



## 無須重新設計即可將原有全速USB功能的手機升級成高速模式

Cypress運算與消費部門策略產品行銷經理Ray Casey

Cypress運算與消費部門資深應用工程師Triton Hurd

### 摘要：

在手機市場中，高速 ( High-Speed ; HS ) USB時代的來臨比預期的要快上許多。開發人員在尚未完全準備好時，就被迫要把新功能增加到現有的設計中。高速USB的需求增加主要是因為消費者需要傳輸音樂與圖檔等功能。然而，現有的設計中多半採用全速 ( Full-Speed ; FS ) USB來處理這些傳輸工作，以及其他功能包括狀態偵測判斷、數據連線、系統升級等。為因應使用者檔案傳輸而開發的高速USB路徑，都被要求不會因傳輸緩慢而影響消費者的使用經驗。而其他全速USB功能則還不需要改成高速USB，因為這樣做不但會增加軟體更動的風險，而且所需的高速端點個數也會跟著增多。

本文會描述開發人員將高速USB功能導入手機設計中的幾個階段。第一階段只把使用者資料傳輸功能轉移至高速USB，至於其他所有全速USB的功能則不變。第二階段則是從設計開始便需支援一個完全整合的高速USB之建置。在第一階段中，高速USB的介面是外加的，因此造成兩個USB路徑必須運用切換器 ( switch )，將其整合至硬體上。USB切換器可能造成許多USB訊號完整性與法規遵循等問題，另外為了要獲得乾淨的高速模式眼圖，還有幾項必須瞭解的設計考量。本文也將深入探討利用USB切換器時的困難處以及解決之道。

### 介紹

毫無疑問的，在手機服務業者不斷努力提供用戶更多服務功能的情況下，可以提高平均用戶營收 ( ARPU ) 的這些功能在市場上也逐漸達到飽和，進而讓新增用戶數難以提升。對此手機製造廠商便不得不有所反應，在手機上加入新功能以支援其手機服務供應商的客戶。前幾年具備照相功能的手機大行其道，所以您現在到各地店家所購買的手機中，相機早已成為標準配備之一。這項整合當初的構想是考慮到用戶或許會想把照片用手機傳送與好友分享，而這樣一來這個功能對手機服務業者創造了一項新的營收來源。

此外，從兩年前便已開始，並會在未來幾年持續下去的趨勢就是在手機中整合可攜式媒體播放器的功能。透過用戶上網下載喜歡的歌曲，手機服務業者就能夠收取音樂、視訊資訊內容、以及上網下載與傳輸時間的費用。雖然數位相機與可攜式媒體播放器都已各自存在了好一段時間，但在考慮到使用者的期待時，這些功能與其他整合型競爭技術卻有些地方雷同——那就是必須要有一套方法可以與用戶電腦連結，來傳輸大量的相片與MP3資料。

USB已經成了PC與MP3播放器、數位相機、快閃記憶裝置、硬碟等之間標準的資料傳輸方式。隨著手機繼續整合越來越多的功能，例如高解析度相機、可攜式媒體播放器、PDA功能等，使用者的手機更需要一套方便的檔案傳輸方式。想當然爾，有哪一種方法會比USB更普及、更為人所熟悉呢？

現在多數的手機都支援全速USB ( 12

Mbps ) 模式，這對於電話簿資料同步這類小量的資料傳輸或許足夠，但隨著手機整合MP3播放器與高解析度數位相機等功能時，全速USB就無法勝任了。消費者在單獨使用PMP與數位相機時早已習慣高速USB ( 480Mbps ) 傳輸所帶來的便利，當然會對手機仍用全速USB傳輸MP3和照片到電腦的連線方式就會感到失望。

我們可藉由在常用的手持裝置比較這兩種傳輸模式，來看出不同之處。第一種裝置支援高速USB，第二種只支援全速USB。當我們要從電腦傳送同一個105 MB的檔案到這兩種裝置上時，內建高速USB的裝置最多僅費時33秒，而全速USB裝置則得花上將近13分鐘的時間！若從目前最先進、可支援高達8GB儲存容量的快閃記憶體手持式裝置來計算，用全速模式傳輸這樣的資料量需要超過17個鐘頭的時間；而高速模式USB則只需44分鐘。再來看目前具備80GB容量，以硬碟為基礎的手持式裝置使用全速USB模式時，其傳輸時間是上述快閃裝置的十倍，也就是170個小時；而利用高速USB傳輸模式則需約7.3小時 ( 440分鐘 ) ！雖然消費者並不會每次都要傳輸如此大量的資料，但這個例子卻可以說明消費者在使用全速或高速USB模式時所得到的不同感受。

