



## Bandbreiten-Overkill in USB-Designs?

By (Brian Ellis, Product Marketing Engineer, Cypress Semiconductor Corp.)

In unserer schnelllebigen Welt gilt der Grundsatz ‚Zeit ist Geld‘. Jede Sekunde zählt, und speziell in der High-Tech-Branche kann eine Sekunde mehr oder weniger über Erfolg oder Misserfolg entscheiden. Um ein USB-System möglichst effizient und reibungslos zu entwerfen, wird ein USB Hub Controller benötigt, der ein Maximum an Performance liefert. USB Hub Controller mit mehreren TTs (Transaction Translators) waren in der Vergangenheit gleichbedeutend mit mehr Performance, und mehr Performance bedeutete höhere Kosten. Dennoch ist die Frage berechtigt, ob USB Hub Controller mit mehreren TTs in modernen Designs wirklich noch einen Performance-Vorsprung gegenüber Single-TT USB Hub Controllern vorweisen können. Ein wenig Recherche kann womöglich verhindern, dass unnötig Geld in Bandbreite investiert wird, die eigentlich nicht erforderlich ist.

### **Wissenswertes über USB Hub Controller**

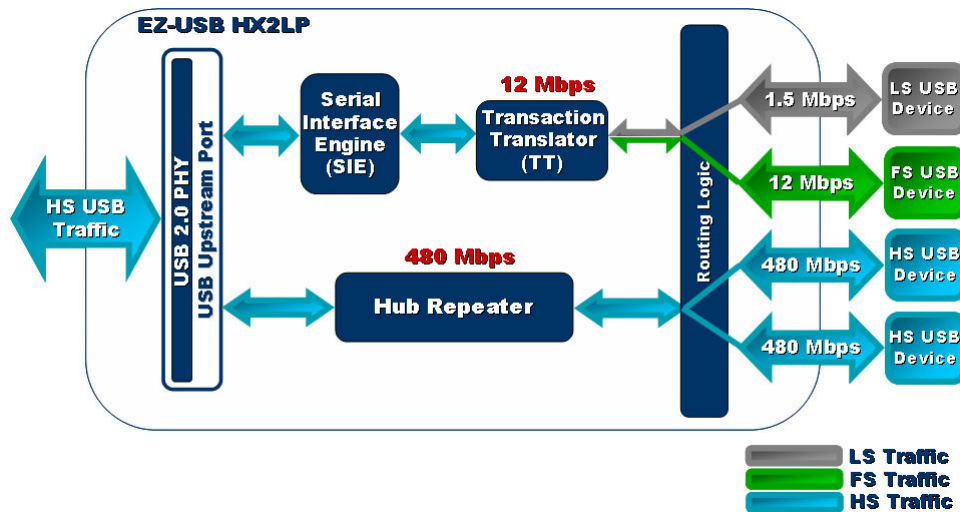
Um verstehen zu können, worauf man bei einem USB Hub Controller zu achten hat, sollte man zunächst rekapitulieren, wie ein Hub eigentlich funktioniert. Ganz abstrakt lässt sich ein Hub wie ein Trichter betrachten, der mehrere Eingänge in einen Ausgang bündelt. Die von den Downstream-Ports kommenden Eingänge werden einem Upstream-Port zugeführt, der mit dem USB-Host verbunden ist. Ein USB arbeitet stets mit einer bestimmten Geschwindigkeit, die durch den USB-Host, an den er angeschlossen ist, festgelegt wird. Ist der Upstream-Port eines USB Hub mit einem High-Speed USB Host verbunden, muss der gesamte Datenverkehr, der den Upstream-Port passiert, High-Speed-Traffic sein. Hieraus resultiert ein grundlegendes Problem, da der USB mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten, nämlich Low-Speed (LS), Full-Speed (FS) und High-Speed (HS) arbeitet. Die Geschwindigkeit des gesamten, über den Upstream-Port abgewickelten Traffics muss deshalb vom Hub standardisiert werden.

Alle Daten, die den Upstream-Port passieren, müssen zunächst einen von zwei Kanälen durchlaufen, nämlich den Hub Repeater oder den Transaction Translator. Wenn das betreffende Peripheriegerät bereits mit derselben Geschwindigkeit arbeitet wie der USB Host, ist keine Geschwindigkeits-Standardisierung nötig, sodass die Daten lediglich in Upstream-Richtung durchgereicht werden. Hierfür ist der Hub Repeater zuständig, der – wie sein Name schon sagt – ein reiner ‚Wiederholer‘ ist. Wenn die angeschlossene Peripherie dagegen nicht mit der gleichen Geschwindigkeit arbeitet wie der USB Host, erfolgt eine Standardisierung der Traffic-Geschwindigkeit durch den Transaction Translator.

