USB 3.1 - Eine Multifunktions-Schnittstelle

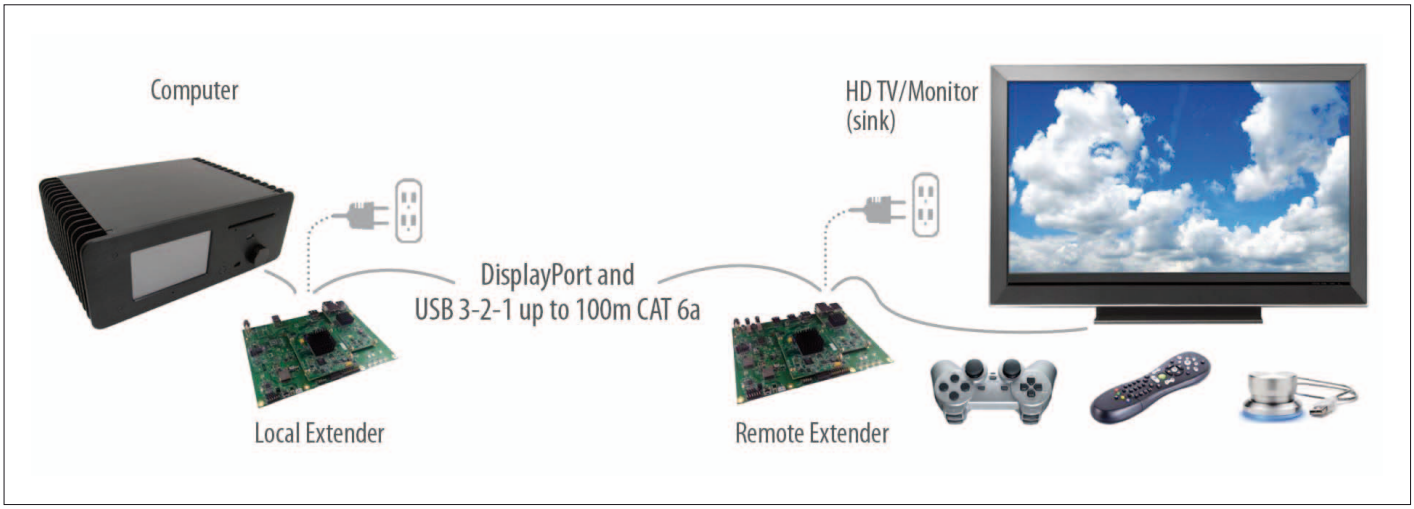

Bild 1: Typisches System mit USB-Extender (Abbildungen von Icron Technologies und HY-LINE Computer Components)

Mit der Einführung von USB 3.0 hat das USB Implementer's Forum einen Schnitt in der Entwicklungsgeschichte von USB vorgenommen. Nicht nur wurde die Bandbreite um mehr als das 10-fache erhöht, auch das Nadelöhr der bidirektionalen Kommunikation wurde beseitigt. Trotzdem lässt sich die Physik nicht überlisten, und die maximale Leitungslänge ging zurück. Wie man dennoch längere Distanzen bei hoher Datenrate überwindet und gleichzeitig weitere Signale überträgt, zeigt dieser Artikel.

Schnell oder weit? Beides!

Je höher die Datenraten, desto kürzer das Kabel. Diese alte Regel gilt auch für die letzte Generation von USB. War die maximale Distanz bei den Versionen bis 2.0 noch im Wesentlichen von der Signallaufzeit bestimmt – USB setzt eine maximale Antwortzeit des Devices voraus – ist sie bei USB 3.1 von der Dämpfung des Signals bestimmt. Laut USB-Spec liegt sie bei 3 m.

