

VT01 Console and LCD 介面 (真實的四色或虛擬的十六色)

內容目錄

內 容	頁 數
0. 修正歷史	1
1. IC 特徵和一般功能描述	2
2. IC 腳位構造	3-4
3. 方塊圖	5
4. 腳位功能描述	6
5. 功能描述	7
6. 背景的圖形塊和內部的圖像動態隨機存儲器 (VRAM)	8-10
7. 調色板	10
8. 寄存器接口描述	11-19
圖像單元的寄存器的接口	11-13
聲音控制寄存器的接口	13-14
參數的描述	14-15
雜項功能的寄存器的接口	16-17
9. 時序波形	18-20
10. CPU 指令對照表	21-26

修正歷史:

Ver.	內容
A1	Original Version
A2	修正CPU指令

VT01 Console and LCD 介面 (真實的四色或虛擬的十六色)

IC 特徵

系統

- CPU: 6502
- 內部的程序動態隨機存儲器(PRAM): 2KBytes
- 內部的圖像動態隨機存儲器(VRAM): 2Kbytes
- DMA (背景)
- 多樣的 IRQ 控制
- 可程序的計時器
- T.V. 訊號輸出 (NTSC, PAL)

周邊的應用

- 內建一組一般功能搖桿.
- STN 和 TFT LCD 介面內建.

圖形產生器

- 分辨率:
 - TV: 256x240 點
 - STN LCD:R/C check board 16colors 120x2x240.
 - STN LCD:B/W 4 gray level 240x240.
 - TFT LCD: 64 colors 160x3x240.
- 一幅畫面只允許 64 個卡通塊
- 背景顏色可以是 4 色 (4 color sets).
- 卡通塊於 4 色 (4 color sets), 有 8X8, 8X16 點陣大小 (character size).
- 調色板有 28 色.

聲音產生器

- 1 節拍通道.
- 2 低頻通道.
- 1 噪聲通道.

一般功能描述

VT01 包括 CPU, 圖像的單元, 聲音單元, 2 個 2K Bytes SRAM 及一些 I/O 控制裝置. VT02 可以分為兩個系統, 一個用於程序的, 另一個用於影像的處理.

CPU 是整個程式系統的主要角色. 它可以存取 PRAM 和 PROM 的資料. PROM 被儲存程序命令, 程序指引和一些聲音資料. 而 VT01 內部的 2K bytes 程序動態隨機存儲器 (PRAM) 是第零頁 RAM, 堆棧區 及一些 CPU 的記憶體. 程式系統控制學習機的執行, 包括圖案, 語音, 及字幕. 也就是說 CPU 將控制視頻系統顯示指定的圖案.

