachfolgesystem von PCI, serielle „Links“ werden auch parallel betrieben)
 - SATA: Serial ATA (Festplatten, Nachfolger von (P)ATA)
 - TIA/EIA-644 LVDS (Video, serielle „Links“ werden auch parallel betrieben)
 - ...

PCI: Peripheral Component Interconnect

USB: Universal Serial Bus

IDE: Integrated Device Electronics (Electrical)

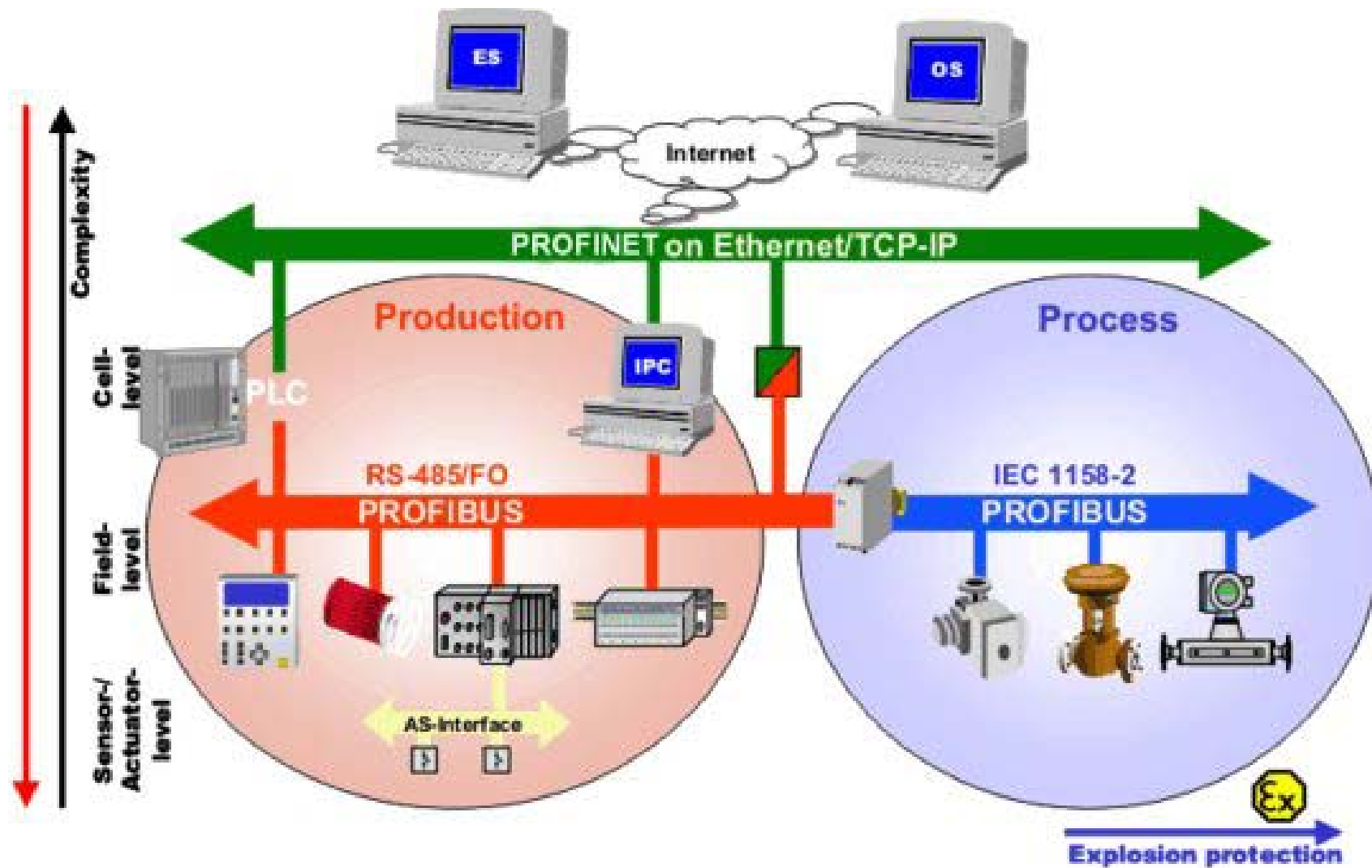
LVDS: Low-Voltage Differential Sign

ATA: Advanced Technology (AT) Attachment

RS: Recommended Standard

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers

Beispiel: Profibus (basierend auf RS 485) zur Automatisierung von Produktionsprozessen



