USB1.1

目的

提供邏輯分析儀在 USB1.1 匯流排除錯與分析之快速應用方案。

方法

硬體連接

連接邏輯分析儀的通道 0 與 1 至 USB 裝置的 D+、D-及兩邊的接地腳，如圖 1。

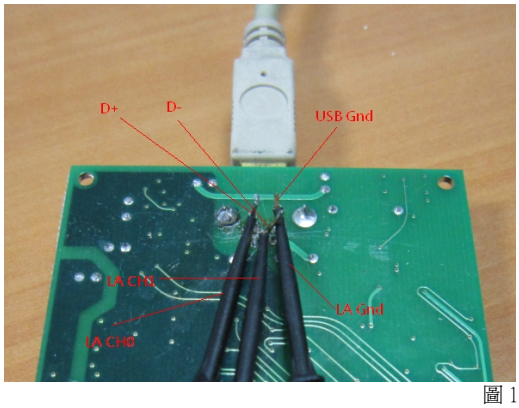

圖 1

硬體設定

設定採樣率

原則上採樣率爲待測物頻率的 4~6 倍左右最合適; 雖然採樣率越高可以看到越細緻的訊號波形，但會使邏輯分析儀的可記憶深度所能採集到的封包越少。以待測物爲 USB1.1 的全速裝置爲例，資料傳輸率爲 12Mb/s，採樣率 100MHz 比較合適，如圖 2。

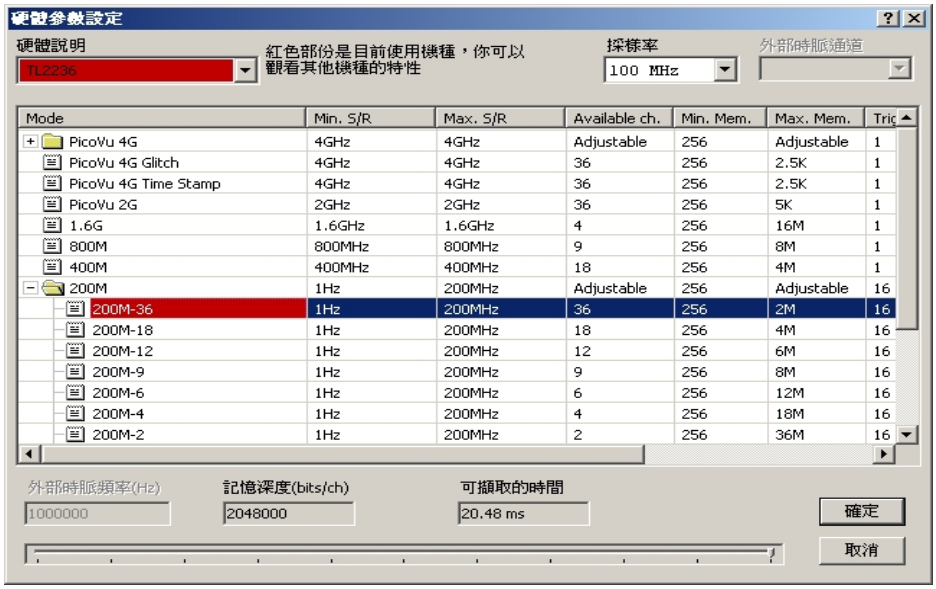

圖 2

設定觸發準位

在設定觸發準位之前，建議可使用示波器來觀察 USB1.1 的訊號波形，來確定觸發準位電壓值。

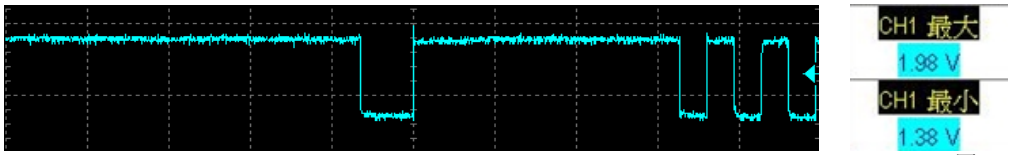

圖 3

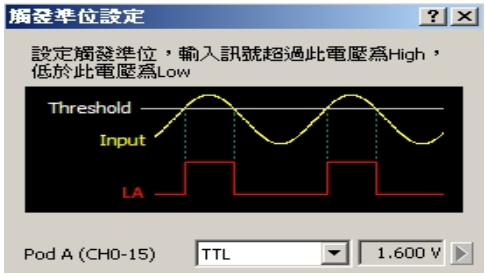

圖 4

USB1.1 訊號的電壓最大值及最小值分別爲 1.98V 和 1.38V 左右，所以邏輯分析儀的邏輯準位使用預設的 1.6V TTL 準位即可，如圖 3 和圖 4。