Durch diese Limitierung zwischen Host und USB-Device ist der Einsatz in professionellen Applikationen, bei denen nicht nur der PC unter dem Bürotisch mit der Festplatte oder der Webcam auf der Schreibtischplatte verbunden werden müssen, zu stark eingeschränkt. Könnte man den zeitkritischen Teil des USB-Protokolls von der aktuellen Übertragung entkoppeln, und gleichzeitig ein Verfahren und ein Medium verwenden, das die USB-Signale mit hoher Bandbreite auch über eine längere Distanz sicher überträgt, wäre diese Aufgabe gelöst. Der USB-Spezialist Icron kam als erster auf die Idee und entwickelte eine patentierte, „ExtremeUSB" genannte Lösung. Sie hebt das Längen-Limit auf, indem sie dafür sorgt, dass die zeitkritische, durch das USB-Protokoll vorgegebene Kommunikation lokal abgewickelt wird, und die Übertragung über die Distanz davon entkoppelt ist. Dabei wird ein so genannter „Local Extender" (LEX) mit dem USB-Port des Host-Rechners verbunden. Für das USB-Protokoll ist nur die kurze Distanz zwischen diesen beiden relevant. Ebenso übernimmt auf der Device-Seite ein „Remote Extender" (REX) die USB-Kommunikation mit einem oder mehreren Devices. Die Verbindung zwischen LEX und REX kann prinzipiell mit einem beliebigen Übertragungsmedium durchgeführt werden, normalerweise werden dazu entweder ein CATx-Kabel oder eine Glasfaser eingesetzt. Beide Medien sind in der Hochgeschwindigkeits-Datenübertragung bewährt.

Völlige Transparenz

Das ExtremeUSB-Verfahren ist für das Betriebssystem völlig transparent. Damit ist im Hostrechner für den Extender selbst kein Software-Treiber erforderlich. Kompatibilitätsprobleme, die auf einer Unverträglichkeit eines Treibers beruhen, können damit ausgeschlossen werden. Nachträgliche Änderungen der Übertragungsdistanz können ohne Softwareupdate durchgeführt werden, was insbesondere bei geschlossenen Systemen ein großer Vorteil ist.

Exkurs: Warum ist USB 3 anders?

Im Folgenden soll der Begriff „USB 3.1" synonym für alle Schnittstellen der dritten Generation stehen (siehe Infobox: USB 1, 2 oder 3?) und „USB 2.0" auch USB 1.0, USB 1.1 und USB 2.0 einschließen.

Mit der Einführung von USB 3.1 wurde nicht nur die Datenrate erhöht, sondern die Schnittstelle elektrisch neu definiert. Die für den Anwender sichtbare Änderung liegt in dem neuen Stecker. Der Typ A, der in PCs verbaut ist, ist äußerlich unverändert, hat

USB 1, 2 oder 3?

Die Nomenklatur bei USB ist doppelt: es sind sowohl Revisionen, Generationen als auch Geschwindigkeitsklassen benannt. Die Verwirrung wird bei der letzten Version 3.x komplett: Durch Umbenennung bezeichnen zwei Varianten dasselbe. Die Tabelle unten zeigt die Unterschiede. Jede höhere Klasse schließt nach USB-Standard die tieferen mit ein (Abwärtskompatibilität)