目前手機採用全速USB模式有許多原因，包括狀態偵測判斷與製造時測試用途，還有數據連線功能。前者為手機製造商提供生產手機時方便的測試方法，以確保品質、進而減少或排除故障原因。全速USB所需的頻寬對於這些工作而言已算足夠。至於後者則是讓使用者可以把手機當成筆記型電腦的數據機來使用，提供無線存取網際網路的功能。

對於目前2G行動通訊標準，例如GSM的GPRS與EDGE、或是CDMA的1xEV-DO與1xEV-DO Rev. A；甚至是3G的HSDPA與HSUPA等標準，全速USB所具備的12 Mbps頻寬至少就理論而言是足夠的。要將這些功能升級成高速USB模式的話，就表示要放棄原有已經多方驗證的軟體，並需採用全新的軟體套件。這不但費時費力，對於今日變遷快速的手機市場更是不利。也由於全速USB已具備足夠的頻寬支援上述功能，因此手機製造商會較傾向於維持原有的解決方案，再以高速USB控制器或實體層，額外增加高速USB支援。藉此方式提供大量儲存裝置所需的寬頻管線，讓消費者在使用整合式媒體播放器與數位相機時有更好的使用經驗。如此，廠商就可以很簡單的將既有全速USB平台升級成支援高速USB模式，比起完全重新設計高速USB的方法來說，採用這種方式可以讓手機製造商更快地將高速USB的解決方案推入市場中。

用這種方式提供高速USB功能的另一個原因是由於現有高速USB控制器可連接的端點數目有限。在電腦應用中，高速USB控制器通常都會有特定的應用，而且一般僅需要4或8個端點就夠了。手機為了提供多種功能，因此端點需求量就會大幅增加，一般建議12或16個，甚至是20個。在手機所支援的功能中需要一個或多個端點的應用包括大量儲存、媒體傳輸協定 ( Media Transfer Protocol ; MTP )、數據機 ( CDC )、裝置管理、物件交換 ( Object Exchange ; OBEX )、除錯/測試等等。基於這些因素，手機設計人員可以同時利用全速與高速USB資料路徑有效地支援更多的端點，這比單獨使用高速USB資料路徑的效果更好。

而手機製造商是如何將高速USB功能整合到既有全速USB的設計中呢？很明顯地它並不能單純地外加獨立元件，這樣會讓手機需要兩個mini-或micro-USB的連接器。這樣不但增加成本，更會讓消費者混淆不清。解決方法是將兩個USB資料管線合併到單一連接器上。圖1所示即為這種解決方案：