Anhang

- Topologien
 - Datenübertragungssysteme: Beispiele
 - TIA/EIA-232 (RS 232)
 - TIA/EIA-422
 - TIA/EIA-485
 - TIA/EIA-644 (LVDS)
 - USB
 - IEEE 1394 (Firewire)
 - PC-Architektur
-

Datenübertragungs-Topologien

Punkt-zu-Punkt, Simplex

- Ein Treiber (Sender) und ein Empfänger pro Signalleitung
- Datenübertragung in eine Richtung

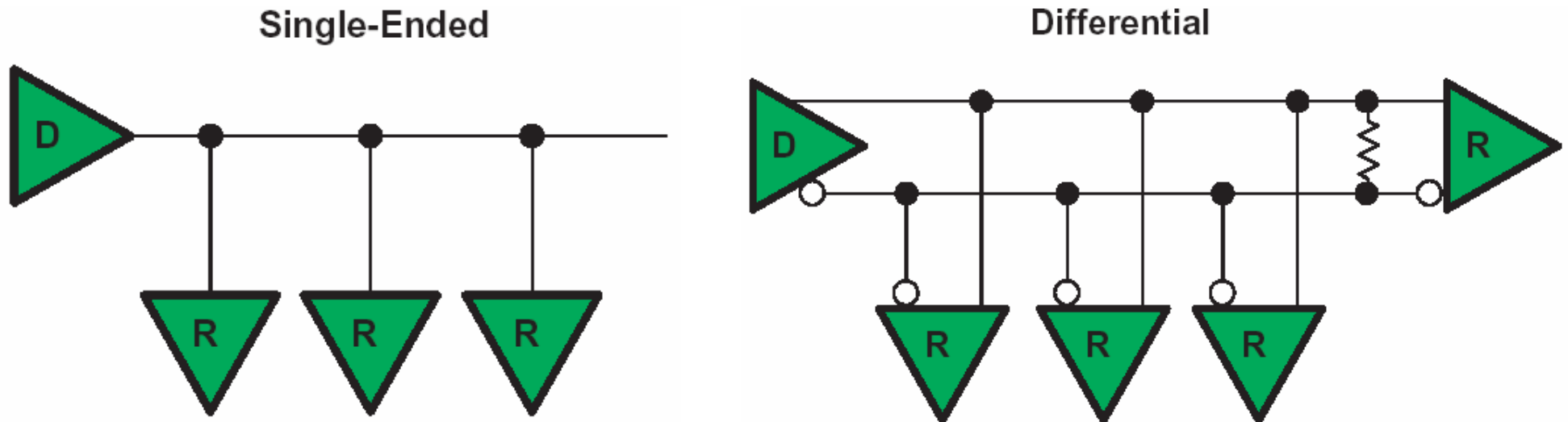


Beispiel: RS 232 (asymmetrisch), TIA/EIA-644 LVDS (differenziell, Punkt-zu-Multipunkt möglich)

Datenübertragungs-Topologien

Punkt-zu-Multipunkt

- Ein Treiber (Sender) und mehrere Empfänger pro Signalleitung
- Datenübertragung in eine Richtung