Autor: Rudolf Sosnowsky,
Leiter Marketing und Applikation

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

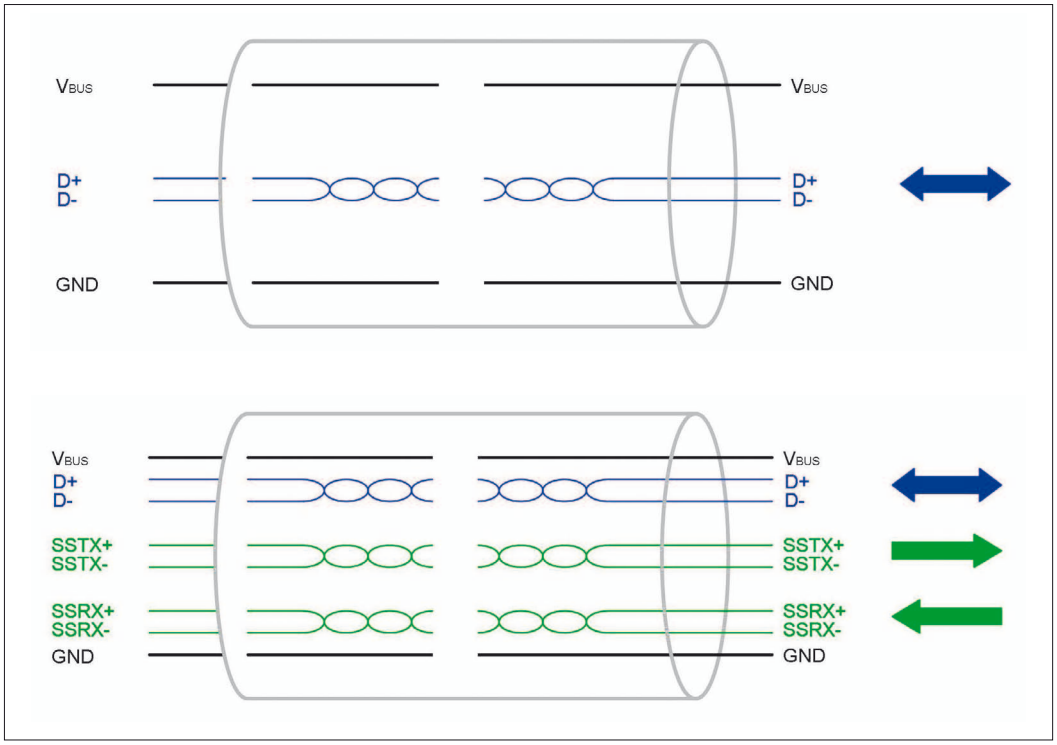

Bild 2: USB 2.0- und 3.0-Kanäle im Vergleich

aber weitere Kontakte. Der physikalische USB-Kanal unterscheidet zwischen 2.0 einerseits und 3.1 andererseits. USB 2.0 verwendet vier Leitungen, nämlich eine Versorgungsleitung mit 5 V, GND als Referenz dazu, und zwei differentiell angesteuerte Datenleitungen D+ und D-. Die Kommunikation findet über die beiden Datenleitungen statt und kann halb-duplex immer nur abwechselnd in der einen oder in der anderen Richtung erfolgen. Dies limitiert die maximal nutzbare Übertragungsbandbreite. USB 3.1 vermeidet diese Beschränkung, indem für beide Übertragungsrichtungen separate differentielle Kanäle verwendet werden. Bild 2 zeigt die Unterschiede, wobei SS für die neue Geschwindigkeit „Super Speed" steht. Die weitaus höhere Bandbreite lässt Raum für viele gleichzeitig angeschlossene Peripheriegeräte.

Hohe Bandbreite

Mit USB 3.1 steht ein Protokoll auf einer physikalisch wohl definierten Schnittstelle zur Verfügung, deren hohe Bandbreite ermöglicht, außer den Signalen des Universellen Seriellen Busses (USB) noch weitere Signale zu übertragen. Der USB Type-C „DisplayPort Alt Mode" ist ein Beispiel dafür.

CATx-Kabel, die die Verbindung zwischen LEX und REX herstellen, sind in vielen Ausführungen verfügbar, so dass bei gleicher elektrischer Spezifikation z. B. Kabel mit ölbeständigem Mantel oder besonders robuster mechanischer Ausführung für den Betrieb in Schleppketten verwendet werden können.

Icron USB-Extender Plattform „Maverick"

Die Herausforderungen für einen Extender liegen in der Verarbeitung der Signale hoher Bandbreite und der gleichzeitigen Implementierung der USB 2.0 und USB 3.1-Interfaces. Die Maverick-Plattform, die auf der ExtremeUSB-Technologie basiert, nutzt die volle Bandbreite von 10 GBit/s (Gbps) aus. 5 Gbps davon werden für die USB 3.1 SuperSpeed-Übertragung verwendet, die restlichen 5 Gbps stehen zur Verfügung, um gleichzeitig ein Video-Signal zu übertragen. Ebenso wie USB 3.1 können Videosignale hoher Bandbreite nur über kurze Distanzen übertragen werden. Maverick setzt eine ähnliche Technologie wie USB Type-C im Alt Mode ein: Auf der Host-Seite werden Signale separat eingespeist, elektrisch gemultiplext, über den gemeinsamen Kanal übertragen, und auf der Device-Seite wieder aufgetrennt.

Maverick verlängert DisplayPort 1.2a-Signale mit bis zu 4k Auflösung bei 60 Hz ohne Chroma-Subsampling. Das Audio-Signal ist bereits im DisplayPort integriert. Damit das Grafiksignal, das bei der genannten Auflösung eine höhere Bandbreite als die zur Verfügung stehende benötigt, übertragen werden kann, wird es nach dem von der TICO Alliance ins Leben gerufenen Algorithmus visuell verlustfrei komprimiert. Untersuchungen zeigen, dass dieser Standard selbst den strengen Anforderungen der Medizintechnik genügt. Das USB-Interface ist zu USB 3.1 Gen. 1

