

Oscilloscope - I²C 的傳輸與控制應用於匯流排溝通

前言

從目前的一般消費性電子、通訊產品到工業用的電子產品，微控制器(μC)幾乎已是這些先進電子產品的核心，透過不同型式的介面與周邊的設備相互溝通，以達到最佳的自動化控制需求。在微控制器與周邊裝置的應用中，對於低成本、高可靠度及高速傳輸的通訊品質的要求也不斷的成長以滿足各種不同的應用。

因此串列匯流排技術已被廣泛應用於嵌入式系統中。但需快速正確的觸發分析串流數據，並控制信號和相關的脈衝波形串行通信對工程師來說都是一項艱難的挑戰。固緯電子於全新發表的 GDS-3000 示波器系列中，可選配串列匯流排分析軟體以提供完整的分析工具來對常用的 I²C, SPI 以及 UART 串列匯流排進行觸發和解碼。工程師無需花費時間去深入研究串列匯流排的所有細節，只需要輕鬆於 GDS-3000 上設定觸發條件就可以立即自動解碼並獲取數據。本文將以 I²C 串列傳輸介面作為介紹主題，期使讀者對於串列匯流排的工作模式、架構能有更深入的了解。

I²C 架構與特點

I²C(Inter-Integrated Circuit)匯流排是荷蘭 Philips 半導體為了積體電路內部連結方便，所開發的兩線式串列匯流排，用於連接微控制器及其週邊設備。I²C 匯流排產生於在 80 年代，最初為音頻和視頻設備開發，透過介面，匯流排上各元件之間就能彼此進行溝通。如今主要在伺服器管理中使用，可用來與 EEPROM、ADC、DAC 和 LCD 這類元件進行通信。

I²C 匯流排為一種半雙工(bi-directional)結構，也就是資料可以雙向流動，但同一時間內，資料只允許朝一個方向流動，整個電路的架構由兩條信號線：串列資料線(SDA)及串列時脈線(SCL)連結一個或一個以上的微控制器及多個周邊設備所組成(如圖 1 所示)。每一個並聯到匯流排的裝置，無論是微控制器，EEPROM、ASIC 等，都有一個獨特的位址，當彼此需要傳送或接收資料時，如同電話機的工作，須先撥通各自的號碼才能工作。I²C 提供兩種定址模式，裝置位置分別可設定為 10bits 及 7bits 的長度，表示在匯流排上允許連接的裝置數目，長定址可連接 1024 個，短定址可連接 128 個。GDS-3000 於裝置位置上可配合使用者的設計以選擇 10bits 或 7bits。

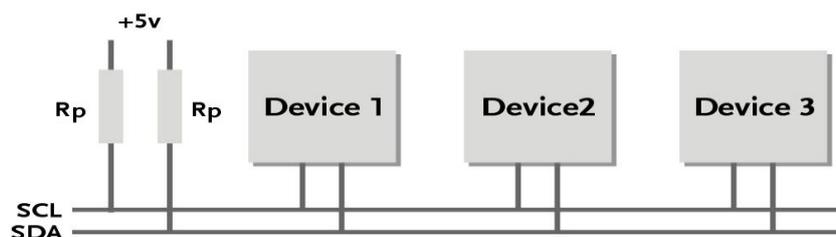


圖 1

另外，SDA 及 SCL 皆採用半雙功的信號線並透過 R_p (提升電阻)連結到一正電壓源，信號線上的信號採用開集極(Open Collector)或是開源極(Open Drain)的技術，取決於元件的種類(CMOS, NMOS, Bipolar)，如圖 2 所示。當匯流排處於閒置的狀態時，電晶體呈斷路浮接的狀態，透過提升電阻將 SDA 與 SCL 拉升至邏輯高(High)的狀態。相反的當有訊號時，則會將電晶體開關導通並接地，並驅動將傳輸線的邏輯拉到低的位準(Low)。因所有的裝置都是以並聯的方式連結上主匯流排，當匯流排上只要有一裝置為 Low 的邏輯位準，即會將匯流排的電位保持在低的邏輯位準，這種方式稱為 Wired-AND 的功能。透過這樣的機制，可判斷匯流排上是否有其他的元件正在使用及在多主控的環境中優先權的仲裁(Arbitration)。