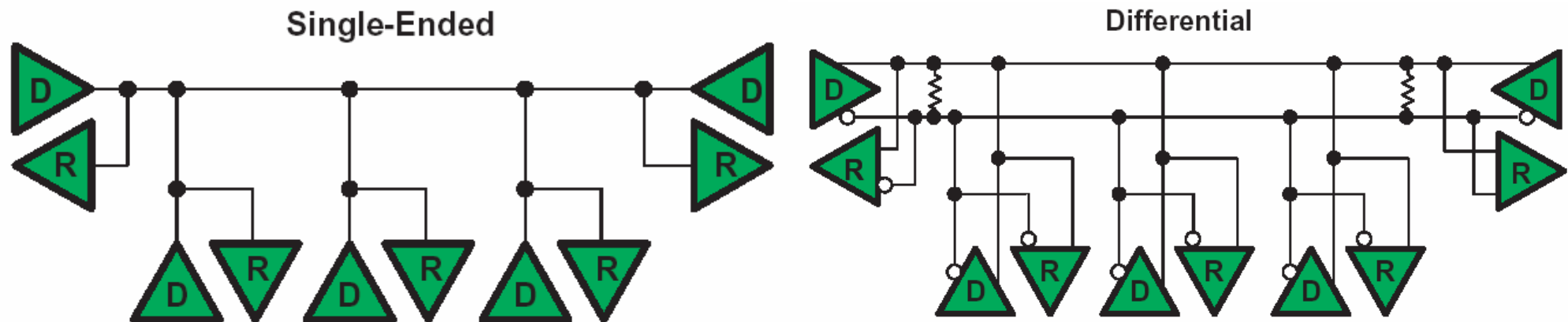


Beispiel: RS 422 (differenziell), RS 423 (asymmetrisch)

Datenübertragungs-Topologien

Bidirektionale Datenübertragung, Multiplex

- Mehrere Sender und mehrere Empfänger
- Bidirektionale Datenübertragung
- Sender-Empfänger-Paar: Transceiver (Transmitter-receiver)



Beispiel: RS 485 (differenziell)

TIA/EIA-232 (RS 232)

- Entwickelt in den 1960er-Jahren
- Serielle Datenübertragung: asymmetrische, unidirektionale Punkt-zu-Punkt Datenübertragung
- Datenraten bis zu 1 MBit/s
- Unidirektionale Empfangsleitung (RD) und Sendeleitung (TD)
- Darüber hinaus: Steuerleitungen
- Signalamplituden von ± 5 V bis ± 15 V
- Länge begrenzt durch Kapazität des Kabels (< 2500 pF)
⇒ Maximale Länge ca. 20 m
- Eigenschaften
 - Verbreiteter Standard
 - Niedrige Kosten

Glossar:

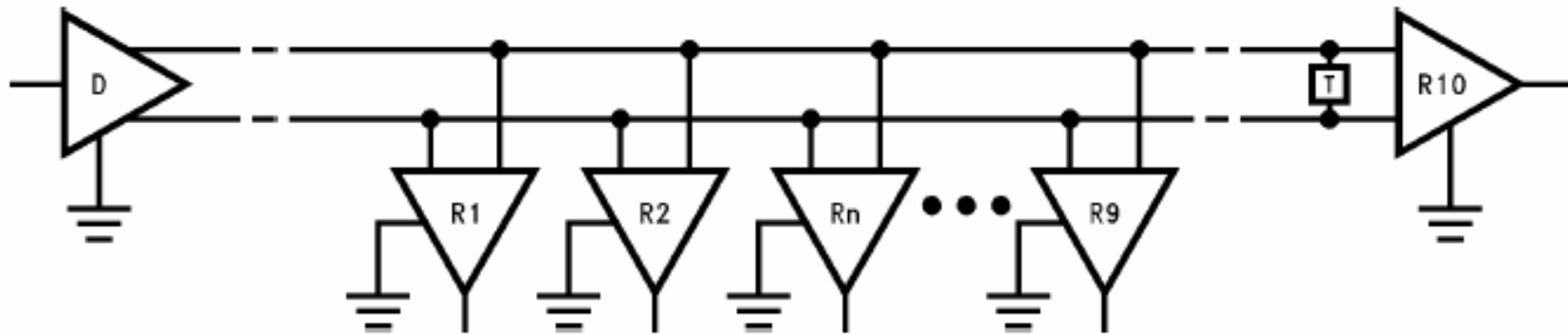
EIA: Electronic Industries Alliance

TIA: Telecommunications Industry Association

RS: Recommended standard

TIA/EIA-422 (RS-422)

