

執行隔離式 USB 2.0 On-the-Go 連接埠

Manasa Gadiyar
Systems engineer

Anant Kamath
Systems engineer

簡介

USB 做為工業系統中用於人機互動、診斷、韌體下載、周邊設備連線與資料記錄等的介面，日益普及。由於工業存在雜訊和嚴峻暫態，而且為了電子安全考量，系統設計人員更傾向隔離 USB 連接埠。一個 USB 連接埠可同時連接主機 (例如筆記型電腦) 或周邊設備 (例如 USB 磁碟機)，而非主機與周邊設備連線的獨立連接埠，不僅提高靈活性，也使成本降低。

USB 隨插即用 (OTG) 具有這種靈活性，同時還允許透過主機協商協定 (HNP) 交換主機和周邊設備角色。然而，目前沒有解決方案可用來隔離 USB OTG 連接埠。本文介紹有關使用 HNP 實作隔離式 USB OTG 連接埠的關鍵考量事項，以及隔離式 USB 中繼器的對應要求，以及應用圖表及測試結果，而這些結果使用 TI 的 **ISOUSB211** 隔離式 USB 中繼器實現隔離式 USB OTG 連接埠的測試結果。

現有 OTG USB 應用實作

實作隔離式 USB 平台的現有方法是提供專用主機和周邊設備連接埠以建立資料連結，如 **圖 1** 中所示。上行 (周邊設備) 埠透過 1.5-k Ω 電阻器將 D+ 上拉 (表示全速或高速周邊設備) 或 D 型上拉 (表示低速周邊設備)。下行 (主機) 裝置具有 15-k Ω 下拉電阻器，符合 USB2.0 標準。下行埠為 5-V VBUS 軌供電，不從上行埠汲取電力。建立連線後，偵測到 VBUS 存在，然後發生上拉識別和封包交易。因此，對於連接埠必須擔任主機或周邊設備角色的隔離 OTG 實作而言，隔離器必須對連線公開處理。

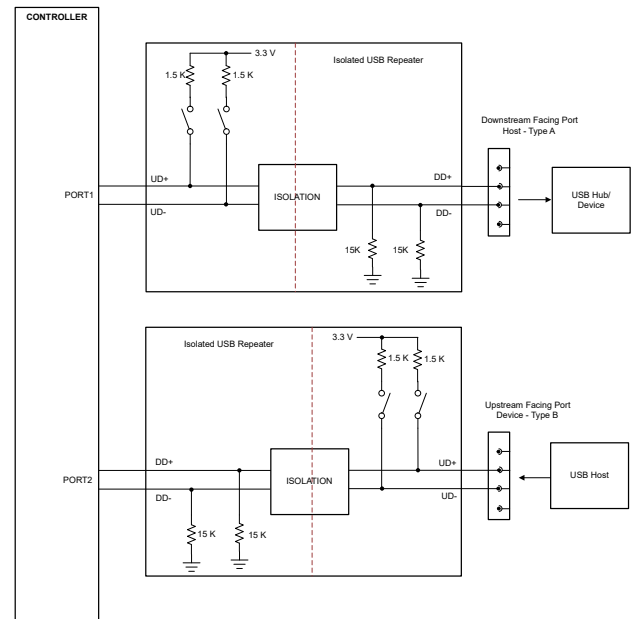


圖 1. 分開獨立的主機和周邊設備實作。

隨插即用式運作

OTG 連接埠有另一個標記為 ID 針腳的第五個針腳。此 ID 針腳上的狀態會在發生連結時管理初始主機和周邊設備角色，如 **圖 2** 所示。連接至 ID 為接地短路之纜線末端的連接埠擔任初始主機 (A 裝置) 角色，而連接至 ID 保持浮動之纜線另一端的裝置則擔任初始周邊設備角色 (B 裝置)。OTG 模組上的 ID 上拉有助於判定連接時 ID 針腳狀態。在 B 裝置要接管主機角色的情況下，OTG 定義了一個 HNP，使裝置可以無縫地交換角色，而無需拔下和交換電纜接線。為了讓 HNP 流暢地運作，隔離式 USB 中繼器應能即時切換任一側為上行或下行。在 A 裝置上透過在 VBUS 上發送脈波來啟用初始對話的對話請求協定，並不是本文要討論的主題。