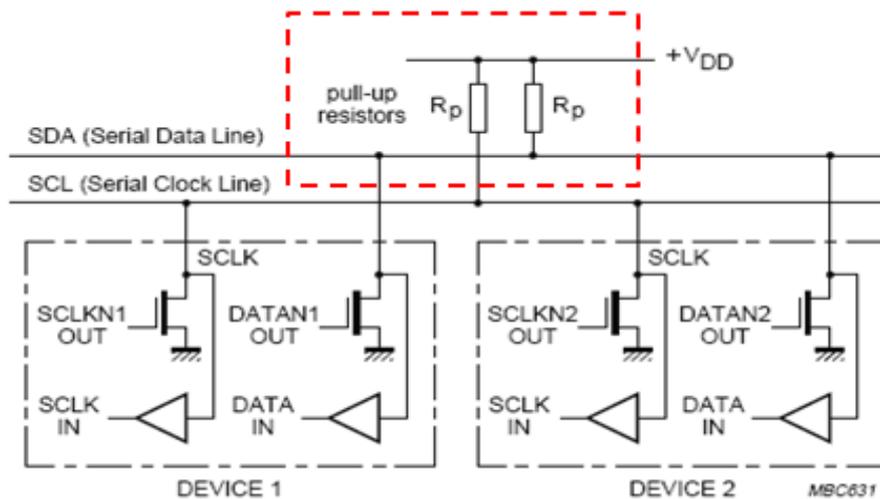


圖 2

I²C 匯流排的溝通原理

I²C Bus 定義是由序列資料/位址線(SDA) 和序列時脈線(SCL)組成的序列協定給 I²C Bus 上的處理器來處理通過的資訊。I²C Bus 上的每個裝置是由一個獨特的 7bits address 來識別而且可以在 master 或 slave 模式下當成傳送端或接收端來操作。

I ² C 裝置	定義
傳送端 (Transmitter)	傳送資料到 I ² C Bus
接收端(Receiver)	從 I ² C Bus 接收資料
Master	起始傳送，產生時脈信號，終止傳送
Slave	由 Master 來定址裝置
Multi-master	多個 master 能同時試著控制 I ² C Bus
調停、仲裁(Arbitration)	當多個 master 同時嘗試要控制 I ² C Bus 時，保證只有一個 master 能控制
同步(Synchronization)	當多個裝置所產生的時脈不同時，須同步

- 當處理器在 I²C Bus 上作用為 master 時,它定址一個 EEPROM 為 slave 來接收資料。當處理器定址 EEPROM 時，它是一個 master 傳送端而 EEPROM 是一個 slave 接收端。當處理器讀取資料時，它是一個 master 接收端而 EEPROM 是一個 slave 傳送端。不管它是傳送端或是接收端，master 會產生時脈信號，起始傳送，還有終止傳送。
- I²C Bus 是一種同步傳輸協定，其資料傳送形態包含
 - 開始(Start)
 - 位址(Address)
 - 讀/寫(R/nW)
 - 資料(Data)
 - 確認(Acknowledge)
 - 停止(Stop)

I²C 測試

GDS-3000 為固緯電子所全新推出的中階示波器。為了解決工程師於串列匯流分析與解碼的困擾及加速相關測試及驗證的時間。使用者可於 GDS-3000 選配 App 軟體：DS3-SBD，其串列匯流排分析解碼項目包含 I²C, SPI 以及 UART。

以 GDS-3000 的串列匯流排的軟體而言，可以讓嵌入式電路的設計者有更方便的分析與解碼工具。例如 I²C 的測試， GDS-3000 選配 DS3-SBD 功能可於 I²C 觸發中選擇讀入或寫入，以符合標準測試需求（如圖 3 所示）。