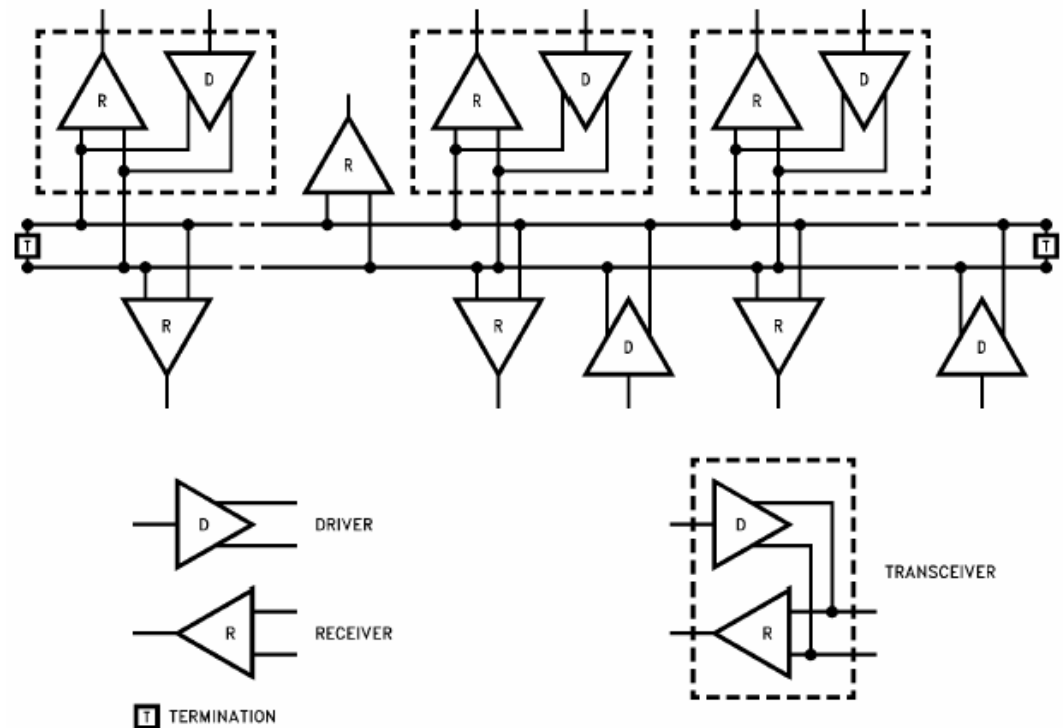
- Symmetrisch (Differenziell)
- Unidirektionale, symmetrische Punkt-zu-Multipunkt Datenübertragung



- Eigenschaften
 - Symmetrisch: Hohe Störfestigkeit
 - Leitungslänge bis zu 1200 m (bei 100 kBit/s)
 - 10 MBit/s maximale Datenrate (12 m)

TIA/EIA-485

- Ähnlich 422; zusätzlich bidirektionale Datenübertragung
- Symmetrisch (Differenziell)
- Mehrere Sender, mehrere Empfänger
- Eigenschaften
 - Datenraten: siehe RS 422
 - Robust, hohe Störfestigkeit

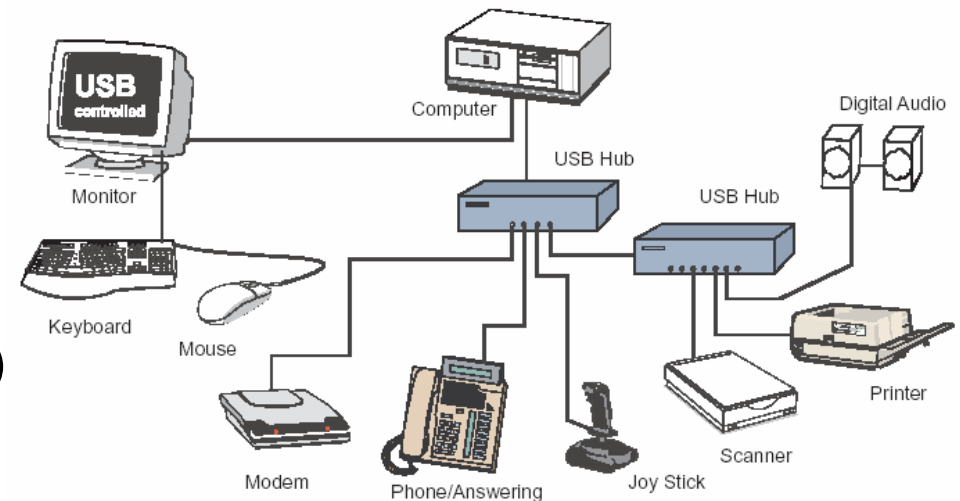


TIA/EIA-644 (LVDS)

