

防止車用 USB 電路電池短路故障—第 1 部分

■文：German Aguirre/ 德州儀器 (TI)

汽車製造商持續地將車載資訊娛樂系統發展成多媒體體驗的延伸，而 USB 介面一直是車載資訊娛樂系統架構的基本要素；因此，製造商針對這種原本就以消費者為中心的介面有更嚴格的保護機制需求。其中需要防範的包括在組裝、製造或維修過程中的防止汽車電池發生短路。例如，當連結汽車音響主機至不同連接模組的長線天線受損，會讓主要汽車電池所有的針腳短路至 12V。其它潛在的故障機制包括使用不合規的轉接器、電纜或充電器；USB 連接器或電纜的機械扭曲；或任何掉進連接器，並將資料線短接到 VBUS 的碎屑。

以下我將舉例說明，防止 USB 電路電池短路故障的最佳途徑。

在為 USB 電池短路保護機制進行設計時，需始終牢記三個主要方向：

- 保護機制解決方案的頻寬。
- 鉗位電壓和回應時間的行為。
- 過電流和接地短路的特性。

在過去，找到能夠一次解決所有三個方向的 USB 2.0 防電池短路解決方案是不可能的，但是新型 TI 防電池短路保護裝置 TPD3S714-Q1 系列就能夠解決這些常見的問題。

頻寬

訊號完整性是設計工程師在車用 USB 應用中最大的挑戰之一。由於 USB 2.0 支援高達 480 Mbps 的資料傳輸速率，電線內任何多出的少量電容都會扭曲訊號，造成資料傳輸失敗。設計師因而必須尋

找能夠保持最佳訊號完整性，並同時防止敏感的電子產品受到高電壓和電流尖波影響的解決之道。

TPD3S714-Q1 是一用於防止 USB 連接器的 VBUS 和資料線電池短路、短路和靜電放電 (ESD) 的單晶片解決方案。整合的資料開關在同時提供最高達 18V 的防電池短路保護時，為最小的訊號衰減

圖 1：TPD3S714-Q1 資料交換差動頻寬

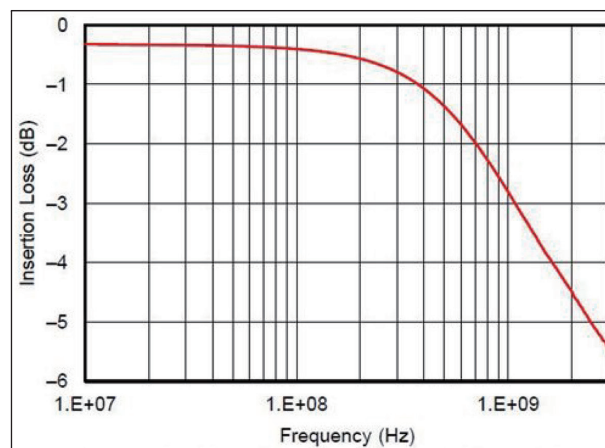
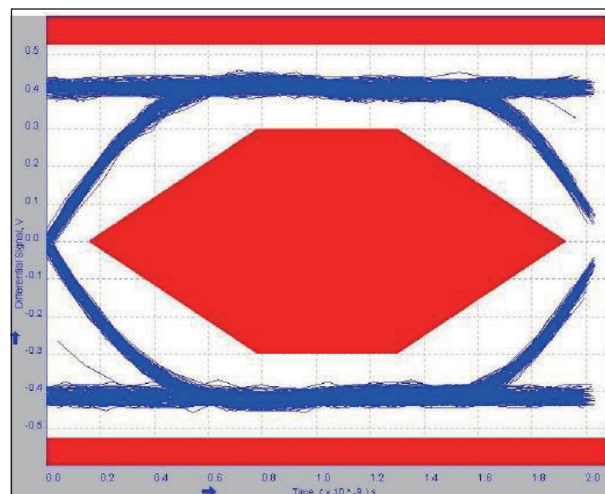


圖 2：TPD3S714-Q1 的 USB 2.0 眼圖



提供了兩倍高的頻寬。圖 1 為一插入損耗圖，強調採用 1GHz-3dB 頻寬的高速資料開關。

您可透過眼圖來分析線路電容對頻寬的影響。測量最小和最大電壓電平以及抖動能夠找出 USB 資料線傳輸中的任何問題。1GHz 高頻寬下容許 USB 2.0 的高速應用。常見於車用 USB 環境中，多出的容限在高於 720MHz 頻寬裡有助於用長固定式電纜維持清晰的 USB 2.0 眼圖。圖 2 為 USB 2.0 的眼圖圖示。

