

eMMC 技術應用

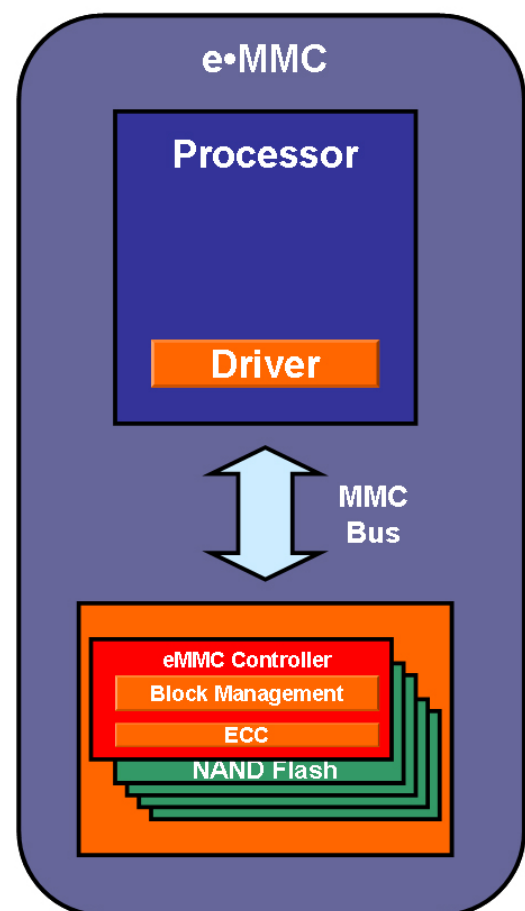
前言

eMMC (Embedded MultiMediaCard) 是嵌入式多媒體卡的縮寫，由**MMC協會 (MultiMediaCard Association)**所訂立的嵌入式記憶體標準規格，主要針對行動裝置產品為主，如手機、智慧型手機、平板電腦、筆記型電腦...等等；這些產品它們都需要輕薄的機身，因此有減少使用零組件面積的需求，**eMMC**便因此而誕生！

eMMC簡化了記憶體的設計，使用多晶片封裝(**MCP**)技術，把 **NAND Flash** 晶片和控制晶片 (**Control chip**) 封裝在一起，打成單一顆晶片，如此便可以省下零組件並增加電路板面積。

eMMC 結構

eMMC架構是由一個嵌入式儲存方案所組成，內部結構帶有**MMC**介面、**NAND Flash** 以及 **Control** 所組成，經由**BGA**封裝在一顆小型的晶片上。簡單來說，**HOST processor**只需要透過**MMC BUS**下達命令即可，不需要任何記憶體管理方面的演算法 (**ECC**、**Wear-Leveling**、**BBM**)的計算，這些都已經交給了與**NAND Flash**封裝在一起的**Control chip**，這對研發團隊來說無疑是降低研發成本的好方法。



▲ 圖一： eMMC 結構



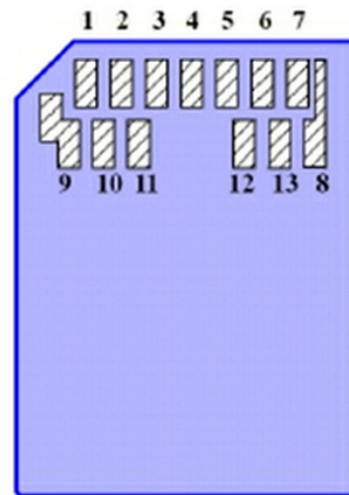
eMMC 規格

eMMC傳輸速度高達52MB/s，電壓範圍為1.8v至3.3v，具備高速且可升級的特性。制定規格上，eMMC 4.2 制訂了eMMC介面速度及容量，介面速度為52MB/s、容量規格則大於2GB。到了eMMC 4.3則新增Booting Function、Explicit Sleep Mode、Reliable Write等功能。而目前最新的eMMC 4.4 更強化雙倍記憶體介面效能 (DDR)，使原本定義的52MB/s速度提升到100MB/s以上，效能提高2倍，此外還加入了彈性分區管理概念(Multiple Partitioning)，將晶片定義為High Density及High Performance兩個部份，可將程式碼和系統資料放在High Performance區塊，如此一來便可以更有彈性的使用區塊容量，而且在eMMC 4.4 還增加了防寫的功能，提高資料安全性。

表一和圖二為MMC接腳名稱表與外觀圖。

接腳	名稱
1	Data3
2	Command
3	VSS
4	VDD
5	Clock
6	VSS(2)
7	Data0
8	Data1
9	Data3
10	Data4
11	Data5
12	Data6
13	Data7

▲ 表一：MMC接腳與名稱



▲ 圖二：MMC外觀



eMMC 的特性及優勢

- **Has these System Voltage (VDD) Ranges :**

	High Voltage MultiMediaCard	Dual Voltage MultiMediaCard
Communication	2.7 - 3.6	1.70 - 1.95, 2.7 - 3.6 (Note 1)
Memory Access	2.7 - 3.6	1.70 - 1.95, 2.7 - 3.6
NOTE 1 VDD range: 1.95V - 2.7V is not supported.		

- **Ten-wire bus (clock, 1 bit command, 8 bit data bus) and a hardware reset.**
 - Clock frequencies of 0-200MHz
 - Three different data bus width modes: 1-bit , 4-bit, and 8-bit
- **Data protection Mechanisms (Write Protection Types) :**
 - Password (密碼保護功能)
 - Permanent (永久性保護)
 - Power-On (上電保護)
 - Temporary (暫時性寫入資料保護)
- **Different types of error protected read and write modes (兩種讀寫模式) :**
 - Single Block (單塊讀寫)
 - Multiple Block (多塊讀寫)
- **Data Removal Commands (三種抹除資料命令，以Block為單位) :**
 - Erase (抹除映射裝置位址的資料)
 - Trim (是寫入Block，而非抹除區塊)
 - Sanitize (物理移除，刪除未映射使用的位址資料)
- **Enhance host and device communication techniques to improve performance**
 - Power Off Notification (斷電告知)
 - High Priority Interrupt (高優先中斷 HPI)
 - Background Operations (後台操作)
 - Partitioning (分區管理)
 - System data tagging (系統資料標記功能)
- **Introduces dual data rate transfer (DDR mode)**



eMMC 操作模式

- 所有Host與Card之間的傳輸控制都是統一由HOST來控制，而HOST發送控制命令有分為兩種廣播和位址（點對點傳輸）

廣播命令模式 Broadcast commands	顧名思義，就是HOST發送一個命令給所有的MMC卡，而某些卡則會對這命令做出回應。
位址命令模式 Addressed (point-to-point) commands	可以理解成直接命令，也就是說Host直接對某張MMC卡下一個命令，而卡針對此命令直接做反應。

- eMMC的五種操作模式：開機模式、ID辨識模式、中斷模式、資料傳輸模式、無效模式（如表二）

開機模式 Boot mode	Power ON 後，卡若收到CMD0(GO_Idle_State)並帶argument(0xF0F0F0F0)，此時Card若支援Boot mode則會進入Boot mode，否則進入identification mode。
ID 辨識模式 Card identification mode	Power ON 後，經過Boot mode完成或不支援Boot mode，Card都將會進入此模式持續等待收到Host下CMD3(Send_Relative_Address)
中斷模式 Interrupt mode	Host和Card會同時進入此模式，此模式中不會做Data Transfer，只允許Host or Card 送出 interrupt service request。
資料傳輸模式 Data transfer mode	當卡收到由Host所給予的RCA，這時卡便會進入Data transfer mode，等待讀寫動作指令。
無效模式 Inactive mode	當Card若為電壓不符規定或插入方式無效時便會進入此模式，亦可使用CMD15(GO_INACTIVE_STATE)命令使一個已標識的Card進入非活動狀態。