- LVDS: Low voltage differential signaling
 - Begrenzende Größe bei älteren Standards war maximale Anstiegszeit der elektrischen Signale: Niedrige Spannungen (Low voltage) werden schneller erreicht
 - Unidirektionale, symmetrische, Punkt-zu-Punkt Datenübertragung
 - Spannungen: $247 \text{ mV} \leq U_{\text{diff}} \leq 454 \text{ mV}$
 - Typische Anwendung: Hochgeschwindigkeitsvideo
 - Eigenschaften
 - Hohe Geschwindigkeit (100 MBit/s – 2 GBit/s)
 - Niedriger Energiebedarf
 - Gute elektromagnetische Verträglichkeit
-

USB

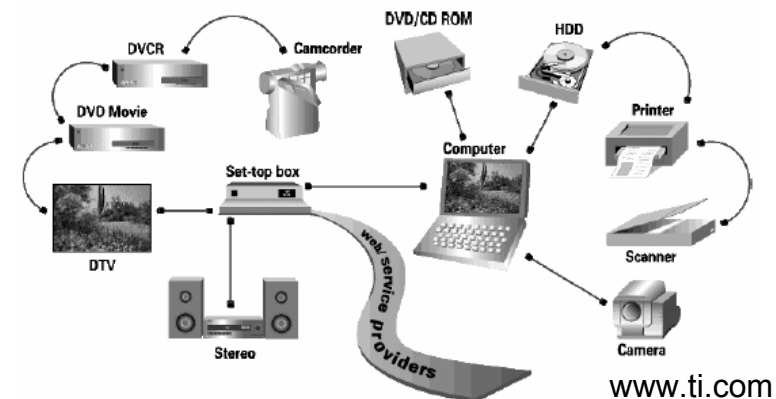
- Entwickelt um Peripheriegeräte an PCs anzubinden
- Symmetrische (differenzielle), bidirektionale Datenübertragung
- 4 Leitungen: 2 Versorgungsleitungen (+ 5 V, Masse), 2 Signalleitungen
- Signalspannung: 6.6 V (Differenziell)
- Bis zu 127 Geräte
- Max. Kabellänge: 5 m
- Datenraten
 - High Speed – 480 MBit/s (USB 2.0)
 - Full Speed – 12 MBit/s
 - Low Speed - 1.5 MBit/s