Man kann sich einen Transaction Translator (TT) wie einen Umschlagbahnhof veranschaulichen, in dem die mit Low Speed oder Full Speed ankommenden Daten für die Weiterleitung per High Speed umgeladen werden. LS□ und FS-Daten werden dabei vom TT in Pakete verpackt und so lange zwischengelagert, bis ein HS-Paket mit LS□ und FS-Daten gefüllt ist und per HS auf die Reise geschickt werden kann.

Wie läuft dies im Einzelnen ab? Ein TT besteht aus einem HS Handler in Upstream-Richtung und einem LS/FS Handler in Downstream-Richtung. Beide sind über Puffer miteinander verbunden. Zu Beginn einer Transaktion erhält der HS Handler ein Start-Split-Kommando, das ihn veranlasst, die Puffer zu initialisieren und mit dem Umwandlungsprozess zu beginnen. Die Puffer füllen sich dann mit LS/FS-Transaktionen auf, die zu HS-Paketen verpackt werden und anschließend bereit für den Transfer auf dem HS-Bus in Upstream-Richtung sind. Ist ein Paket sendefertig, wird ein Complete-Split-Kommando ausgegeben, und die Daten gelangen über den HS Handler an den USB Host.

Der TT nutzt so genannte ‚Split Transactions‘ für das effiziente Handling des HS-Traffics beim Durchlaufen des Hub. Mit Split Transactions ist es dem USB Host möglich, eine LS/FS-Transaktion zu starten, während weiterhin HS-Datentransfers durch den Repeater abgewickelt werden. Damit ist gewährleistet, dass keine Zeit mit dem Abwarten von Daten-Umsetzungen durch den TT vergeudet wird, was für optimale Hub-Performance sorgt.



### Single-TT oder Multi-TT? Mehr ist nicht unbedingt besser.

Jeder TT kann eine maximale Bandbreite von 12 MBit/s bewältigen. In einer Single-TT-Applikation teilen sich alle aktiven Ports diese Bandbreite. Wenn also LS/FS-Peripherie alle Ports eines USB 2.0 4-Port-Hubs belegt, muss der Traffic eines jeden Peripheriegeräts um einen gerechten Anteil an der Gesamt-Bandbreite von 12 MBit/s kämpfen. Unter bestimmten Umständen könnte sogar der Enumeration-Versuch eines Geräts fehlschlagen, weil es an der erforderlichen Bandbreite mangelt. Multi-TT-Hubs lösen dieses Problem, indem sie für jeden Port einen eigenen TT vorhalten, sodass der LS/FS-Peripherie die maximale Bandbreite zur Verfügung steht, ohne dass diese mit anderen Einheiten geteilt werden muss.

Heißt das, dass die Multi-TT-Lösung besser ist als die Single-TT-Variante? Keineswegs!

Auch wenn uns die Marketing-Strategen der Anbieter von Multi-TT-Hubs etwas anderes weismachen wollen, lässt sich diese Aussage entkräften, wenn man sich genauer mit der Nutzungsweise auseinandersetzt.

Bekanntermaßen beträgt die maximale Bandbreite eines LS-USB-Geräts 1,5 MBit/s, Selbst wenn man also sieben LS-USB-Geräte an einen Single-TT-Hub mit 7 Ports anschließen würde, käme man auf eine Gesamt-Bandbreite von nur 10,5 MBit/s, sodass die im TT verfügbare Bandbreite von 12 MBit/s noch nicht ausgeschöpft wäre. Ein Multi-TT-Hub würde in einem Design mit LS- und FS-Peripherie folglich keinen Vorteil gegenüber einem Single-TT-Hub bieten.

Also wird der Großteil der Bandbreite von FS USB-Transaktionen belegt, oder nicht? Bevor man FS USB auf diese Weise abqualifiziert, lohnt sich ein Blick auf einige Grund-Eigenschaften des USB. Wie man sich vielleicht erinnert, gibt es vier Arten von USB-Transfers: Control, Interrupt, Bulk und Isochronous.

**Control:** Control-Transfers dienen sämtlichen USB-Geräten, um sich nach dem Einstecken in das System für den Einsatz vorzubereiten. Diese sehr kurzen Transfers belegen so gut wie keine Bandbreite.