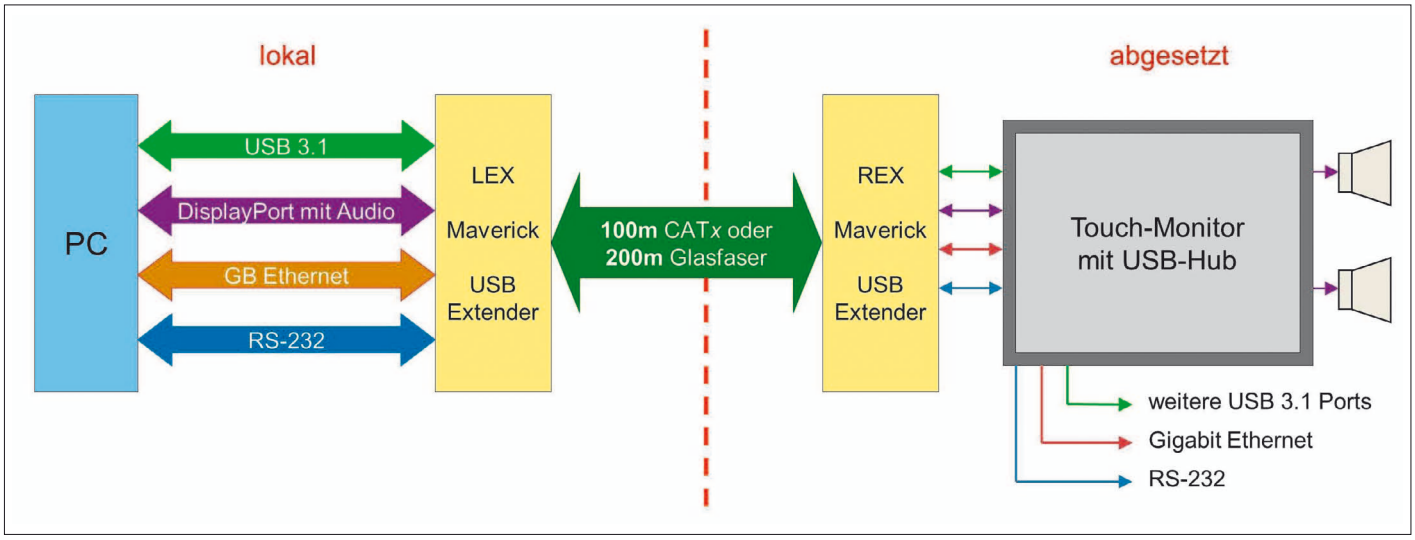

Bild 3: Typische Situation mit abgesetztem HMI

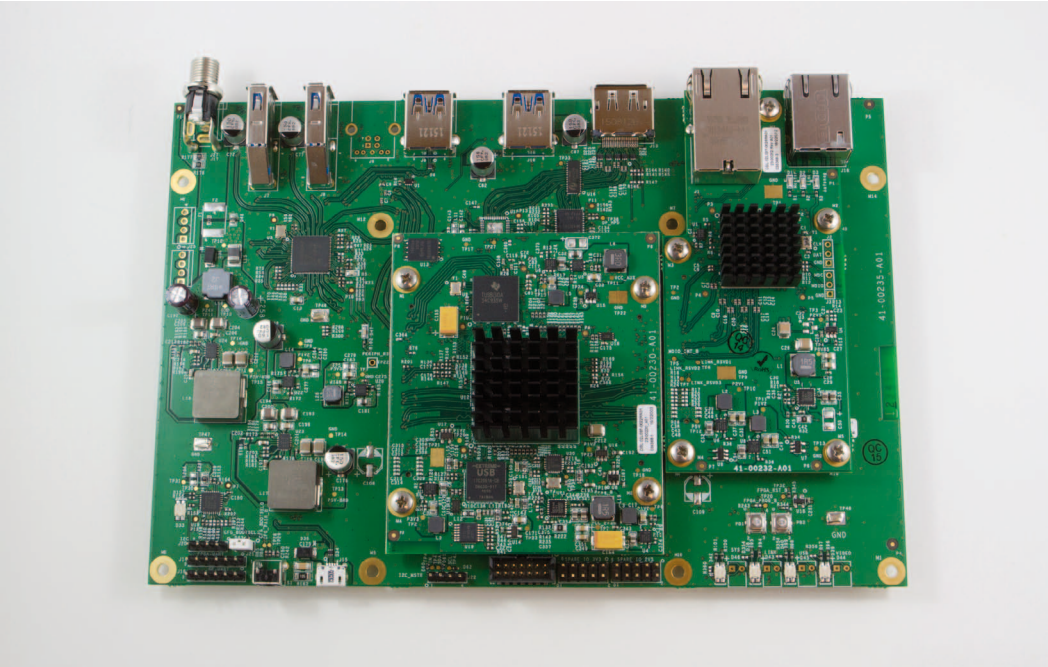

Bild 4: Die Leiterplatte des Remote Extenders

(5 Gpbs) und den Vorgängerversionen USB 1.1 und 2.0 kompatibel. Neben den bereits erwähnten Schnittstellen steht ein zusätzlicher 1 Gbps Ethernet-Kanal mit Rückwärtskompatibilität zu 100 MBit zur Verfügung sowie RS-232 mit bis zu 115k Baud. Bemerkenswert ist, dass alle Kanäle die volle Bandbreite bieten, also keine Einschränkungen wie bei anderen Kombinationslösungen entstehen. Über ein CAT-Kabel lassen sich Distanzen von 100 m überbrücken, mit Glasfaser sind es 200 m.

Bild 4 zeigt den Schaltungsaufwand, der für die vollständige Implementierung einschließlich eines 4-fach USB-Hubs nötig ist. In der Mitte der Leiterplatte befindet sich der Maverick-Chip, rechts mit Kühlkörper der USB-PHY.

Die Maverick ExtremeUSB-Technologie ist in einem Extender-Produkt, bestehend aus LEX und REX, integriert. Auf der Device-Seite steht USB mit 4 Ports zur Verfügung, die USB 3-2-1-fähig sind. Varianten mit und ohne parallele Videoübertragung existieren. Bild 5 zeigt links den LEX mit Ethernet, DisplayPort und USB-Buchse, und rechts den REX mit den zusätzlichen Ausgängen des USB-Hubs.

Kompatibilität

Da Icron extensive Tests mit allen verfügbaren USB-Devices im Labor durchführt, ist diese Extenderlösung universell einsetzbar. Der Aufwand, USB 2.0 und 3.1 parallel zu implementieren, rechtfertigt sich, in dem alle USB-Device-Typen und Hubs bedingungslos unterstützt werden.

Fazit