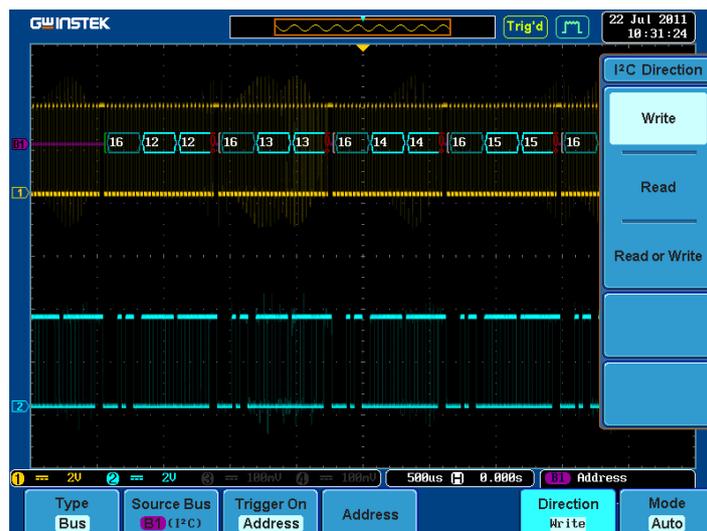


圖 3

也可依測試或設計需求設定觸發位址於開始(Start)、位址(Address)、資料(Data)、確認(Acknowledge)或停止(Stop)（如圖 4 所示），而在 Address 上也可設定定址模式為 7bit 或 10 bit，觸發的位址為 2 進制或 16 進制，

選擇預設為 General Call ,Start byte ,Hs-mode ,EEPROM 或 CBUS ;相同地 ,設定資料觸發也可選擇 2 進制或 16 進制以滿足 I²C 標準測試的需求。



圖 4

因此我們可以利用 GDS-3000 輕鬆地設定 I²C 觸發條件及資料傳送型態(如圖 5 所示) ,以觸發與分析任意的指定訊息,以做快速的資料解析。利用此種方案,使用者可減少許多分析與解碼的時間,也不需使用傳統的邏輯分析便可達成快速分析及符合標準的測試。



圖 5

結語

雖然 I²C 是在 1980 年代初所開發的技術,但在今日 I²C 依然有其應用上的優勢。透過簡單平行的架構,設計者可大大簡化嵌入式電路的設計。透過全新的 GDS-3000 示波器串列匯流排解碼與分析,使用者可快速地得到分析解碼結果。因此可加速系統的開發時間及分析除錯的效率。對工程師而言,是電路設計及驗證所不可或缺的必備工具。

GDS-3000 產品簡介

GDS - 3000 系列是一個全新的測試平台，全系列最高提供 350MHz 的頻寬，4 個類比輸入通道，5GSa / s 取樣率和 VPO 波形顯示技術。4 分割畫面功能可以達到同時獨立觸發測試多信號的要求，可運用於測試研究和製造領域，選配的功率分析軟體和串列匯流排分析軟體，可以更方便工程師加速測試和製造相關產品的發展速度。

產品特點

- 全系列頻寬覆蓋 350/250/150MHz 範圍，提供 2/4 輸入通道
- 雙取樣模式: 5GSa/s 即時取樣率及 100GSa/s 等效取樣率
- 強大的 VPO 訊號處理技術，快速洞察異常訊號
- 8 英吋 800*600 高解析度大尺寸畫面，能更舒適的檢視複雜訊號的細節
- 獨特的分割視窗功能，能同時獨立觸發及獨立顯示四個通道的波形訊號
- 彈性的 GW App 應用軟體平台，軟體擴充/ 升級更容易
- 可選擇 50Ω/75Ω/1MΩ 三種不同的輸入阻抗
- 可選配功率量測軟體以進行電源品質測試與分析
- 可選配串列匯流排的觸發、解碼功能.軟體可支援 I2C, SPI 以及 UART



GDS-3000 Series						
	GDS-3152	GDS-3154	GDS-3252	GDS-3254	GDS-3352	GDS-3354
通道數	2Ch + Ext	4Ch + Ext	2Ch + Ext	4Ch + Ext	2Ch + Ext	4Ch + Ext
頻寬	DC~150 MHz (-3dB)		DC~250 MHz (-3dB)		DC~350 MHz (-3dB)	
取樣率	2.5 GSa/s	5 GSa/s	2.5 GSa/s	5 GSa/s	5 GSa/s	5 GSa/s
記憶體長度	25k points / ch					