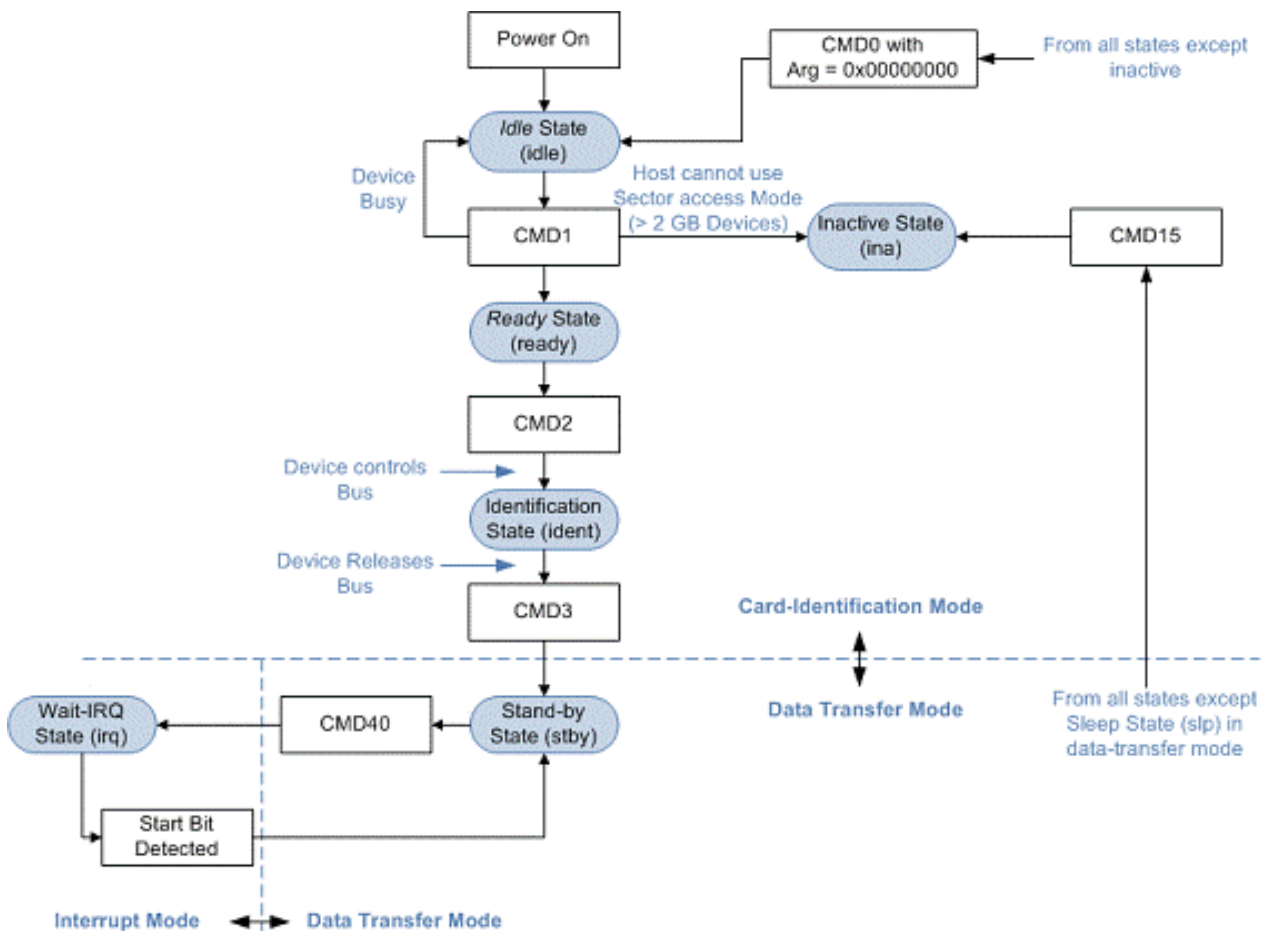
裝置狀態 (Card)	操作模式	排線模式	
Inactive State	Inactive mode	Open-drain (低電位輸出)	
Pre-Idle State	Boot mode		
Pre-Boot State			
Idle State	Device identification mode		
Ready State			
Identification State			
Stand-by State	Data Transfer mode	Push-pull (高電位輸出)	
Sleep State			
Transfer State			
Bus-Test State			
Sending-data State			
Receive-data State			
Programming State			
Disconnect State			
Boot State			Boot mode
Wait-IRQ State			Interrupt mode	Open-drain

▲ 表二：操作模式與裝置狀態對照表

- 目前eMMC 4.5 Specification 定義了4種速度模式，如表三所示

模式名稱 Mode Name	數據傳輸模式 Data Rate	電壓 I/O Voltage	資料寬度 Bus Width(bit)	時脈頻率 CLK Frequency	最大資料傳輸量 Max Data Transfer (implies x8 Bus width)
Backwards Compatibility with legacy MMC card	Single	3/1.8/1.2V	1, 4, 8	0-26MHz	26MB/s
High speed SDR	Single	3/1.8/1.2V	4, 8	0-52MHz	52MB/s
High Speed DDR	Dual	3/1.8/1.2V	4, 8	0-52MHz	104MB/s
HS200	Single	1.8/1.2V	4, 8	0-200MHz	200MB/s

▲ 表三：4種速度模式



▲ 圖三： eMMC卡上電後狀態流程 (Identification mode)

一般 eMMC 上電後，若沒進入 **Boot mode** 則會立即進入 **Identification flow**，此時 **Host (Card Reader or Processor)** 會立即下達 **CMD1 (Command 1)** 給 **Device (Card)**，詢問閒置的裝置其工作條件為何，此時 **Device** 會回給 **Host** 兩種狀態 **Busy** or **Ready**，若 **Device** 回應 **Busy** 則 **Host** 會一直不停的下 **CMD1** 直到 **Device** 回應 **Ready** 並回應其 **CMD1** 所請求的資料，之後便是連續兩道命令 **CMD2** 與 **CMD3**，**CMD2** 請求 **CID number**，**CMD3** 為 **Host** 給予 **Device** **RCA** 位子，至此 **Device** 便完成了與 **Host** 基本註冊可以開始進行資料傳輸。