設定觸發參數

可以根據需求來設定，本例以 CH-00 通道(USB1.1 D+訊號)變化緣爲觸發，如圖 5。

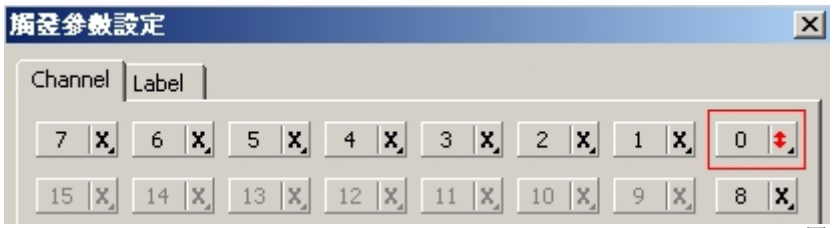

圖 5

軟體設定

全速裝置量測

硬體設定完畢之後，進行下列軟體設定步驟，如圖 6，再讓邏輯分析儀採集 USB1.1 訊號，並用匯流排分析軟體來做分析，如圖 7。

通道設定：D+爲 CH 0，D-爲 CH 1。
協議設定：勾選全速；不分析 USB 標準申請和描述元，所以不勾選。
報告設定：符合該 PID 的資料將在以不同的顏色顯示於報告中，以利和其他 PID 做區分；顯示資料方式爲預設的 8 欄。
波形中顯示刻度：此例勾選波形中顯示刻度。
選擇要分析的範圍：預設的整個緩衝區。
波形顏色：最後設定 USB1.1 欄位顏色，按下確定，即分析 USB1.1 的訊號。