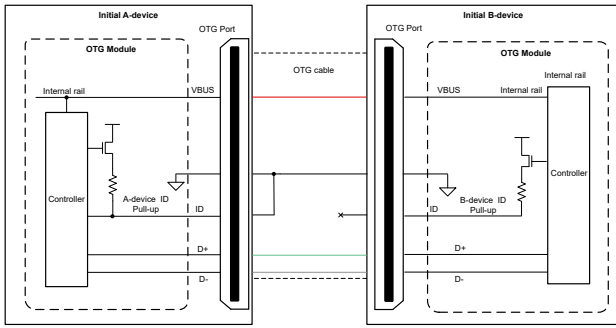


圖 2. 由 ID 針腳判定的初始主機或周邊設備角色。

實作隔離式 OTG

圖 3 顯示隔離式中繼器需要任何側邊都具備作為主機或周邊設備運作的彈性。在運作期間，隔離式中繼器會在啟動時導入 15-kΩ 下拉訊號。提供外部 1.5-kΩ 上拉的那一側將建立連線。另一側則擔任主機角色，在中繼器中導入內部 1.5-kΩ 上拉以鏡像下行連線。接上 micro-A 插頭的一端擔任最初的 A 裝置角色，而插入 micro-B 插頭的一端則擔任最初的 B 裝置角色。在指派初始角色之後，HNP 在裝置希望交換角色的情況下具有一組定義好的轉換：初始 A 裝置透過中斷 1.5-kΩ 上拉並啟用 15-kΩ 下拉，將匯流排和初始 B 裝置轉換暫停到等待連線狀態。由於線路現在處於 SE0 狀態，A 裝置擔任周邊設備的角色，並透過啟用內部 1.5-kΩ 上拉電阻器來建立連線。匯流排現在反映 J 狀態，由初始 B 裝置偵測為周邊設備連接，現在處於主機狀態。無論 HNP 決定的角色為何，5-V VBUS 都是由 A 裝置提供。