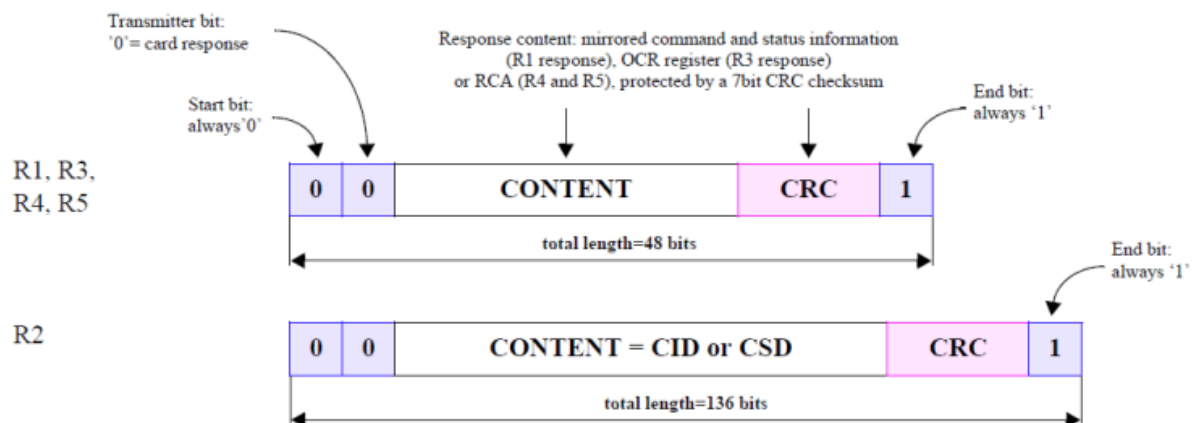
此時 **Device** 進入 **Data Transfer Mode** 狀態為 **Stand-by**，等待 **Host** 下達任何資料傳輸或特殊命令。



eMMC 封包與響應

- 封包(Packet)：eMMC協定中共有五種數據封包，分別是『Command』、『Response』、『Block』、『CRC Status』和『Busy』，詳述如下：
 - **Command**：一律由Host下達，並可帶參數的命令。
 - **Response**：Device對Host發出Command所做的響應，內部參數表示該Device現階段的狀態為何。
 - **Block**：eMMC的傳輸協定中的基本單位，所有數據資料都會封裝在Block裡傳輸。
 - **CRC Status**：此數據封包通常在寫入Block後出現，用來通知Host寫入Block的結果。
 - **Busy**：此數據資料通常在寫入Block後出現，用來通知Host該Device目前處於忙碌狀態，無法寫入下一個Block。

- 響應(Responses)：所有響應均是Device接受到Host命令之後所發送的，而響應內容的長短取決於響應的種類。基本的響應結構為Start bit - Transmission bit - Content bits - CRC bits - End bit，如圖三所示。eMMC協定中共有5種響應種類，分別是R1、R2、R3、R4與R5，詳細內容如下：



▲ 圖四：基本響應封包結構

- **R1 (normal response command):**

總長 **48 bit**，[45:40]代表回應的**CMD**數值，[39:8]則是表示**Device**現在的狀態。R1還有另一個格式為**R1b**，結構與R1相同，不過增加了可選擇的**BUSY**信號。

Bit position	47	46	[45:40]	[39:8]	7	0
Width (bits)	1	1	6	32	x	1
Value	"0"	"0"	x	x	CRC7	"1"
Description	Start bit	Transmission bit	Command index	Device status	CRC7	End bit

- **R2 (CID, CSD register):**

總長 **136 bit**，主要是響應回報**CID**與**CSD**暫存器的內容，**CID register**分別對應**CMD2**與**CMD10**，而**CSD register**則是對應**CMD9**。

Bit position	135	134	[133:128]	[127:1]	0
Width (bits)	1	1	6	127	1
Value	"0"	"0"	111111	x	"1"
Description	Start bit	Transmission bit	Check bits	CID or CSD register incl. internal CRC7	End bit

- **R3 (OCR register):**

總長 **48 bit**，主要響應回報**ORC**暫存器的內容，只有當**Host**下**CMD1**時，**Device**響應的格式內容就是**R3**。

Bit position	47	46	[45:40]	[39:8]	[7:1]	0
Width (bits)	1	1	6	32	7	1
Value	"0"	"0"	"111111"	x	"1111111"	"1"
Description	Start bit	Transmission bit	Check bits	OCR register	Check bits	End bit

- **R4 (Fast I/O):**

總長 **48 bit**，主要用於要寫入和讀出某個暫存器**8bit**的區段資料，只有當**Host**下**CMD39**，**Device**響應的格式內容就是**R4**。

Bit position	47	46	[45:40]	[39:8] Argument field				[7:1]	0
Width (bits)	1	1	6	16	1	7	8	7	1
Value	"0"	"0"	"100111"	x	x	x	x	x	"1"
Description	Start bit	Transmission bit	CMD39	RCA [31:16]	Status [15]	Register address [14:8]	Read register contents [7:0]	CRC 7	End bit

- **R5 (Interrupt request):**

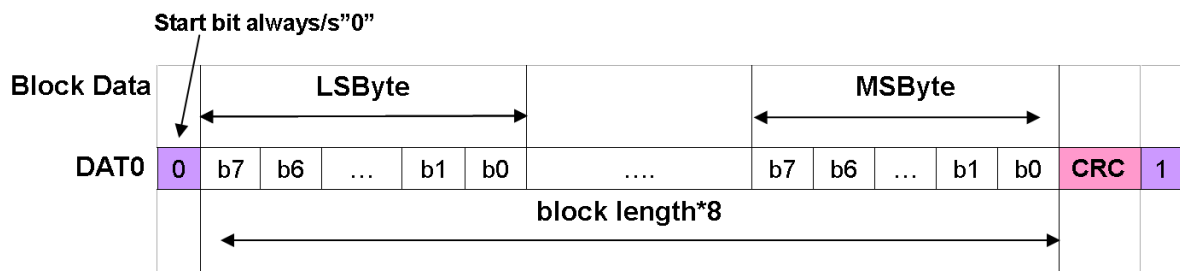
總長 **48 bit**，此響應為中斷請求的響應格式，只有當**Host**下達**CMD40**命令某張卡必須進入中斷模式時，**Device**若確實收到並回應此**R5**響應，則代表此卡進入中斷，並且**RCA**被設置為**0x0**。

Bit position	47	46	[45:40]	[39:8] Argument field			[7:1]	0
Width (bits)	1	1	6	16	16	7	1	
Value	"0"	"0"	"101000"	x	x	x	"1"	
Description	Start bit	Transmission bit	CMD40	RCA [31:16] of winning Device or of the host	[15:0] Not defined. May be used for IRQ data	CRC 7	End bit	

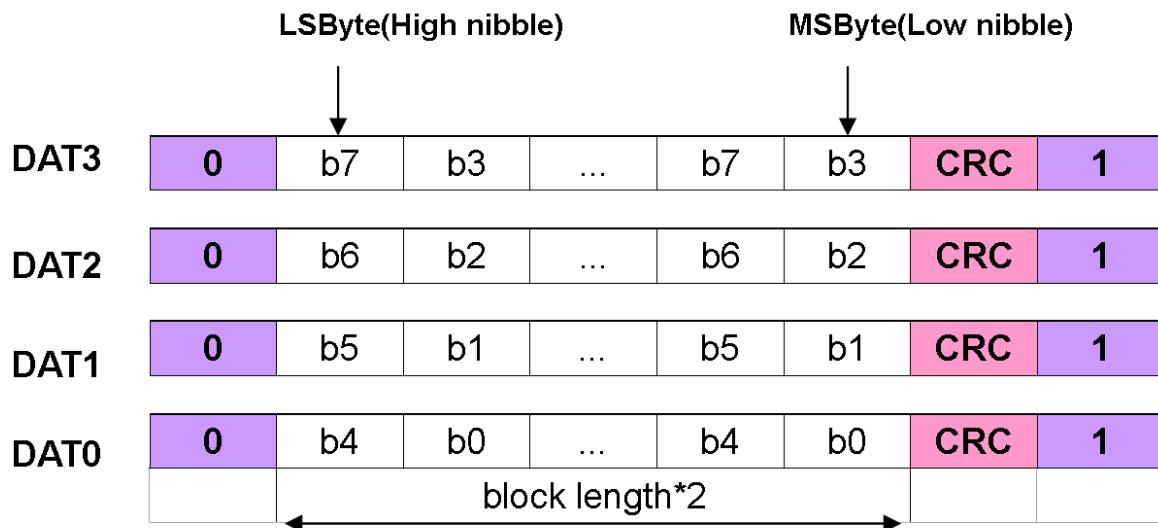
eMMC 傳輸模式

分別是1位元Bus上升緣取樣(1 bit SDR)、4位元Bus上升緣取樣(4 bits SDR)、8位元Bus上升緣取樣(8 bits SDR)、4位元Bus DDR與8位元Bus DDR，這五種均是用Block為單位作數據傳輸，五種傳輸模式示意圖如下：