**Interrupt:** Interrupt-Transfers werden für kurze Daten-Bursts genutzt. Zum Beispiel überträgt eine Maus nur dann Daten, wenn sie bewegt wird. Diese Daten ‚unterbrechen‘ den PC in seiner Arbeit, damit er die Mausbewegung umgehend registriert. Interrupt-Transfers werden in der Regel für Geräte mit sehr geringer Bandbreite verwendet, die nicht über längere Zeitspannen hinweg im Einsatz sind.

**Bulk:** Bulk-Transfers werden für die schnelle Übertragung großer Datenmengen verwendet, beispielsweise zum Kopieren von Dateien an eine externe Festplatte. Da es hier auf Geschwindigkeit ankommt, sind Bulk-Transfers dynamisch und versuchen, so viel Bandbreite wie möglich zu belegen.

**Isochronous:** Isochronous-Transfers werden verwendet, wenn es auf das Timing ankommt. Wenn Sie beispielsweise mit einer USB-Webcam Ihr neuestes YouTube-Musikvideo auf Ihren PC laden, liegt Ihnen an einem rechtzeitigen Empfang der Bilder, damit es in der Wiedergabe zu keinen Sprüngen oder Unterbrechungen kommt. Da das Timing bei Isochronous-

Transfers eine solch große Bedeutung hat, setzen Geräte, die mit diesem Transfertyp arbeiten, eine bestimmte, nicht veränderliche Bandbreite voraus. Steht diese Bandbreite nicht zur Verfügung, versagt das Gerät seinen Dienst.

Von den insgesamt vier USB-Transfertypen haben also nur zwei, nämlich Bulk und Isochronous, einen hohen Bandbreitenbedarf und bergen dementsprechend das Potenzial, Bandbreitenknappheit hervorzurufen.

Wie erwähnt, werden Bulk-Transfers in erster Linie für Massenspeicher-Applikationen wie etwa externe Harddisks verwendet, bei denen sehr große Datenmengen auf einmal übertragen werden müssen. Isochronous-Transfers dagegen werden in großem Umfang für Webcams benutzt, um Echtzeit-Bildqualität zu garantieren. Wie allerdings das Marktforschungs-Unternehmen In-Stat in seinem USB-Marktreport aus dem März 2006 berichtet, haben externe Festplatten mit FS-USB-Schnittstelle nur einen Marktanteil von weniger als 15 % und werden bis Ende 2007 völlig vom Markt verschwinden.

**Table 15. USB Penetration of Web Camera Market Forecast (Units in Thousands)**

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	CAGR 05-10
<b>Web Cameras</b>	9,200	9,500	9,700	10,000	10,400	10,900	11,000	10,500	1.6%
<b>% w/ USB Low or Full Speed</b>	88.0%	77.0%	55.0%	35.0%	15.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
<b>Total w/ USB Low or Full Speed</b>	8,096	7,315	5,335	3,500	1,560	0	0	0	-100.0%
<b>% w/ USB High Speed</b>	5.0%	11.0%	35.0%	60.0%	81.0%	96.0%	97.0%	97.0%	
<b>Total w/ USB High Speed</b>	460	1,045	3,395	6,000	8,424	10,464	10,670	10,185	24.6%

Source: In-Stat, 3/06

**Table 16. USB Penetration of External Hard Disk Drive Market Forecast (Units in Thousands)**

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	CAGR 05-10
<b>External Hard Drives</b>	2,500	5,100	6,600	7,800	9,100	10,600	12,100	13,600	15.6%
<b>% w/ USB Low or Full Speed</b>	5.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
<b>Total w/ USB Low or Full Speed</b>	125	0	0	0	0	0	0	0	-
<b>% w/ USB High Speed</b>	83.0%	96.0%	97.0%	97.0%	98.0%	98.0%	98.0%	98.0%	
<b>Total w/ USB High Speed</b>	2,075	4,896	6,402	7,566	8,918	10,388	11,858	13,328	15.8%
<b>% with Wireless USB</b>	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.2%	4.0%	10.0%	15.0%	
<b>Total with Wireless USB</b>	0	0	0	0	109	424	1,210	2,040	-

Source: In-Stat, 3/06

Daraus folgt: Das einzige Szenario, bei dem sich mit einem Multi-TT-Hub ein Performance-Vorteil einstellt, liegt dann vor, wenn mehrere FS-USB-Geräte mit breitbandigen Isochronous oder Bulk-Transfers angeschlossen werden, also beispielsweise externe FS-USB-Festplatten oder FS-Webcams. Die Marktdaten lassen jedoch eine vollständige Umstellung von externen Massenspeichern und Webcams auf HS-USB bis Ende 2007 erkennen. Hinsichtlich der Performance kann also bei modernen Designs ein Gleichstand zwischen Single-TT und Multi-TT-Hubs verzeichnet werden.