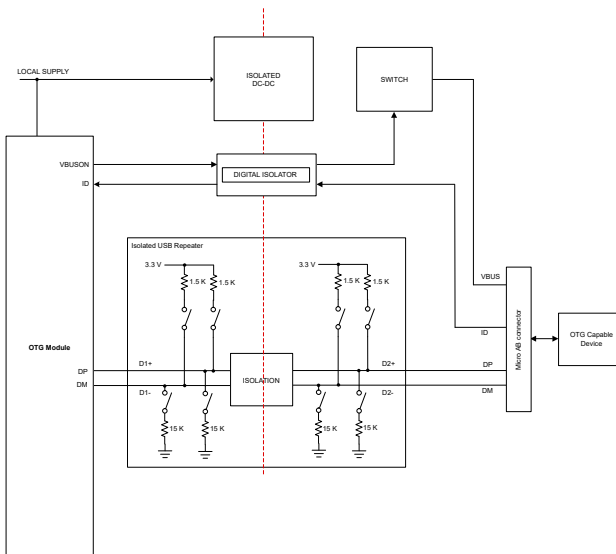


圖 3. 自供電隔離式隨插即用模組方塊圖。

使用 ISOUSB211 EVM 示範 OTG

圖 4 展示使用板載零組件的隔離式 USB-OTG 實作。電路包括 ISOUSB211 隔離式高速 USB 中繼器、SN6505 5-W 推挽變壓器驅動器和 ISO6721 雙通道數位隔離器，以進行隔離式 USB-OTG 運作。如前一節所強調，隔離式 USB 解決方案必須允許任何一側朝向 USB-OTG 應用的上行或下行。ISOUSB211 允許此種彈性，其具備自動偵測角色功能，使任何一側都可以根據哪一側首先偵測到 1.5-kΩ 上拉而直接擔任上行或下行角色。ISO6721 可在隔離層之間將 ID 資訊從連接器傳送至 OTG 模組。ISOUSB211 的 V2OK 訊號 (表示 VBUS2 是否可用) 被饋送至 OTG 模組的 USB_DET 針腳。USB2.0 標準規定，除非存在 VBUS，否則裝置不應在 DP/DM 線路導入上拉。OTG 模組根據 USB_DET 狀態控制內部上拉。二次側壓降穩壓器 (LDO) 輸出至連接器 VBUS 的電源路徑中用於控制電力輸送的開關，取決於連接到模組的裝置類型。OTG 模組驅動 VBUSON 訊號，以備晶片外來源需要啟動連接的裝置。這將控制二次側 LDO 輸出到連接器 VBUS 之間的開關。

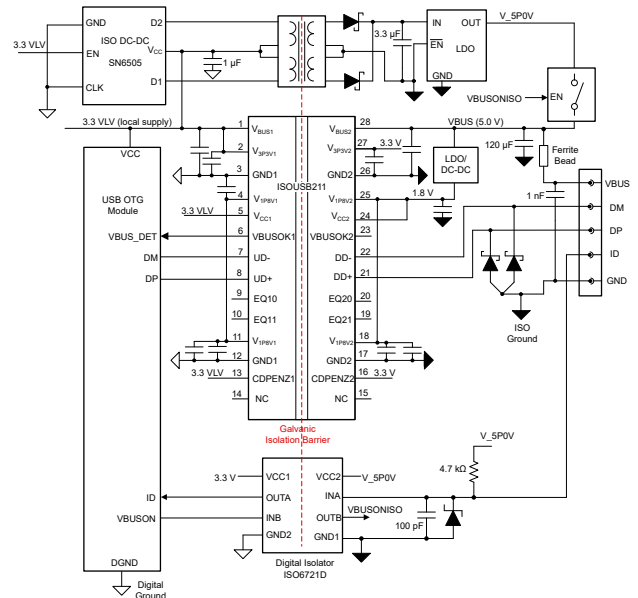


圖 4. 採用 ISOUSB211 和 ISO6721D 的隔離式 USB OTG 連接埠實作。

情境 A：連接至 USB 磁碟機 (匯流排供電) 的隔離式 OTG 模組

連接至隔離式 OTG 模組 (A 裝置) 的 ID 針腳接地短路。此資訊會透過 ISO6721 反向通道跨隔離層傳送。OTG 模組隨後向 VBUSON 傳送訊號使其變高，進而控制交換器開

啟，為快閃磁碟機 (B 裝置) 供電。直到此階段 V2OK 保持為低，OTG 模組未起始 D+/D- 上拉控制。裝置端一旦通電，V2OK 就會變高，進而允許 OTG 模組按照 USB2.0 標準控制上拉。

情境 B：連接至筆記型電腦 (主機) 的隔離式 OTG 模組

連接至隔離式 OTG 模組 (B 裝置) 的 ID 針腳為浮動，並透過 ISO6721 的反向通道以高電平傳輸。OTG 模組將 VBUSON 的狀態保持低電平，當連接的主機自供電時，會使交換器保持關閉狀態。如果主機自供電，並且按照 USB2.0 標準啟動上拉，則一旦建立連接，V2OK 就會變高。

示範

以下區段展示採用 **ISOUSB211EVM** 評估模組的 OTG 實作。

為了示範從 A 型裝置到 B 型裝置的雙向電力輸送，我們推出額外的 **SN6505EVM**。

將手機連線至筆記型電腦

在 **圖 5** 中，透過 ISOUSB211EVM 將具有 OTG 功能的手機 (附帶 micro-B 母接頭、雙角色連接埠) 經由 Type-A 公接頭至 micro-B 公接頭方式連接至筆記型電腦 (附帶 Type-A 母接頭連接埠)。實驗目的是要將手機上的檔案複製到筆記型電腦。