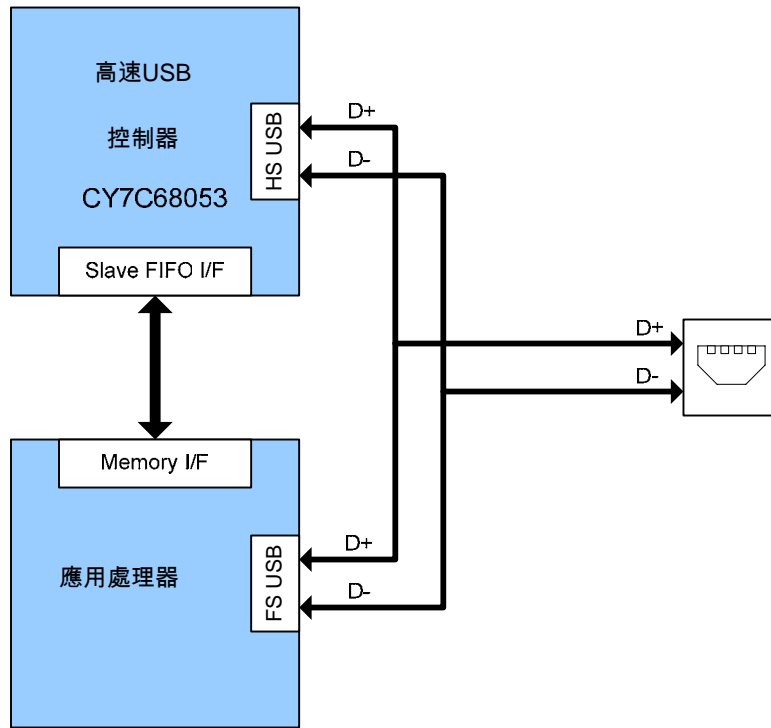


圖1: 直接連接USB的多工方式

任何有高速訊號設計經驗的工程師都明白，當全速模式的連線可以有效運作時，高速模式的連線將無法運作，因為全速模式電路對高速模式的傳輸線而言，就像是旁支電路和天線一樣，只會造成訊號品質嚴重降低，及眼圖關閉；更不用說要達成這樣的設計，還要假設高速與全速USB的輸出端都能支援某種三態模式，也就是當全速模式運作時，高速訊號處於三態模式，反之亦然。目前大多數在電腦等傳統應用上使用的USB裝置都沒有支援此種模式，因為一般的狀況都會用多個連接器，而不需要把多種USB訊號整合至單一連接器上。

因此在解決方案中必須把全速與高速USB的訊號電路完全隔開。目前手機支援高速USB模式的最佳解決方案就是增加高速路徑，並且利用訊號切換器將高速路徑多工整合至既有的全速模式路徑上。圖2所示即為此種解決方案：

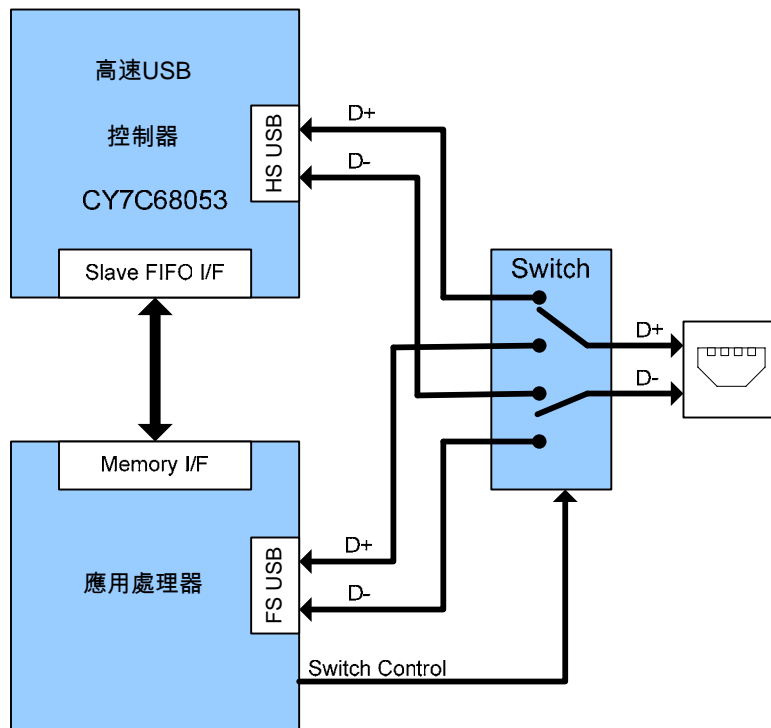


圖 2: 具備半導體開關之USB多工方式

這種方法雖然簡單，但對高速訊號完整性卻會造成一些問題，而且可能會使得USB無法通過相容性測試。即使市面上有專為高速USB應用所推出的切換器產品，它們在某種程度上，還是會降低眼圖的品質，並在一些狀況下會無法通過相容性測試。在選擇切換器與進行電路配置時是有一些需要考量之處，其中的首要考量是如何在沒有切換器的情況下，達到理想的高速USB資料路徑。