Bezüglich der Halbleiter-Implementierungen gilt die Regel, dass der Preis proportional zur Chipfläche ist. Je größer der Chip, um so teurer ist er auch. Allerdings ist es beim Vergleich der Chipfläche zwischen einem Multi-TT Hub Controller und einem Single-TT Hub Controller nicht damit getan, die Fläche der Single-TT-Lösung mit der Zahl der TTs in einer Multi-TT-Lösung zu multiplizieren. Bei gleicher Prozesstechnologie ergab sich für den Multi-TT-Chip eine um 34 % größere Fläche als für die Single-TT-Implementierung. Die Chipkosten sind somit ebenfalls um 34 % höher, was sich im Endverkaufspreis durch einen Aufschlag von 49 % äußert. Die Verwendung eines Multi-TT Hubs macht Ihr Endprodukt also um fast 50 % teurer als ein in der Leistungsfähigkeit äquivalentes Produkt auf Basis eines Single-TT-Hubs.

## **Fazit**

Jeder wünscht sich einen maximalen Gegenwert für das investierte Geld. Von einem teureren Produkt wird dementsprechend mehr Performance erwartet. Bevor Sie aber einen Hub Controller für Ihr nächstes USB-Design auswählen, sollten Sie genau prüfen, wofür Sie Ihr Geld ausgeben. Wenn Sie die Architektur eines Hub Controllers genau verstanden haben und die Funktionsweise eines jeden Bauteils genau kennen, kann Sie dies vor teuren Fehlern bewahren. Die Vorteile eines Multi-TT Hub Controllers kommen in modernen USB-Systemen kaum mehr zum Tragen, sodass Sie unter dem Strich für Bandbreite bezahlen, die in Ihrem System überhaupt nicht genutzt wird. Ein Single-TT Hub Controller kann durchaus die von Ihnen benötigte Performance bieten – und dies zudem noch zu einem attraktiveren Preis.



Cypress Semiconductor  
198 Champion Court  
San Jose, CA 95134-1709  
Phone: 408-943-2600  
Fax: 408-943-4730  
<http://www.cypress.com>

© Cypress Semiconductor Corporation, 2007. The information contained herein is subject to change without notice. Cypress Semiconductor Corporation assumes no responsibility for the use of any circuitry other than circuitry embodied in a Cypress product. Nor does it convey or imply any license under patent or other rights. Cypress products are not warranted nor intended to be used for medical, life support, life saving, critical control or safety applications, unless pursuant to an express written agreement with Cypress. Furthermore, Cypress does not authorize its products for use as critical components in life-support systems where a malfunction or failure may reasonably be expected to result in significant injury to the user. The inclusion of Cypress products in life-support systems application implies that the manufacturer assumes all risk of such use and in doing so indemnifies Cypress against all charges.

PSoC Designer™, Programmable System-on-Chip™, and PSoC Express™ are trademarks and PSoC® is a registered trademark of Cypress Semiconductor Corp. All other trademarks or registered trademarks referenced herein are property of the respective corporations.

This Source Code (software and/or firmware) is owned by Cypress Semiconductor Corporation (Cypress) and is protected by and subject to worldwide patent protection (United States and foreign), United States copyright laws and international treaty provisions. Cypress hereby grants to licensee a personal, non-exclusive, non-transferable license to copy, use, modify, create derivative works of, and compile the Cypress Source Code and derivative works for the sole purpose of creating custom software and or firmware in support of licensee product to be used only in conjunction with a Cypress integrated circuit as specified in the applicable agreement. Any reproduction, modification, translation, compilation, or representation of this Source Code except as specified above is prohibited without the express written permission of Cypress.

Disclaimer: CYPRESS MAKES NO WARRANTY OF ANY KIND, EXPRESS OR IMPLIED, WITH REGARD TO THIS MATERIAL, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. Cypress reserves the right to make changes without further notice to the materials described herein. Cypress does not assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit described herein. Cypress does not authorize its products for use as critical components in life-support systems where a malfunction or failure may reasonably be expected to result in significant injury to the user. The inclusion of Cypress' product in a life-support systems application implies that the manufacturer assumes all risk of such use and in doing so indemnifies Cypress against all charges.

Use may be limited by and subject to the applicable Cypress software license agreement.