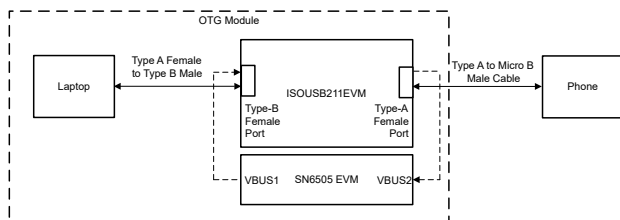


圖 5. ISOUSB211+隨身碟 (OTG 模組) 連接到主機。

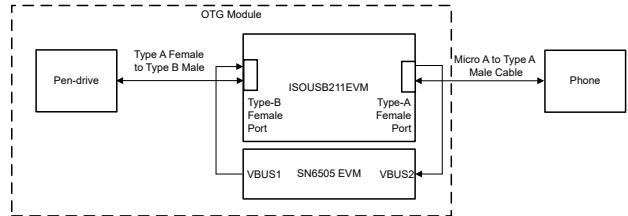
第一次連接期間，連接至手機的纜線末端將連接的 ID 設定為高阻態 (B 型裝置)。一旦手機辨識到 ID 針腳設定為高阻態，就會採用 B 型角色。電源傳輸是透過 ISOUSB211EVM 上的 SN6505 路徑從筆記型電腦傳輸至手機。手機在 DP 線路 (表示 B 型角色) 上發出上拉訊號，ISOUSB211 在第 1 側採用內部 1.5k Ω 上拉。在這之後，A 型和 B 型裝置之間的通訊按照 USB2.0 標準進行。

周邊設備可以通訊，且數據傳輸成功。

將電話連接到 USB 隨身碟

在 **圖 6** 中，將具有 OTG 功能的電話 (附帶 micro-B 母接頭、雙角色連接埠) 經由 Type-A 母接頭至 Micro-A 公接頭方式 (使用 Type-A 公接頭至 Type-A 公接頭方式連接 EVM) 連接隨身碟 (附帶 Type-A 連接埠)。實驗目的是要將快閃磁碟機的檔案複製到電話。

圖 6. ISOUSB211+隨身碟 (OTG 模組) 連接到主機。



在連接過程中，連接至電話的纜線末端具有接地短路之 ID 針腳 (A 型類裝置)。電話辨識到 ID 針腳設定為低時，會擔任 A 型角色。從 SN6505 建立的反向電源路徑正在啟用中，並啟動隨身碟。隨身碟在 DP 線路 (表示 B 型角色) 上發出上拉訊號，ISOUSB211 在第 2 側採用內部 1.5k Ω 上拉。在這之後，A 型和 B 型裝置之間的通訊按照 USB2.0 標準進行。

周邊設備可以通訊，且數據傳輸成功。

摘要

可以使用具有彈性主機和周邊設備端的隔離器輕鬆建立隔離式 USB OTG 應用，而此隔離器在運作期間會根據 DP/DM 線路外部最先觀察到的 1.5-k Ω 上拉的那一端進行設定。這類配置可確保佔用空間更小、連接器數量也減少，而且角色可完全切換，無需變更硬體。

重要聲明：本文所述德州儀器及其子公司相關產品與服務經根據 TI 標準銷售條款及條件。建議客戶在開出訂單前先取得 TI 產品及服務的最新完整資訊。TI 不負責應用協助、客戶的應用或產品設計、軟體效能或侵害專利等問題。其他任何公司產品或服務的相關發佈資訊不構成 TI 認可、保證或同意等表示。

所有商標均為其各自所有者的財產。

IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATA SHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, regulatory or other requirements.

These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you will fully indemnify TI and its representatives against, any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI's products are provided subject to [TI's Terms of Sale](#) or other applicable terms available either on [ti.com](https://www.ti.com) or provided in conjunction with such TI products. TI's provision of these resources does not expand or otherwise alter TI's applicable warranties or warranty disclaimers for TI products.

TI objects to and rejects any additional or different terms you may have proposed.

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2023, Texas Instruments Incorporated