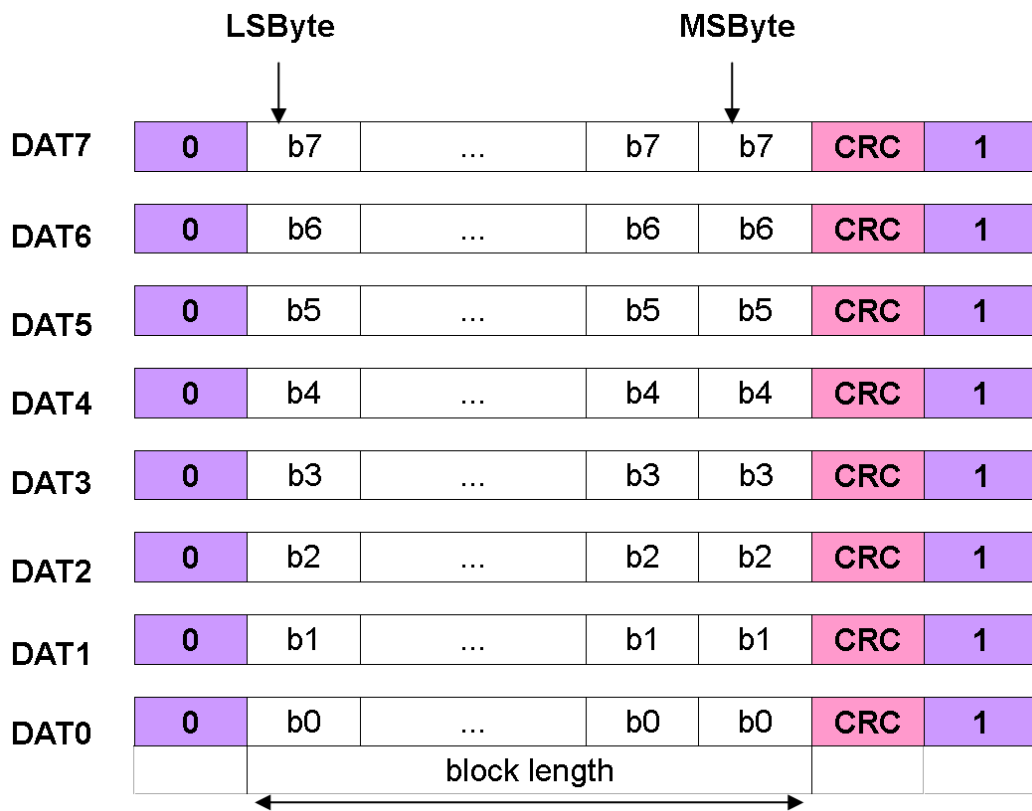
- **1 bit Bus SDR (Single Data Rate):** 上升緣取樣只需使用一個資料信號腳(Data 0)即可



- **4 bit Bus SDR:** 上升緣取樣
需使用四個資料信號腳(Data 0 ~ Data 3)

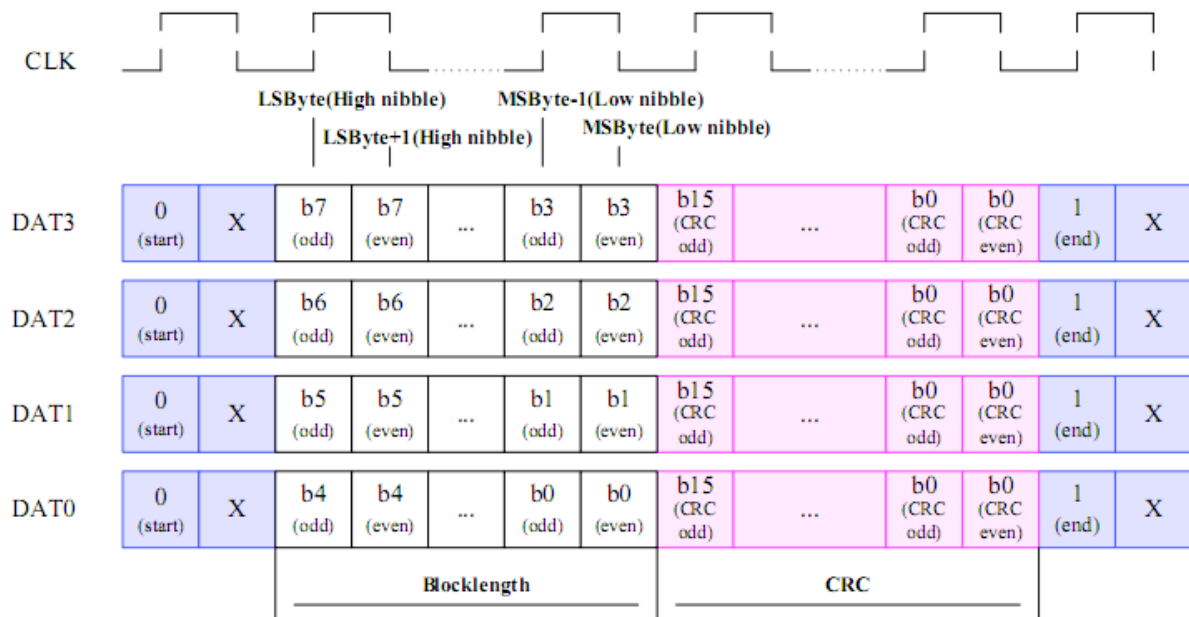


- **8 bit Bus SDR : 上升緣取樣**
需使用八個資料信號腳 (**Data 0 ~ Data 7**)