鉗位電壓和回應時間

儘管頻寬是選擇保護解決方案時最重要的特點之一，您也必須確保鉗位電壓低到能夠保護下游電路免於任何電池短路或 ESD 事件。此外，您應設計具有能夠快速關閉的過電壓場效應電晶體 (FET)，以隨時保護上游系統單晶片 (SoC)，使其免受有害電壓和電流尖峰的影響。

防電池短路保護可將內部系統電路與在 VBUS、D+ 和 D- 針腳處出現的任何過壓情況隔離開來。在這些針腳上，TPD3S714-Q1 可為熱插拔和 DC 事件處理高達 18V 的過電壓情況。此有過壓保護功能的電路提供業界最可靠的防電池短路隔離，有助於提升系統級的保護。圖 3 所示為短路至 18V 故障期間其 5V 的鉗位電壓，強調了資料通道上 200ns 的超快回應時間。

過電流和短對地

選擇不良的過電流保護電路將拖延產品上市的

圖 3：TPD3S714-Q1 資料轉換短路至 18V 回應波形

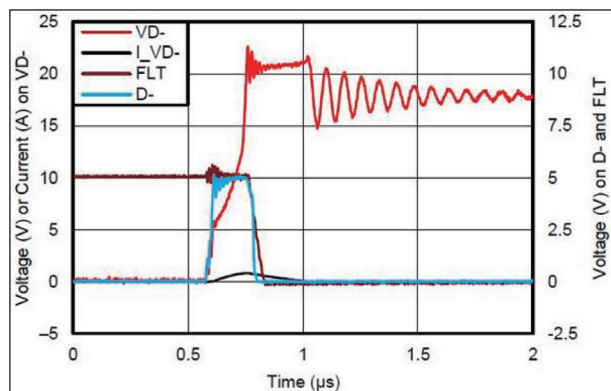
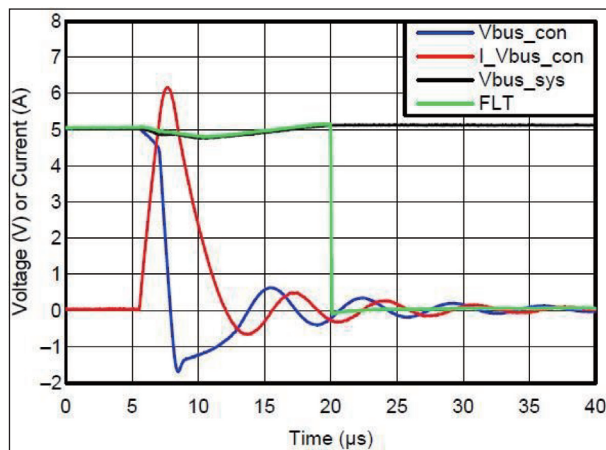


圖 4：TPD3S714-Q1 VBUS 短對地回應波形



時間。發生過電流期間，流經系統側的大量電流量可能導致上游 5V 軌電壓的起伏或斷電，並可能降低或重置多個連接到共用導軌的積體電路 (IC)。在像是短對地的情形下，過電流保護裝置的目的在於限制 USB 埠可汲取的電流量。此外，USB 2.0 規範要求在任何 USB 供電設計中使用過電流保護裝置。

圖 4 展示出系統電壓降至小於 200mV 的短對地事件，其保持共用 5V 軌的穩定，並正確地隔離故障。TPD3S714-Q1 整合了一個高達 0.5A 的精確且電流限制負荷的開關，其能夠在過電流事件期間自動限制電流。內部 FET 開關能夠阻止過量電流流經上游裝置，防止系統側的重置。

記住——在尋找 USB 2.0 防電池短路的解決方案時，需始終牢記保護裝置的頻寬、鉗位電壓和回應時間，以及過電流和短對地的特性。考慮到這些關鍵方向將能夠讓 OEM 廠商的安裝啓用更容易，並縮短產品上市時間。

其它資訊

- 閱讀具有電池短路保護功能的雙埠車用 USB 2.0 集線器參考設計。
- 閱讀白皮書，「在車用環境下設計防電池短路容差的 USB。」
- 透過 TPD3S714-Q1 評估模組評估您的車用 USB 2.0 防電池短路保護設計。 