在高速USB資料路徑中，機板設計人員必須要謹慎控制幾個地方並加以最佳化，如此才能得到最乾淨的訊號眼圖。首先，D+與D-的線路阻抗必須要是45 ohms，這樣才能和接收裝置的D+與D-腳位的輸入阻抗符合，也才能產出適當的分壓器，以提供符合規範的高速邏輯中的400mV高電位。另一方面要注意的是D+與D-線路長度的增補。此外，再運用如ESD或EMI保護裝置等不太複雜的電路，來得到圖3的左上方圖中一樣乾淨的眼圖。

現在如果在資料路徑中加上切換器，就會造成訊號變形，至於變形的型態與程度則視切換器的特性而定。首先要考慮的是切換速度，切換器必須要能處理480 Mbps ( 相當於240MHz ) 的訊號切換，以符合高速USB規範。若無法符合此條件，則此種切換器就不適用。如果該切換器宣稱是高速USB專用的就不會有太大的問題。另一項可能是最重要的特性，就是切換器的串阻值 ( Ron )。串阻值越高，眼圖就會越扁，這也是在嘗試取得USB-IF認證時最令人頭痛的地方。

以下的例子說明了高串阻值是如何影響眼圖結果。假設A切換器的串阻值為5 ohms；而B切換器的串阻值為10 ohms。在A切換器中，整個電路串連起來的串阻值為50 ohms而非45 ohms。當進行單純的分壓動作時，高電位邏輯的電壓會變成379mV而非要求的400mV。由於規格中允許10%的容錯，因此，360mV還可算是高電位邏輯的範圍。但若採用B切換器時，整個線路的串接電阻會因為加上B切換器的10 ohms而變成55 ohms，造成高電位邏輯的電壓值為360mV，如此一來就沒有任何容許誤差的空間。若考慮到終端電阻及其他線路阻抗的誤差時，上述的結果就極有可能無法通過

相容性測試。圖3中左下方的眼圖是原串阻值在訊號路徑增加10 ohms的結果，其中可以發現上下邊界都因為多出來的串阻值而被壓縮。雖然仍是合格的眼圖，但已無容許任何其他誤差的空間。

考慮各種誤差容忍值之後，即使切換器阻抗電壓值仍是可接受的範圍，切換器仍會影響眼圖結果。因為切換器亦會增加電路的電容值，所以會降低訊號上升或下降的轉換速度。這會使得眼圖中在轉角處較為平緩，因而造成無法通過眼圖測試。舉例來說，假設A切換器的電容值為5 pF；B切換器的電容值為15 pF。相較之下多出來的10 pF電容值就會讓眼圖周圍可容忍的範圍縮小50%。目前來說，一般切換器在開路時的電容值大約在6到15 pF之間。圖3右上方的眼圖所示即為加上15 pF電容值後的結果。

若切換器僅增加串阻值或電容值兩者之一，或許還不會造成任何問題。但實際上如果串阻值與電容值兩者同時增加，所造成的眼圖結果就會有問題。假設最理想的切換器仍帶有些許的串阻與電容值，而這多出來的串阻值就會造成眼圖的上下邊界向中央擠壓，而無法容許任何誤差的空間。電容值則會降低電位轉換速度，使得轉換曲線切過眼圖中必須淨空的範圍，因而造成高速USB訊號無法通過完整性測試，就如圖3右下方的眼圖所示。