Die hier vorgestellte Lösung passt überall dort, wo USB- und Video-Signale hoher Bandbreite gleichzeitig über eine Distanz von bis zu 200 m übertragen werden müssen, und eine zuverlässige Funktion ohne separate Einstellungen oder Installation von Software-Treibern gefragt ist. Dazu zählen insbesondere bildgebende Verfahren in der Medizintechnik, interaktive Digital Signage vom Whiteboard bis hin zum Lageplan im Einkaufszentrum, die Video-Produktion und abgesetzte HMI-Lösungen im industriellen Bereich. Der Rechner kann dabei im sicheren und klimatisierten Rechenzentrum verbleiben, und nur der Monitor mit Touchscreen ist exponiert.

Ausblick

Die Entwicklung bleibt an dieser Stelle nicht stehen. Zukünftige Produkte werden weitere Merkmale integrieren, die die USB-Extender noch vielseitiger einsetzbar machen. Beispielsweise sei Device Class Filtering erwähnt: ExtremeUSB kann über diese Funktion bestimmte Device-Typen zulassen oder die Kommunikation mit ihnen verhindern, z. B. über USB angebundene Speichermedien, Kameras oder Eingabegeräte wie Tastatur und Maus. Mit Device Class Filtering prädestiniert sich ExtremeUSB für den Einsatz in sensiblen Bereichen, in denen Daten vertraulich und innerhalb des Systems verbleiben sollen.

Ebenso wird eine Version zur Verfügung stehen, die die bestehende 10G-Ethernet-Verkabelung mit nutzen kann und USB-Daten als IP-Paket überträgt.

Referenzen

http://www.usb.org
http://www.tico-alliance.org/
http://www.icron.com

Bezeichnung	neue Bezeichnung	Datenrate	Geschwindigkeitsklasse
USB 1.1		1,5 MBit/s	Low Speed
		12 MBit/s	Full Speed
USB 2.0		480 MBit/s	High Speed
USB 3.0	USB 3.1 Gen 1	5 GBit/s	SuperSpeed
USB 3.1	USB 3.1 Gen 2	10 GBit/s	SuperSpeed

Bild 5: Der Maverick-ExtremeUSB-Extender im Gehäuse