圖像單元是影像系統的主要角色. 它能夠存取影像的動態隨機

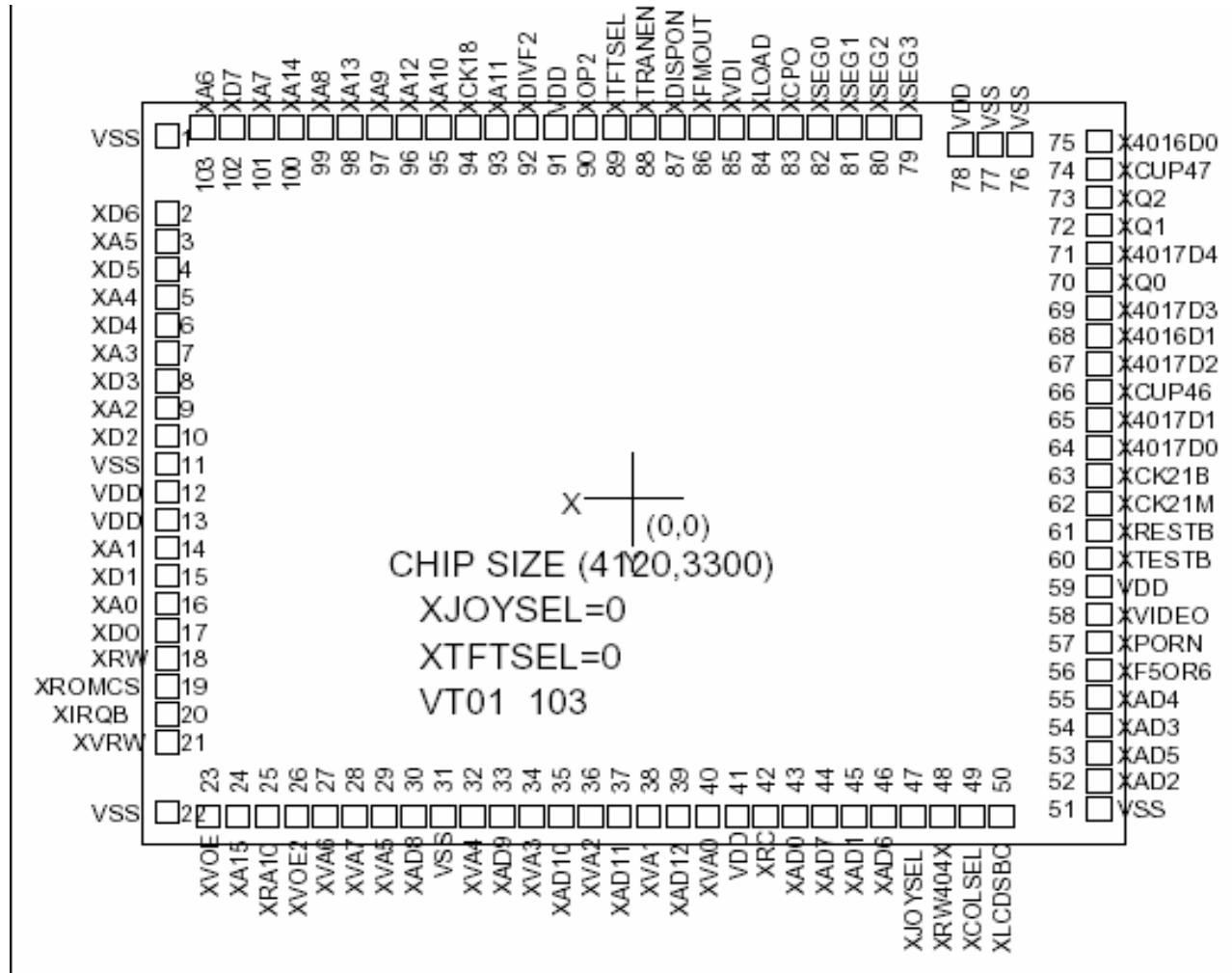
存儲器 (VRAM) 和圖形塊 (character) ROM 自動地顯示一些圖案. 除了內部的 PRAM 之外, VT01 內部有另外的 2K Bytes VRAM, 影像的動態隨機存儲器 (VRAM) 存儲許多指到圖形塊 (Character) ROM 圖形的圖形序號. VRAM 儲存圖形序號, 它可以在屏幕上作 2 頁的顯示. 圖形塊 (Character) ROM 儲存許多圖形.

解碼器的功能在擴充存儲器的位置. 一般而言, 沒有解碼器, 學習機系統只能處理 32K bytes (位元組) 的程序存儲器 (PROM) 和 8K bytes (位元組) 的字符存儲器 (character ROM). 解碼器可以協助學習機系統處理 2M bytes (位元組) 的程序, 甚至比這個容量還大.