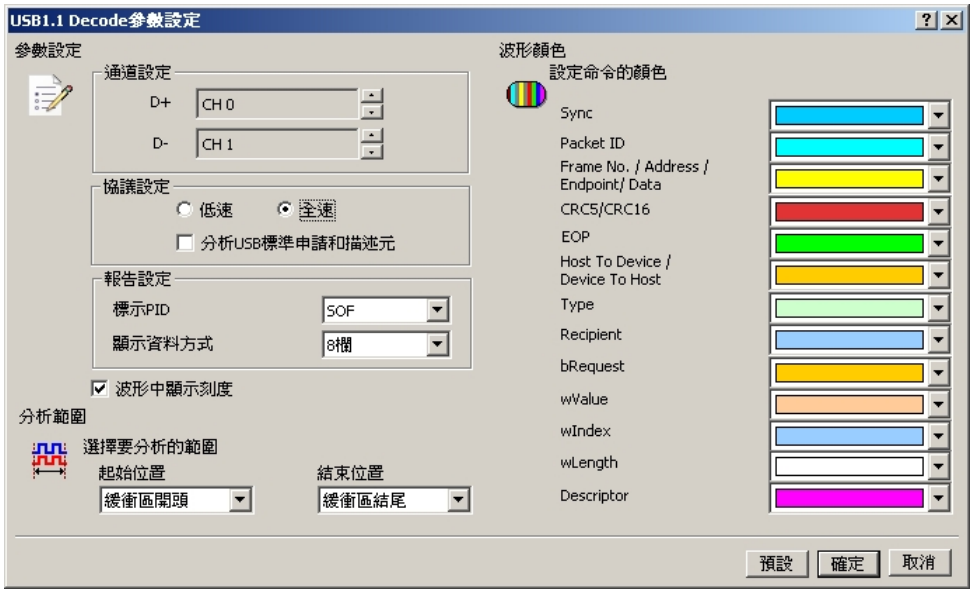

圖 6

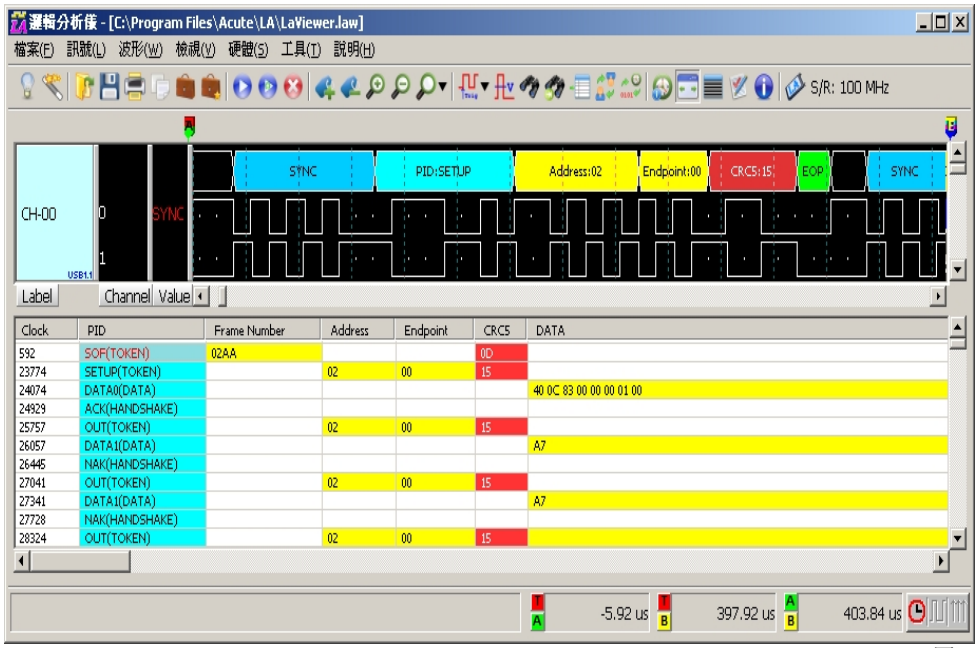

圖 7

低速裝置量測

量測 USB 滑鼠的訊號，如圖 8 和圖 9。USB1.1 匯流排設定方式和全速裝置相同，唯一不同的是協議設定勾選低速。

USB1.1 Decode參數設定
參數設定
通道設定
D+
CH 0
D-
CH 1
協議設定
低速
全速
分析USB標準申請和描述元
報告設定
標示PID
SOF
顯示資料方式
8欄
波形中顯示刻度
分析範圍
選擇要分析的範圍
起始位置
緩衝區開頭
結束位置
緩衝區結尾
波形顏色
設定命令的顏色
Sync
Packet ID
Frame No. / Address / Endpoint/ Data
CRC5/CRC16
EOP
Host To Device / Device To Host
Type
Recipient
bRequest
wValue
wIndex
wLength
Descriptor
預設
確定
取消