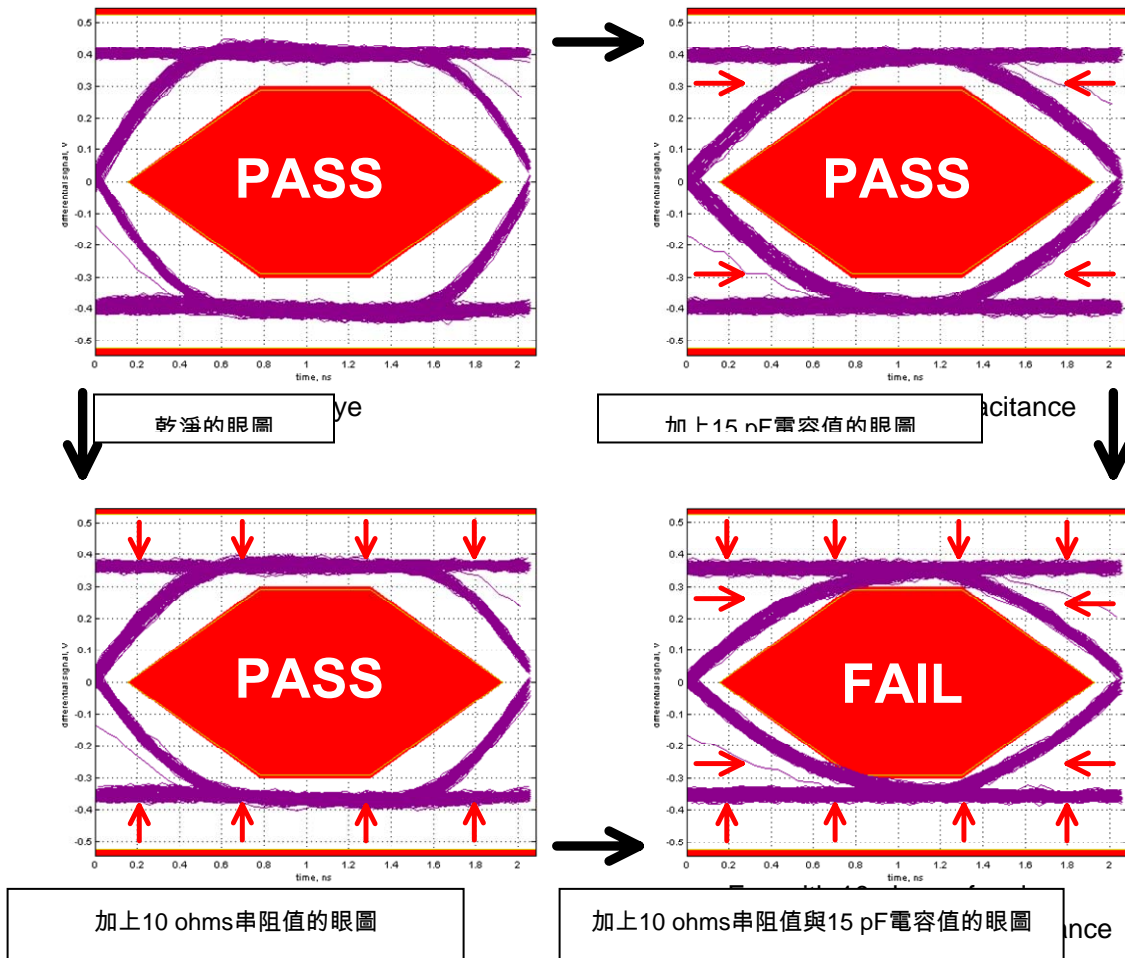


圖 3: 增加電阻與電容值對高速USB眼圖的影響

只要切換器的串阻值(Ron)與電容值(Con)夠低，甚至能適當混合兩者的特性，就可以成功設計出切換器的架構。

在這種設計中需要考慮的另一項因素就是要知道何時進行全速與高速USB的路徑切換。目前這項工作多半由軟體控制，例如使用者可以到手機的設定選單中選擇想要用「大量儲存」或是「數據機」模式。系統處理器（基頻或應用處理器），就會啟用正確的資料路徑。全速USB一般是預設模式，因為在工廠的狀態偵測判斷及製造測試都是用此模式。但用這種還要手動設定的方式比較麻煩，因此手機設計人員比較想要的是不需使用者的介入，這也表示全方位整合性解決方案將是未來趨勢。

## 結論

手機設計人員終究會將全速與高速USB整合至單一USB路徑上，但也需要花些時間進行解決方案的軟體最佳化，以獲得更好的設計。不久之後將會有整合夠多的端點數的產品解決方案，以支援手機的各項應用。在那之前，手機設計人員只有仰賴本文所提的解決方案，快速將支援高速USB的產品推入市場，以滿足消費者需求。

為了讓上述設計成功，設計人員必須考慮切換器中Ron與Con的參數。一般會考慮的切換器具備介於4到8 ohms的Ron與介於5到10 pF的Con。只要依照這些設計原則，就可以避免曠日費時的USB連線除錯的工作，也可讓手機產品更快上市。





## References

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.