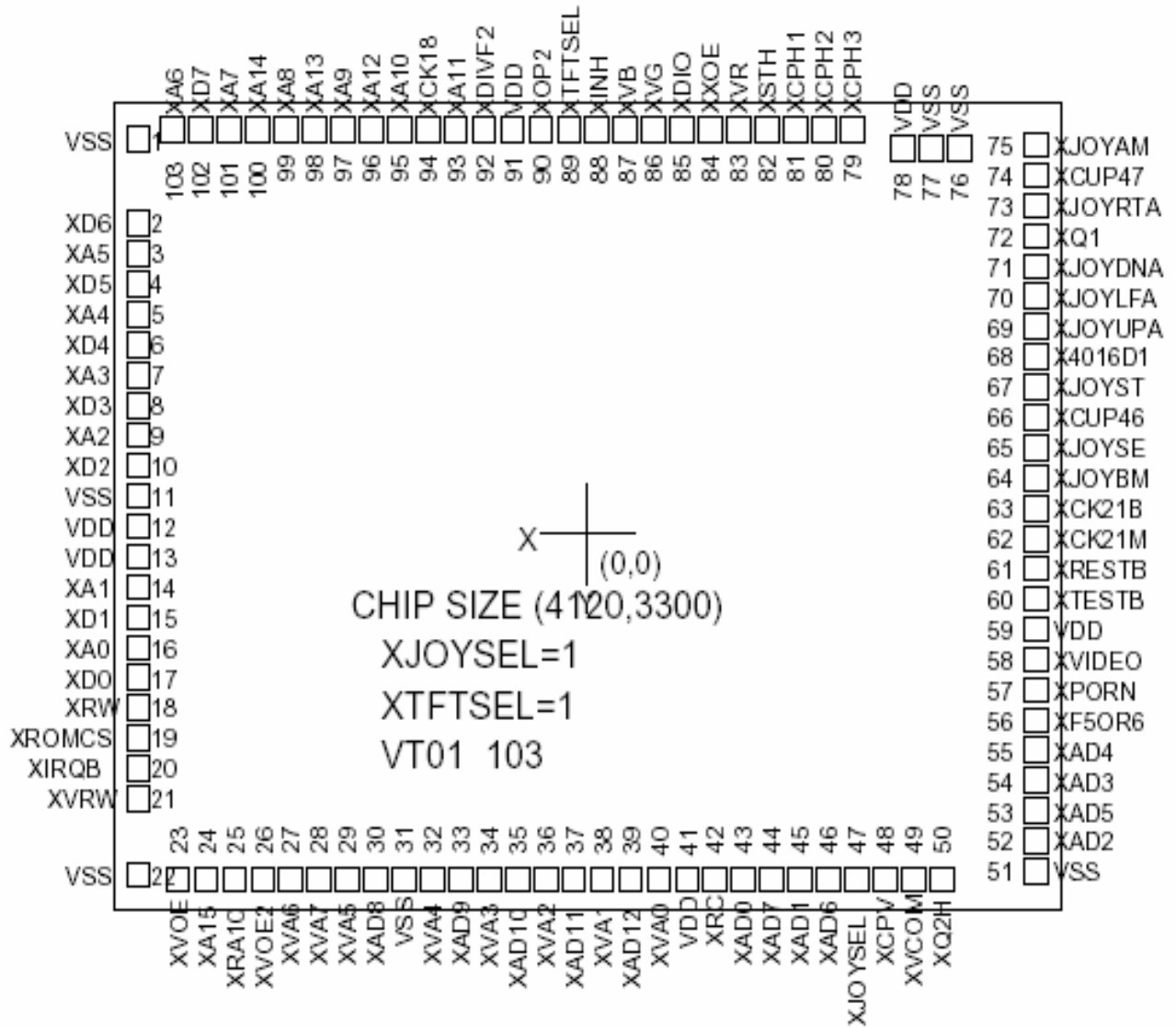
IC 腳位結構

(Chip size(X,Y):4120x3300 um²)