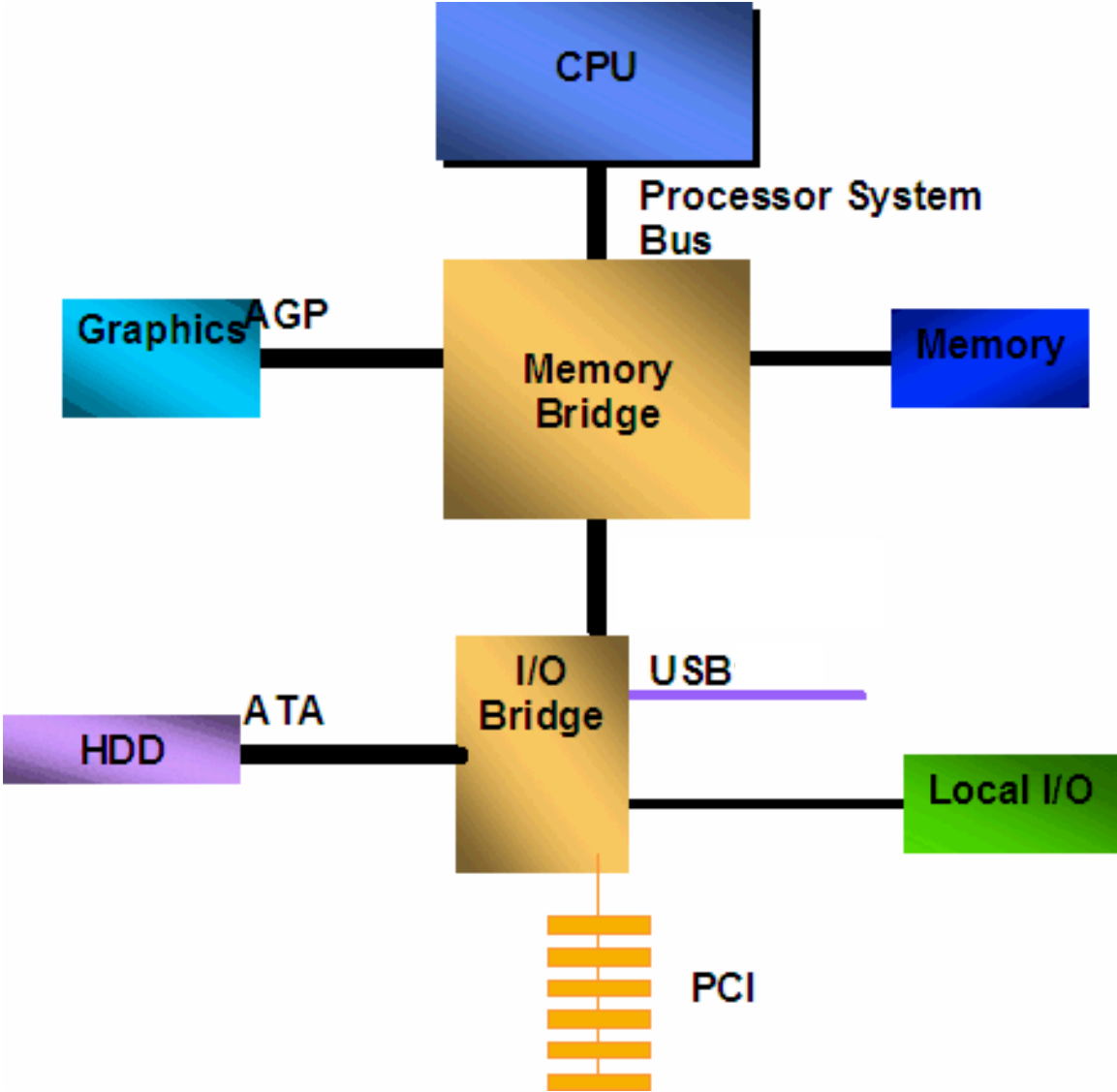
IEEE 1394

(FireWire, iLink)

- Entwickelt, um digitale Audio/Video-Geräte an PCs anzubinden
- Zwei differenzielle („Twisted Pair“) Leitungspaare und zwei Versorgungsleitungen (nur in 6-Pin Version)
- Signalspannung: 265 mV (differenziell)
- „Peer to peer“-Bus (Alle Geräte werden gleich behandelt - kein PC (Host) benötigt, im Gegensatz zu USB)
- Leitungslänge: 100 m (1394b), 4.5 m (1394a); 1394b: Optische Verbindung möglich
- Datenraten
 - 400 MBit/s (1394 a)
 - 800 MBit/s (1394 b)
 - bis zu 3200 MBit/s (zukünftige Standards)



PC Architektur (bis ca. 2004)