圖 8

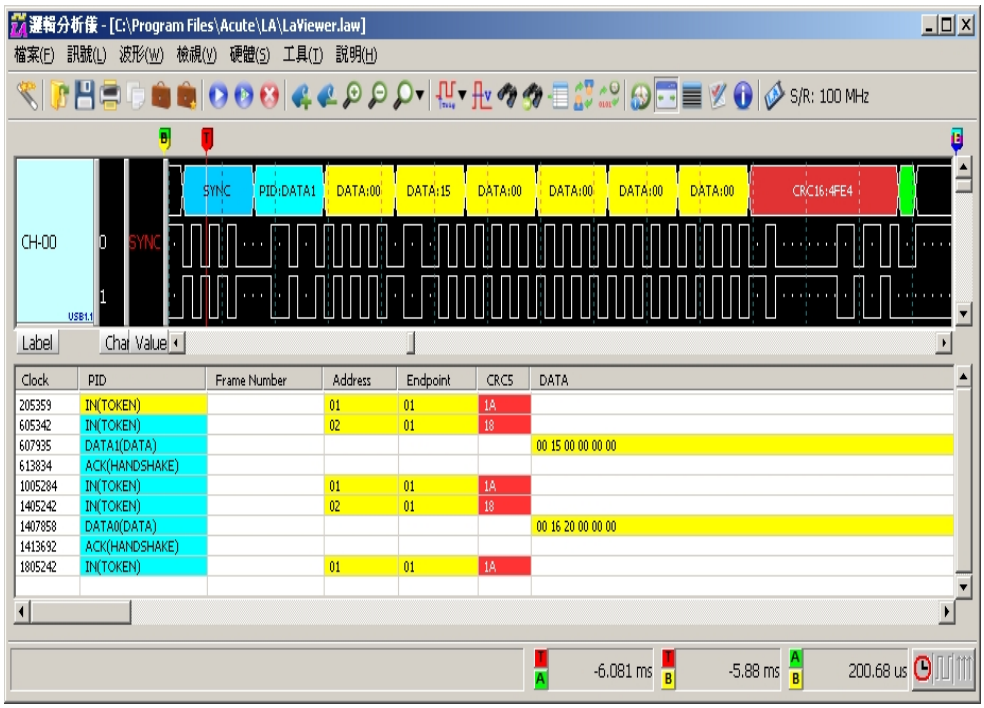
邏輯分析儀 - [C:\Program Files\Acute\LA\LaViewer.law]
檔案(F) 訊號(L) 波形(W) 檢視(V) 硬體(S) 工具(T) 說明(H)
S/R: 100 MHz
SYNC
PID:DATA1
DATA:00
DATA:15
DATA:00
DATA:00
DATA:00
DATA:00
CRC16:4FE4
CH-00
SYNC
Label
Char Value
Clock
PID
Frame Number
Address
Endpoint
CRC5
DATA
205359 IN(TOKEN) 01 01 1A
605342 IN(TOKEN) 02 01 18
607935 DATA1(DATA) 00 15 00 00 00 00
613834 ACK(HANDSHAKE)
1005284 IN(TOKEN) 01 01 1A
1405242 IN(TOKEN) 02 01 18
1407858 DATA0(DATA) 00 16 20 00 00 00
1413692 ACK(HANDSHAKE)
1805242 IN(TOKEN) 01 01 1A
-6.081 ms
-5.88 ms
200.68 us

圖 9

USB1.1 通訊協定

USB 裝置爲目前電腦使用廣泛的主流產品之一。USB 最初是由英特爾與微軟公司倡導發起，其特點爲支援熱插拔和即插即用。USB 的設計爲非對稱式的，它由一個主機控制器和若干透過集線器裝置以樹狀連線的裝置組成。一個控制器下最多有 5 層連接，包含集線器在內，最多可連接 127 個設備。

目前 USB1.1 支援 2 種資料訊號速率，低速與全速模式。低速模式的最大傳輸速率爲 1.5Mb/s，全速模式的最大傳輸速率爲 12Mb/s。

USB 訊號使用分別標記爲 D+ 和 D- 的雙絞線傳輸，它們各自使用半雙工的差動訊號並協同工作，以抵消長導線的電磁干擾，表 1 爲標準 USB 介面。

接腳	訊號名稱	顏色
1	VBUS	紅
2	D-	白
3	D+	綠
4	GND	黑

表 1

USB 的傳輸是由一系列的封包 (packets) 構成，圖 10 爲 USB 封包的架構

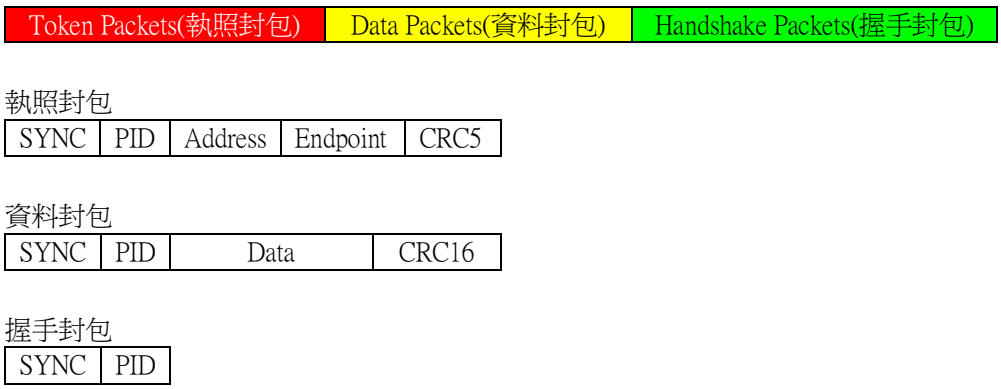

圖 10

執照封包(Token Packets)