- **4 bit Bus DDR (Double Data Rate) :**

Block和**CRC**在**CLK**的上升緣與下降緣被取樣，而起始位和結束位元只有在上升緣被取樣

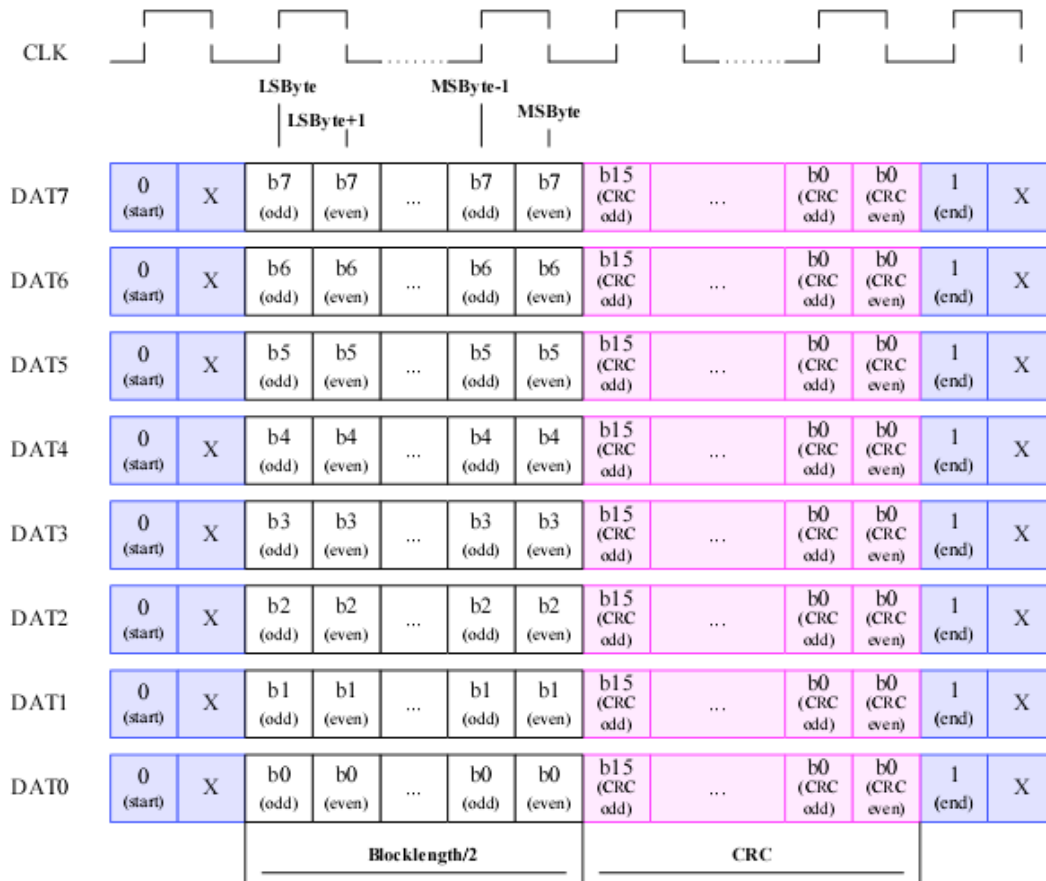


DDR的取樣方式如下圖所示，它會依照CLK的上下升緣作資料的擷取，進而達到雙倍的資料傳輸，這邊要注意，只有一開始與結束bit是上升緣擷取，Data以及CRC的資料皆是上下緣擷取。

CLK	↑	↓	↑	↓	↑	↓	.....	↑	↓	↑	↓	.....	↑	↓	↑	↓
DTA3	0	X	b7	b7	b3	b3	.....	b15	b15	b14	b14	.....	b0	b0	1	X
DTA2	0	X	b6	b6	b2	b2	.....	b15	b15	b14	b14	.....	b0	b0	1	X
DTA1	0	X	b5	b5	b1	b1	.....	b15	b15	b14	b14	.....	b0	b0	1	X
DTA0	0	X	b4	b4	b0	b0	.....	b15	b15	b14	b14	.....	b0	b0	1	X
	起始位	無效	奇字節	偶字節	奇字節	偶字節	.....	奇字節	偶字節	奇字節	偶字節	.....	奇字節	偶字節	結束位	無效
	S	DTAA						CRC						E		

• **8 bit Bus DDR (Double Data Rate):**

使用八個資料信號腳(Data 0 ~ Data 7)，資料傳輸模式如同4 bit Bus DDR





eMMC 實際量測與信號追蹤

孕龍科技邏輯分析儀所研發的eMMC匯流排分析模組可協助工程師測量eMMC訊號封包，您只須將邏輯分析儀測試線接上eMMC轉版即可進行信號量測，搭配人性化軟體介面可快速解析追蹤任何 eMMC Command、Response 以及Data訊號資料，幫助工程師加快研發專案速度。



▲ 圖五：讀卡機與eMMC轉板並接上測試線，透過邏輯分析儀進行量測。

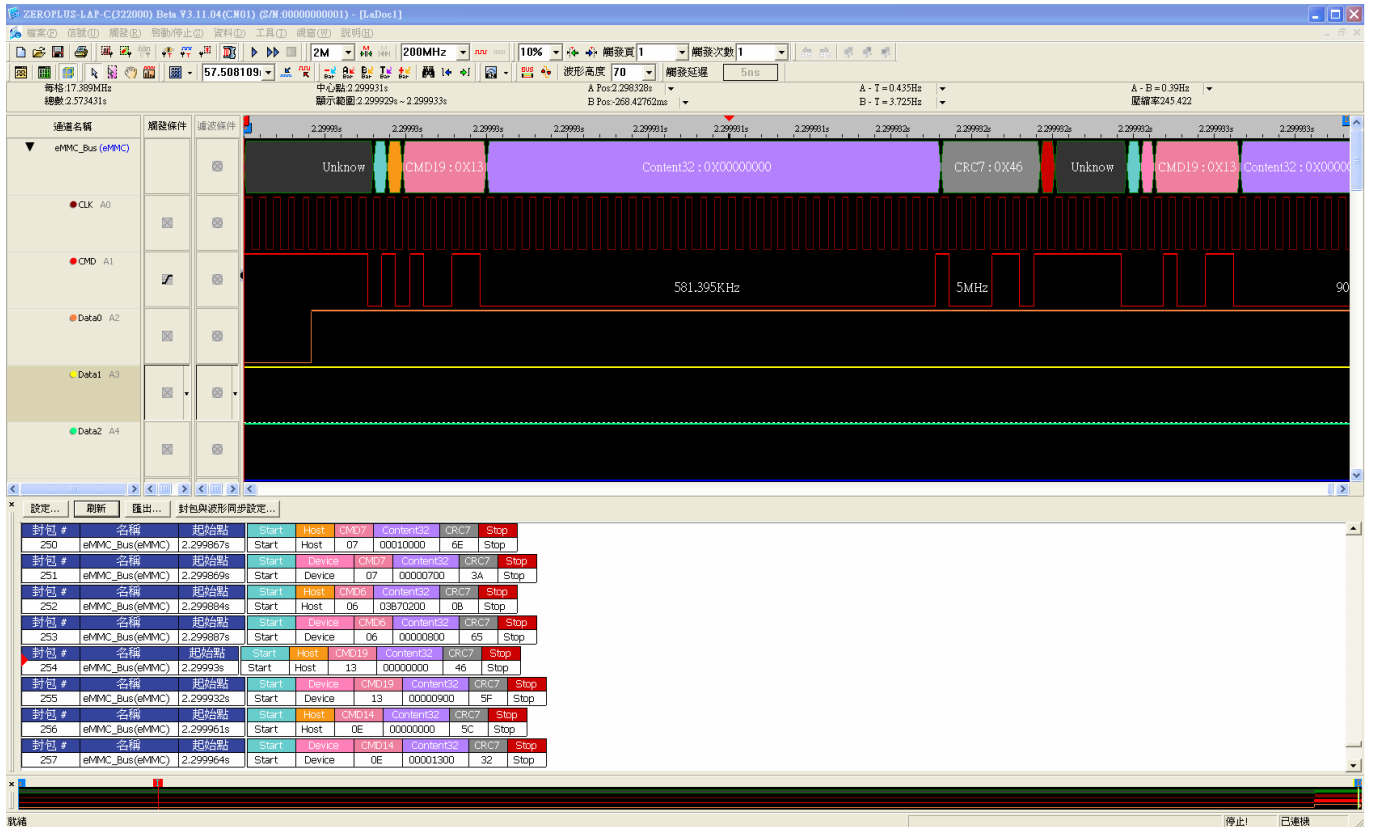
依照表四MMC卡接腳名稱，將Command、Clock、Data0~Data7分別接至孕龍邏輯分析儀的A0、A1、A2、A3、A4、A5、A6、A7、B0、B1，如圖六所示。