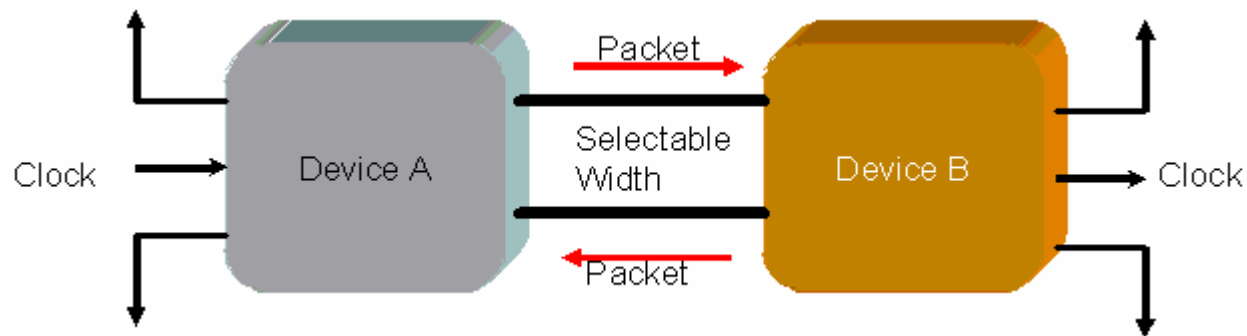


PCI-Bus

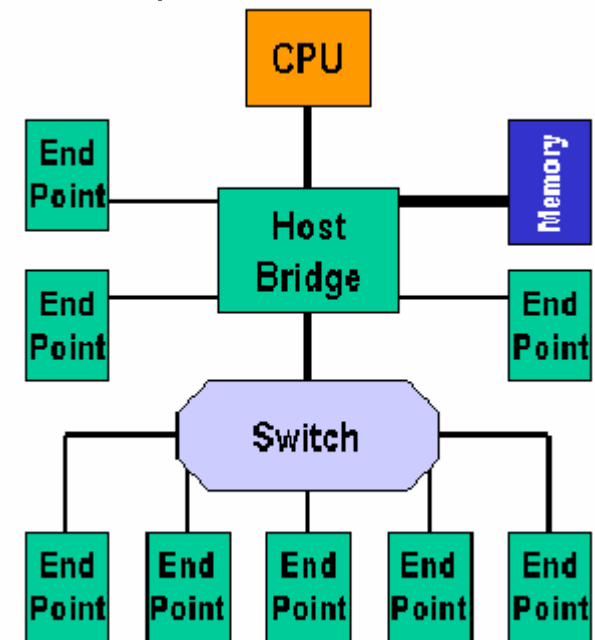
- Bus
 - Datenverbindung, an die mehr als zwei Teilnehmer angeschlossen werden können
 - PCI (Peripheral Component Interconnect)
 - 1993 eingeführt
 - Paralleler Bus: Alle Geräte sind an einem Strang angeschlossen
 - Anwendungen (Beispiele): Grafik, Kommunikation (Modems, Netzwerk), Datenaufnahme
 - Ursprünglich 32 Bit Busbreite, 33 MHz, 5 V
 - PCI 2.1 (1995): 33 und 66 MHz, 32 und 64 Bit Busbreite spezifiziert, 5 V und 3.3 V möglich
 - PCI 2.2: “Hot plugging”
 - PCI-X
 - 1998 eingeführt, Kompatibel mit PCI, 64 Bit Busbreite, 133 MHz, 1 GB/s, Neue Versionen: 133-533 MHz, bis zu 4.3 GB/s
-