只有主機可以發出執照封包。執照封包由 PID、設備位址、結點位址和 CRC5 組成。其中的 SOF(Start Of Frame)執照封包包含目前訊框號碼(Frame Number) 而在全速主線中，主機每隔 1ms 發出一個 SOF 執照封包，所有的設備和集線器都接收 SOF 執照封包，但是不產生任何回應，也不一定使用 SOF 執照封包的資料，須視此設備是否要和訊框同步而定。執照封包的長度固定爲 3 個 Byte。

資料封包(Data Packets)

資料必須是完整的位元組，資料封包可以沒有資料。低速設備的最大資料量是 8 個位元組，全速設備是 1023 個位元組。

握手封包(Handshake Packets)

握手封包只有 1 個位元組的 PID。它回應資料是否正確的被接收。若執行處理動作發生錯誤，此處理動作將重新執行。

執照封包、資料封包、握手封包都需要用 EOP(End Of Packet)結束，如果沒有 EOP 結束，該封包會被放棄。

封包格式

USB 的傳輸是由一連串的封包所組成，圖 11 是 USB 封包的基本格式。

圖 11

同步列(Synchronization Sequence)

同步列由 8 個位元組成，其值爲二進位的 00000001。而在傳輸至裝置前會經過 NRZI 編碼，依照 NRZI 編碼原理，資料 0 表示訊號要轉換，所以該值將經過 7 次反向 (0101010)，而資料 1 保持不變，所以該值經過 NRZI 編碼結果爲 01010100，如圖 12。

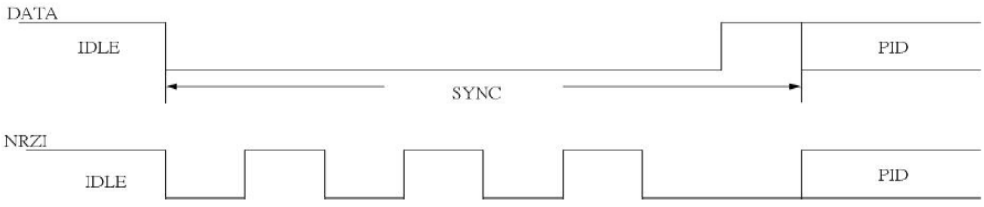

圖 12

封包辨識(Packet Identifier->PID)

PID 跟隨同步列欄位，由 8 個位元構成。主要是用來辨識每一個封包的內容和目的。前 4 個位元是 PID，後 4 個位元則是 PID 檢查，參考表 2，表 3 是封包種類。

LSB							MSB
PID0	PID1	PID2	PID3	pid0	pid1	pid2	pid3

表 2

附註:pid 是 PID 的反值

封包種類	封包名稱	PID (PID3-PID0)	描述
執照封包 Token	OUT	0001	封包內有設備位址和結點號碼，主機到設備傳輸。
	IN	1001	封包內有設備位址和結點號碼，設備到主機傳輸。
	SOF	0101	封包內有訊框號碼。
	SETUP	1101	封包內有設備位址和結點號碼，主機設置設備。

資料封包 Data	DATA0	0011	雙數資料封包。
	DATA1	1011	單數資料封包。

握手封包 Handshake	ACK	0010	接收方認可及接收資料。
	NAK	1010	接收方不能接收資料，或發送方不能發送資料。
	STALL	1110	設備結點懸置工作，或申請不被支持。

表 3

封包資訊

封包資訊可由 Address 和 Endpoint 組成，或由一般資料組成，若 PID 爲 Token 則封包資訊由 Address 和 Endpoint 組成，共 11 個位元。若 PID 爲 Data(DATA0 或 DATA1)則封包資訊由一般資料組成。而如果 PID 爲 Token 中的 SOF 則 Address 和 Endpoint 合併爲 Frame Number，11 個位元，最大可數到 7FFh，作爲主機與裝置同步之用。