接腳	名稱
1	Data3
2	Command
3	VSS
4	VDD
5	Clock
6	VSS(2)
7	Data0
8	Data1
9	Data3
10	Data4
11	Data5
12	Data6
13	Data7

▲ 表四



▲ 圖六



▲ 圖七：使用孕龍科技邏輯分析儀量測 eMMC CMD



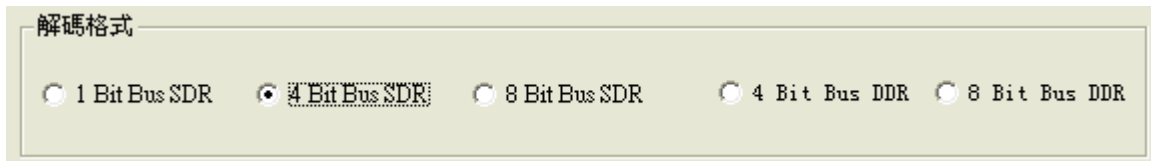
eMMC 匯流排分析模組介紹

孕龍科技邏輯分析儀 eMMC 匯流排分析模組可支援分析 eMMC 匯流排中的 **Command** 及 **Data** 部分，使用者僅需在匯流排設定視窗中進行設定即可使用，整個設定可以分成四個區塊，分別為解碼格式、通道、解碼與匯流排協定顏色設定，設定畫面如圖九所示。

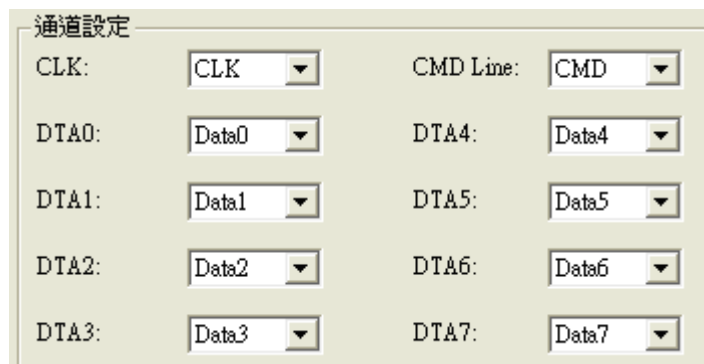


▲ 圖九：孕龍科技邏輯分析儀 eMMC 匯流排分析模組設定視窗

- 解碼格式：選擇eMMC的資料傳輸模式，這關乎邏輯分析儀在解碼資料時是否正確。



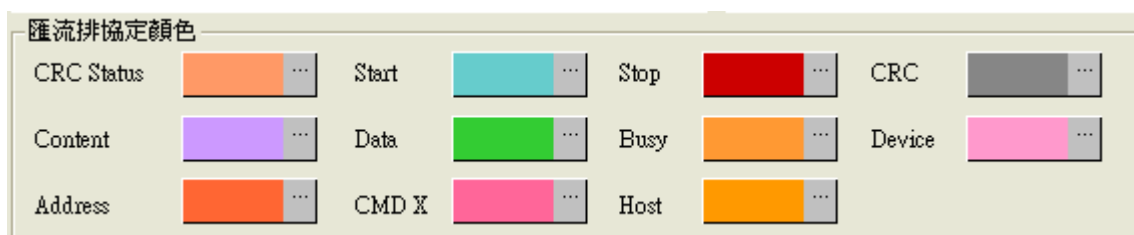
- 通道設定：可設定分析eMMC 時與邏輯分析儀連接的通道方向，務必連接正確。



- 解碼設定：這邊可以設定Bus為CMD線解碼還是Data線解碼，在Data解碼部份記得要設定一個Block長度為多少的Byte(Rang : 2 ~ 16k Byte)



- 匯流排協定顏色設定：可設定匯流排中各種封包顏色設定，方便使用者視狀況調整顏色。



使用者若需同時分析**Command**及**Data**狀況，則可透過孕龍邏輯分析儀軟體設定兩組匯流排解碼，一為分析**Command**另一則分析**Data**。