PCI Express

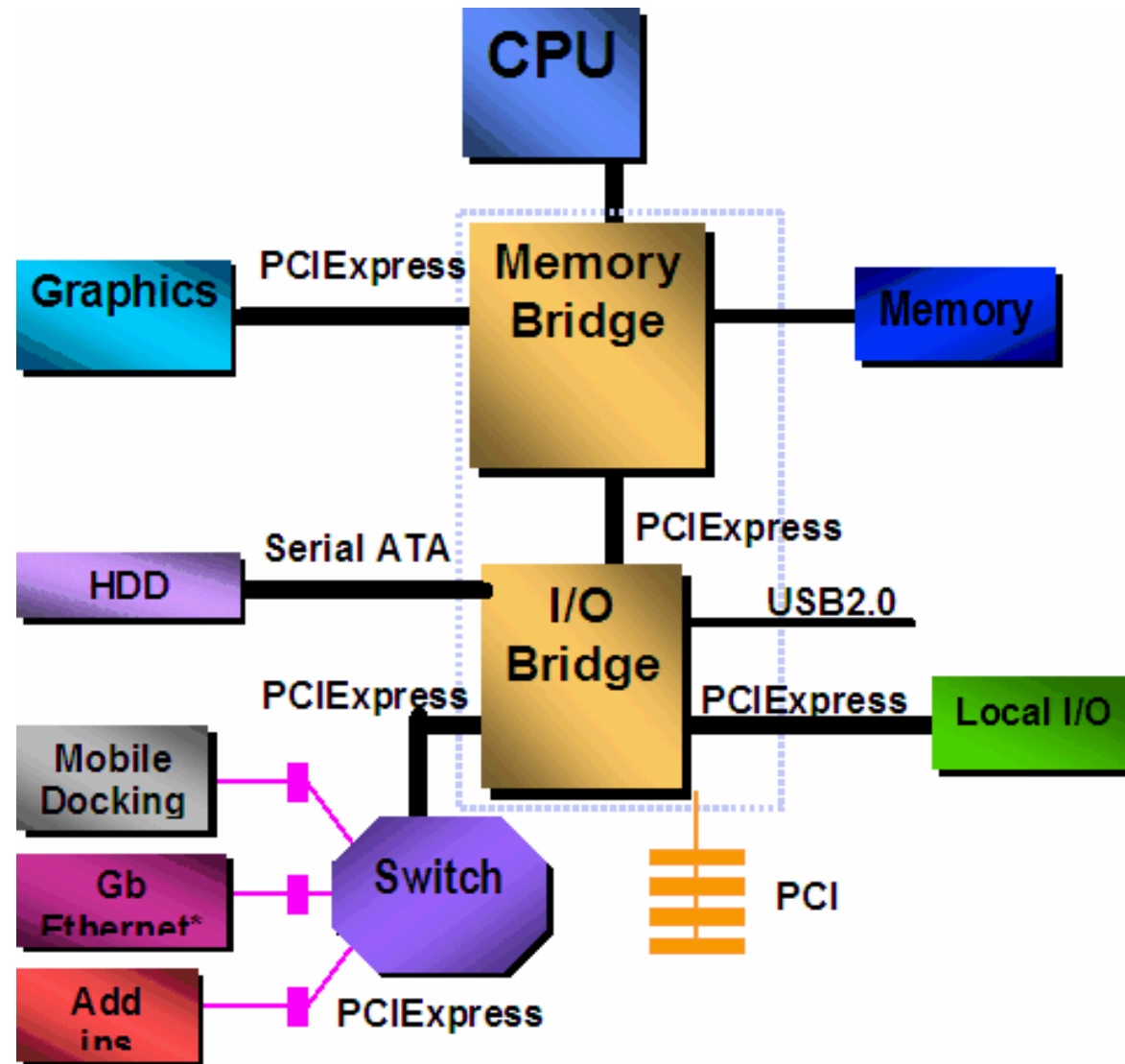
- Punkt-zu-Punkt Verbindungen
- Symmetrische, unidirektionale serielle Datenübertragung mit niedriger Signalspannung (800 mV differenziell, LVDS, aber nicht nach 644)
- Datenrate kann durch Addition von zusätzlichen seriellen Verbindungen (so genannten Links erhöht werden)
- 1 Link (x1): 200 MB/s
- 16 Links (x16): 3.2 GB/s, z.B. Grafikkarten



www.intel.com, www.pcisig.com



PC-Architektur mit PCI Express



Datenübertragung zur Festplatte: IDE

- Parallele IDE-Schnittstelle: Parallele, asymmetrische (single-ended) Datenübertragung (Signalspannung 5 V)
 - IDE: Integrated Device Electronics (Electrical)
 - ATA: Advanced Technology (AT) Attachment (Protocol)
 - PIO: Programmed Input/Output (processor controlled)
 - DMA: Direct memory access (independent of processor)
 - E-IDE: Enhanced IDE

Mode	Data rate
IDE (ATA) PIO 0	3.33 MByte / s.
IDE (ATA) PIO 1	5.22 MByte / s
IDE (ATA) PIO 2	8.33 MByte / s
IDE Multiword-DMA 0	4.16 MByte / s
IDE Multiword-DMA 1	13.33 MByte / s
IDE Multiword-DMA 2	16.66 MByte / s
E-IDE (Fast ATA-2) PIO 3	11.11 MByte / s.
E-IDE (Fast ATA-2) PIO 4	16.66 MByte / s.

Mode	Data rate
Ultra-DMA/0 (ATA/16)	16.66 MByte / s.
Ultra-DMA/1 (ATA/25)	25.0 MByte / s.
Ultra-DMA/2 (ATA/33)	33.33 MByte / s.
Ultra-DMA/3 (ATA/44)	44.4 MByte / s.
Ultra-DMA/4 (Ultra-ATA/66)	66.66 MByte / s.
Ultra-DMA/5 (Ultra-ATA/100)	99.99 (100) MByte / s.
Ultra-DMA/6 (Ultra-ATA/133)	133 MByte / s.

SATA

- SATA: Serial ATA
- Serielle, differenzielle (symmetrische) unidirektionale Datenübertragung (400 mV, 4 Datenleitungen)
- Punkt-zu-Punkt Verbindung
- Datenrate (1. Generation): 150 MB/s
- 2. Generation (aktuell): 300 MB/s
- 3. Generation: 600 MB/s