每個設備有設備位址(Address)，設備的每個結點(Endpoint)有指定的結點號碼。設備結點根據封包的位址欄位和結點欄位決定是否接收封包資料。如果位址欄位或結點欄位不符，設備會放棄整個封包；未被初始化的設備結點也會放棄整個封包。

位址欄位有 7 個位元，可以有 128 個位址。IN、OUT、SETUP 封包都有位址欄位。當設備啓動或重置後，設備位址自動設定爲內定值 0，主機需要在設備列舉時分配位址給設備。

結點欄位是 4 個位元，IN、OUT、SETUP 封包都有結點欄位，所有的設備都要支持結點 0 內定控制管道。低速設備最多有 3 個管道，即內定控制管道和兩個其他的管道(可爲兩個控制管道、一個控制管道加一個中斷管道，或兩個中斷管道)。全速設備最多能支持 16 個結點號碼的 IN 和 OUT 傳輸管道。

訊框號碼(Frame Number)欄位只在 SOF 封包出現，由 11 個位元組成。主機對每一個訊框使用一個訊框號碼，每次加一。當訊框號碼達到最大值，便轉爲 0 及重新開始。

資料欄位(Data)的大小可由 0 至 1023 個位元組組成，其位元組大小由傳輸形態決定，全速設備的控制傳輸資料量是 8、16、32 或 64 位元組，低速設備是 8 位元組，表 4、表 5、表 6 和表 7 分別表示位址欄位(Address)、結點欄位(Endpoint)、訊框號碼欄位(Frame Number)和資料欄位(Data)。

LSB MSB

Addr0	Addr1	Addr2	Addr3	Addr4	Addr5	Addr6

表 4

LSB MSB

Endpoint0	Endpoint1	Endpoint2	Endpoint3

表 5

LSB MSB

F0	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10

表 6

LSB MSB

D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7

表 7

CRC(Cyclic Redundancy Check)

Token 封包使用 5 位元 CRC 檢查，資料封包使用 16 位元的 CRC 檢查，表 7 和表 8 爲 CRC5 和 CRC16 欄位。

MSB LSB

CRC4	CRC3	CRC2	CRC1	CRC0

表 8

MSB

CRC15	CRC14	CRC13	CRC12	CRC11	CRC10	CRC9	CRC8

LSB

CRC7	CRC6	CRC5	CRC4	CRC3	CRC2	CRC1	CRC0

表 9

EOP(End Of Packet)

用來表示一筆資料的結束，將 2 條差動資料線拉到低電位 2 CLK 時間，當 USB 控制器偵測到兩條差動資料線同時爲低電位且保持 2CLK 時間則表示一筆資料傳輸結束，如圖 13。

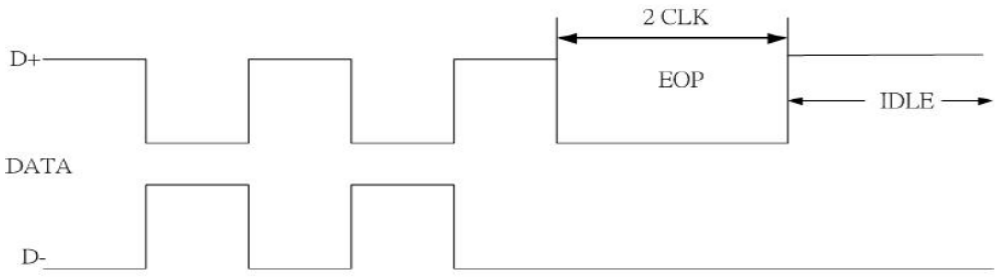

圖 13

聯絡我們

有關皇晶科技電子量測產品、應用及服務的詳細資訊，可查詢我們的網站:

http://www.acute.com.tw/

電子郵件信箱: service@acute.com.tw

皇晶科技股份有限公司

台北縣三重市 24159 重新路 5 段 609 巷 12 號 2 樓之 8 (湯城園區)
電話:+886-2-2999-3275
傳真:+886-2-2999-3276

本資料中的產品規格及說明如有修改，恕不另行通知。

版權© 2010 皇晶科技股份有限公司