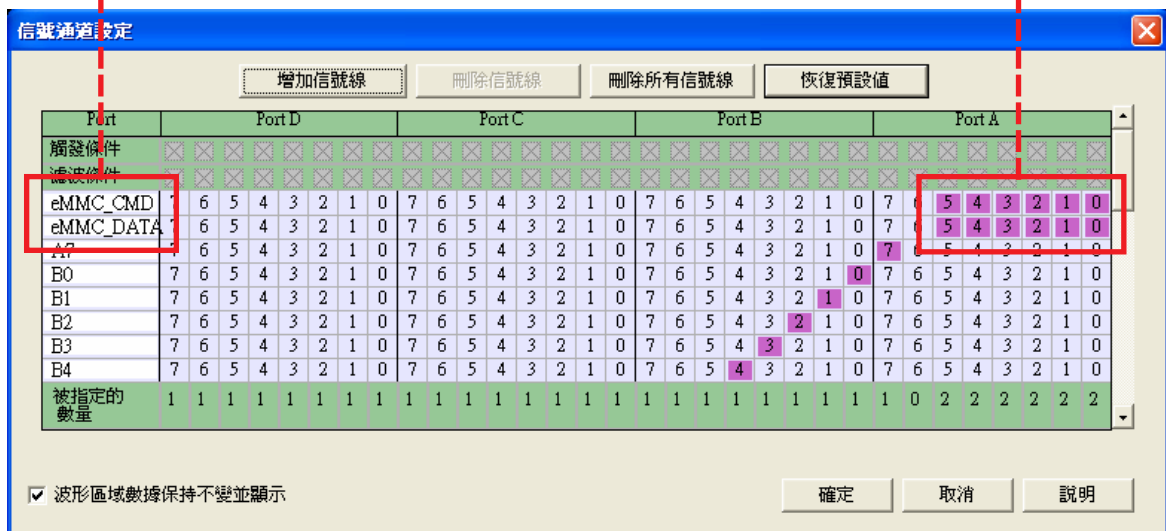
設定步驟：

步驟1. 先至軟體功能表中點選”信號”再選擇”信號通道設定”。

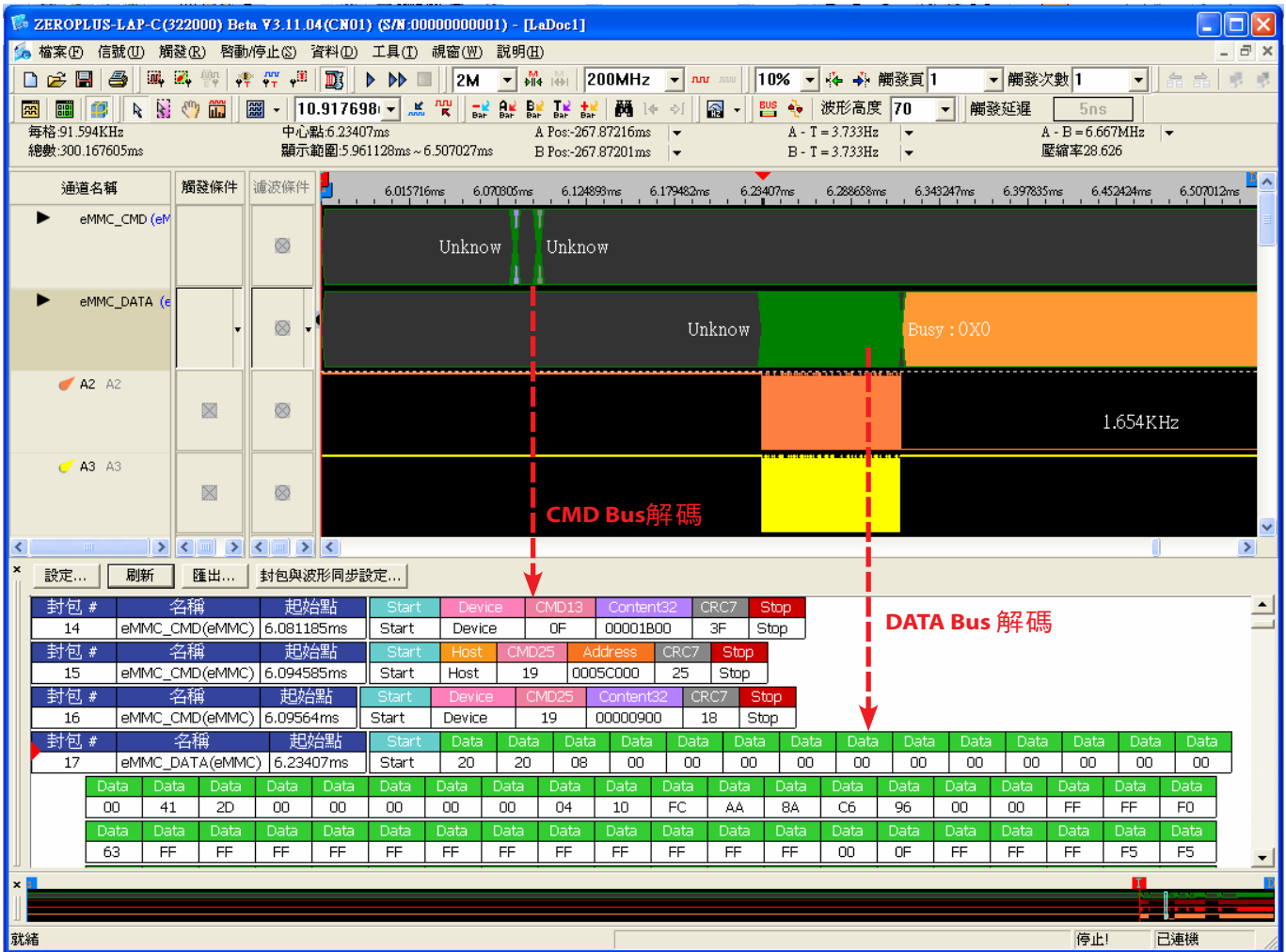
步驟2. 開啟訊號通道設定視窗後將分別點選兩個通道的**A0**、**A1**、**A2**、**A3**、**A4**、**A5**，設定完成如圖十及圖十一所示。

可直接在此設定匯流排名稱

直接用滑鼠點擊訊號腳



▲ 圖十：設定信號通道



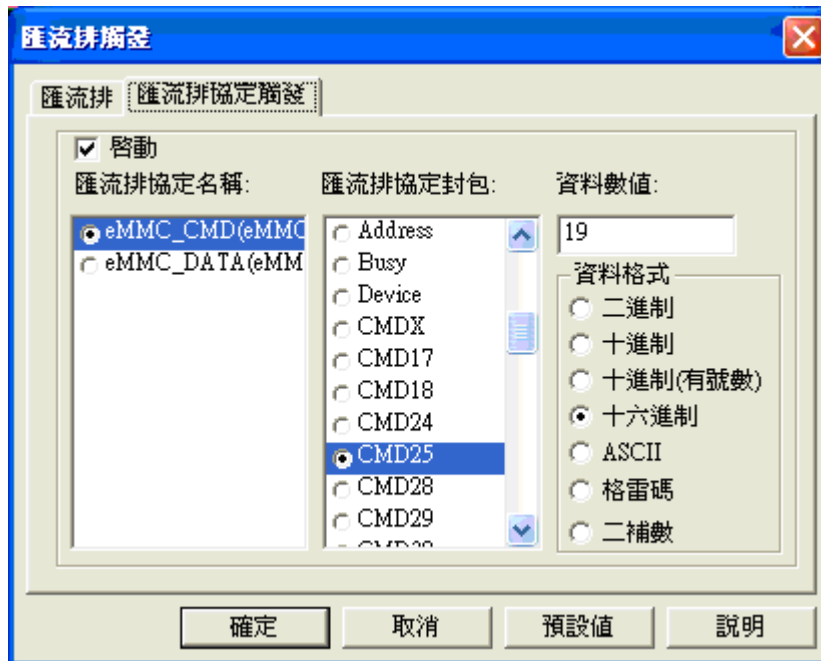
▲ 圖十一: 設定同時分析Command及Data



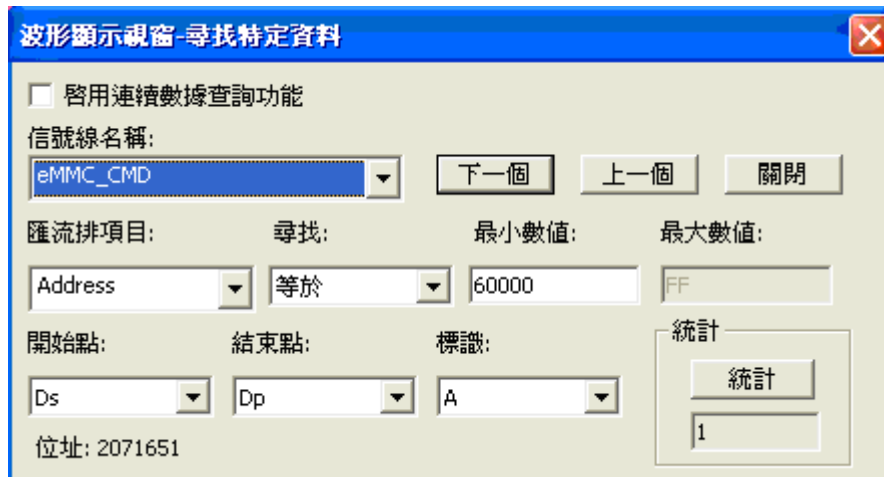
實際應用案例 CMD Tracing and Debug Program

在某個eMMC開發專案裡，假若工程師已經把Code完整寫好也通過程式的Compile，基本的讀寫測試也OK，但在特定位子讀寫資料時卻發生資料有誤的問題，那麼除了使用輔助軟體(Hex Editor or Ultra Edit...)觀察錯誤資料外，還有什麼更好的辦法進行資料偵錯呢？這時如果您有使用孕龍的邏輯分析儀，就可以直接操作使用，追蹤某一CMD、Address或Data，任何你想追蹤的封包資料都可進行擷取，直接幫你快速進行Debug。下圖為透過追蹤特定的CMD進而找出資料有誤的bug。

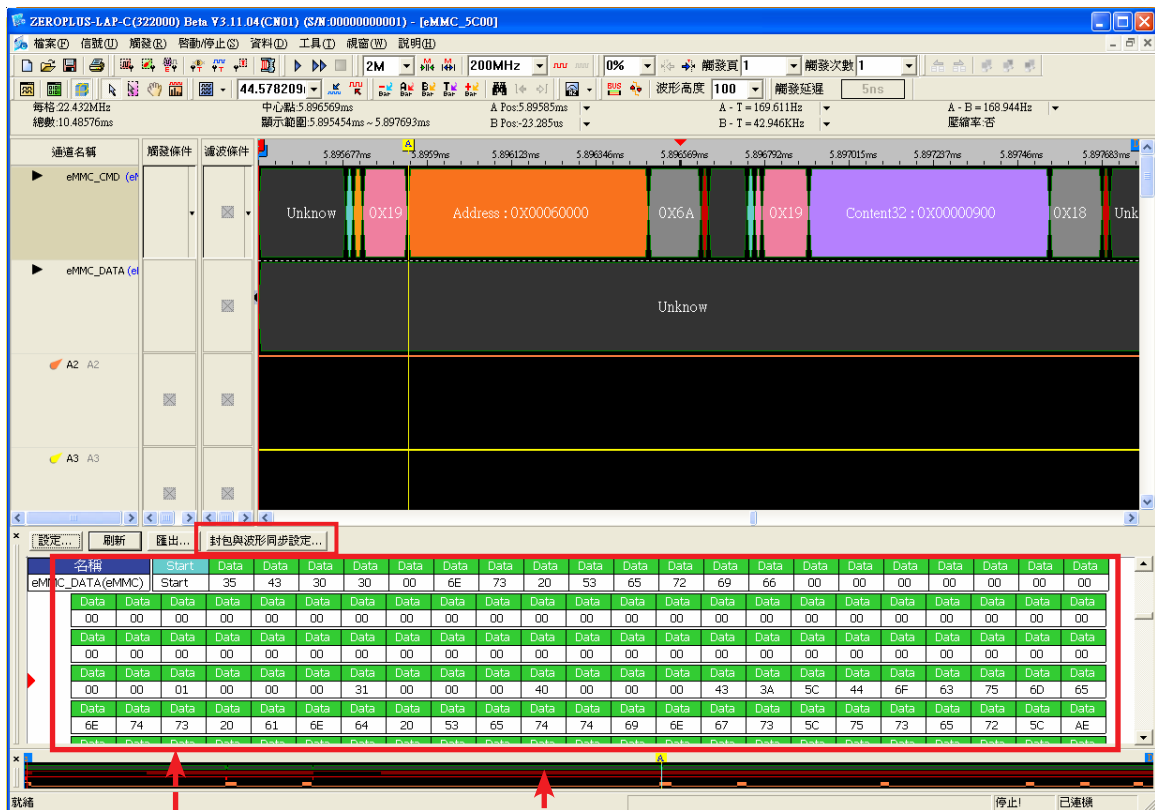
步驟1. 追蹤CMD25 (WRITE_MULTIPLE_BLOCK)，擷取寫入的資料。



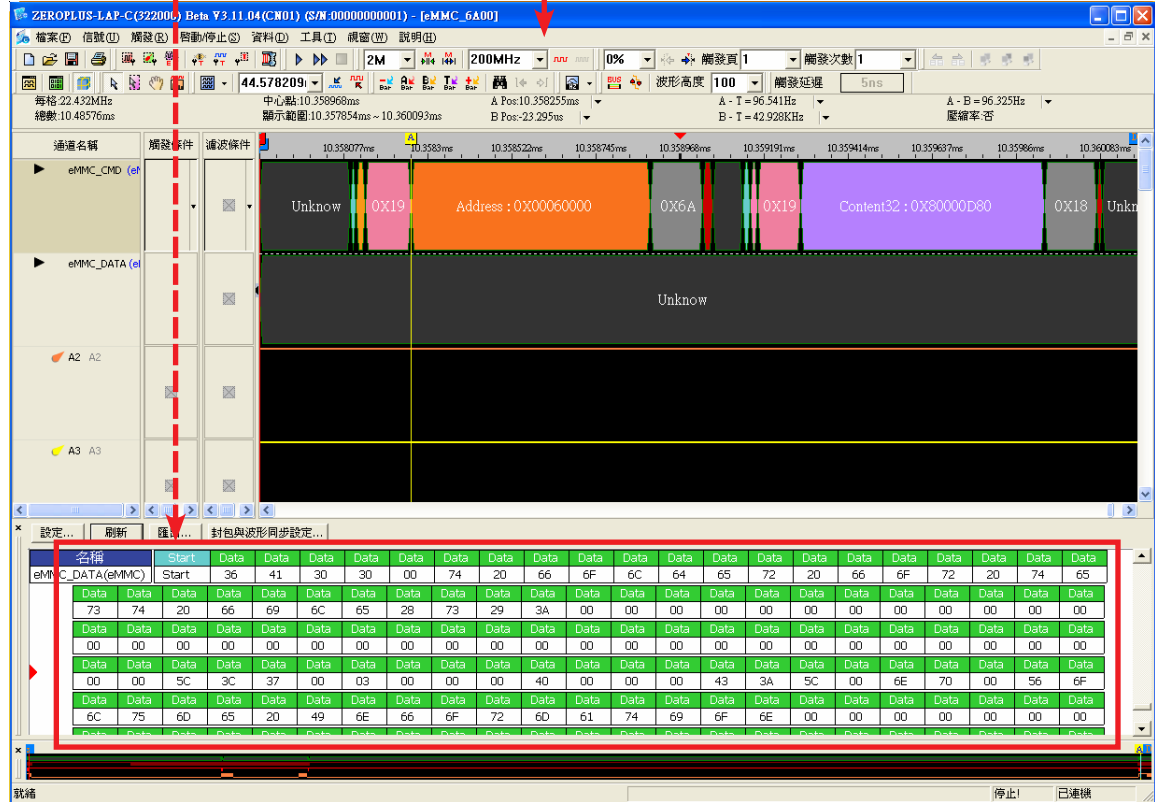
步驟2. 找尋特定位址 Address 0x60000，以便觀看後面資料寫入狀態。



步驟3. 使用封包列表顯示再搭配封包與波形同步功能，可直接快速幫你做同步顯示分析，直接分析兩筆同位址，但寫入資料卻完全不同的結果。



差異處 好壞資料直接作比較



▲ 圖十二: 找出寫入資料的不同

 **總 結**

近年由於智慧型手機、平板電腦與筆記型電腦的興起，直接反應在傳統的多晶片封裝(MCP)與eMMC需求大量增加，各研發團隊除了對CPU效能有更高的要求之外，對於內建式的NAND Flash 儲存容量需求也相對提高不少。自2007年發表第一代iPhone造成全球狂銷熱賣帶動下，更多手機開發商加入開發內建式儲存的智慧型手機設計，而最新的iPhone 4更是直接捨棄傳統式MCP模組直接採用最新eMMC! eMMC後勢必將持續看漲。

孕龍科技的PC-Based邏輯分析儀已經擁有近百種匯流排解碼模組，可以幫助研發工程師在分析匯流排訊號時，可直接透過軟體將收進來的訊號自動解碼，方便工程師快速進行訊號分析驗證，促進系統最佳化，並加速專案進度流程，讓產品及早問世，工程師不必再面對示波器慢慢的手動解碼，孕龍的邏輯分析儀將是您分析訊號的最佳伙伴。

關於更多匯流排介紹請至孕龍科技官網網站www.zeroplus.com.tw，或者，您可以至孕龍官網註冊成為我們的會員，就會不定期收到更多的技術分析報導，讓您輕鬆掌握最新技術資訊。

儀器事業處/客服工程課 蔡耀緯