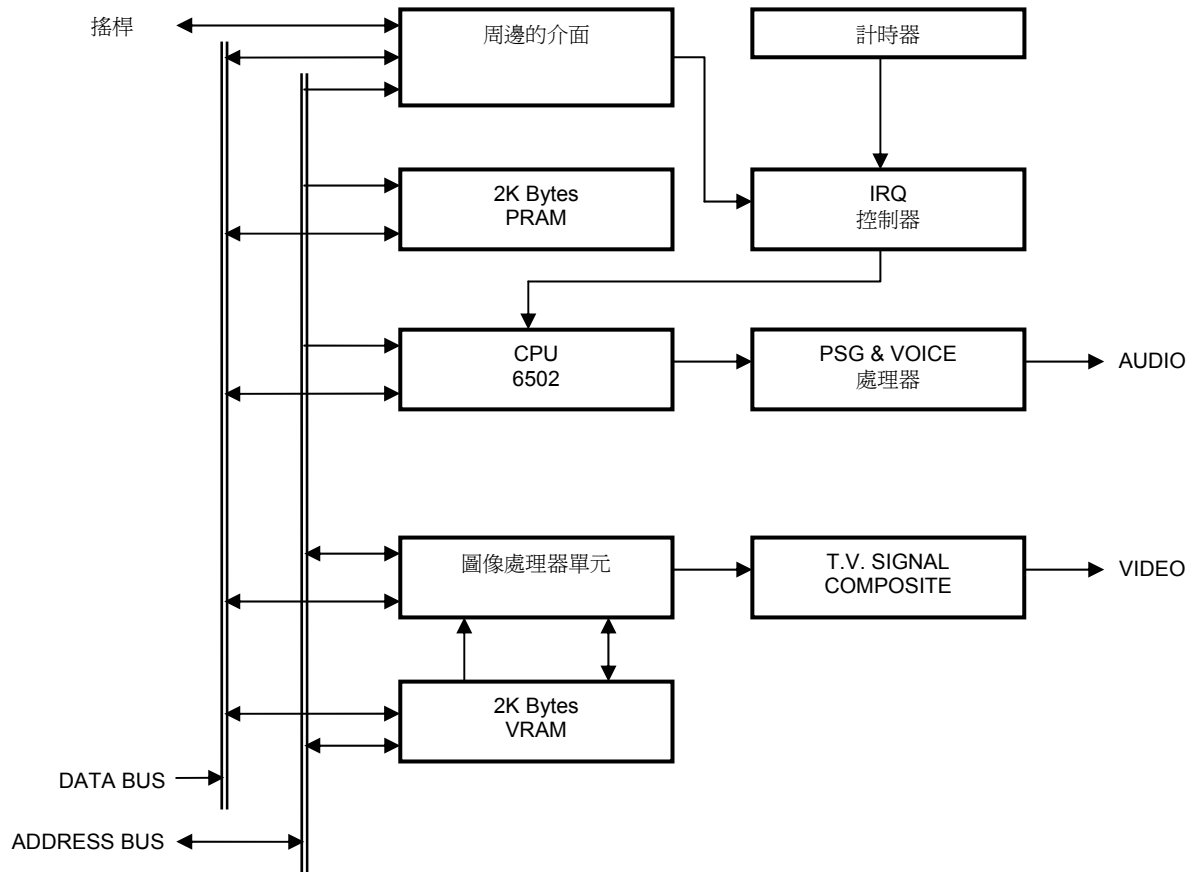
XJOYSEL=0 AND XTFTSEL=0



XJOYSEL=1 AND XTFTSEL=1



方塊圖



IC腳位描述

符號	型式	描述
XA[15:0]	O	CPU 地址匯流排.
XD[7:0]	I/O	CPU 數據匯流排.
XCK18	O	CPU 的時鐘脈衝為 1.8MHz
XRW	O	CPU讀/寫信號輸出端.
XROMCS	O	可讀存儲器程序片選信號.
XIRQB	I	CPU 中斷輸入信號. (PH)
XVRW	O	視頻 讀/寫信號輸出端.
XVOE	O	視頻資料輸出致能.
XRA10	I	內部的視頻 RAM 位址位元10.
XRC	O	外部的可讀存儲器程序片選擇器, 低電平有效.
XAD[12:8],VA[7:0]	O	視頻地址匯流排.
XAD[7:0]	I/O	視頻數據匯流排.
XTSTB	I	生產廠家測試用. (PH)
XRESTB	I	復位信號輸入端,低電平有效. (PH)
XCK21M	I	晶體振盪器時鐘信號輸入端.
XCK21B	O	晶體振盪器時鐘信號輸出端.
X4016 [1:0]	I	I/O 介面,輸入端. (PH)
X4017 [4:0]	I	I/O 介面,輸入端. (PH)
XQ[2:0]	O	I/O 介面,輸出端. (XQ2,XQ0:PH)
XVOE2	O	Power On 信號, 默認 High : Low if \$2001(D6)=1 或不碰任何鍵超過5分鐘.
XVIDEO	O	合成視頻信號輸出端.
XOP2	O	音頻信號輸出端.
XTRANEN	I	STN LCD 反射式(0) 或 穿透式(1).
XDISPON	O	LCD 致能腳位. XDISPON=1 -> LCD 致能.
XJOYAM , XJOYBM	I	I/O 介面.(PH)
XJOYSE , XJOYST	I	I/O 介面.(PH)
XJOYLFA , XJOYRTA	I	I/O 介面.(PH)
XJOYUPA , XJOYDNA	I	I/O 介面.(PH)
XFMOUT	O	STN LCD driver的M信號.
XVDI	O	STN LCD driver的第一條線的信號.
XLOAD	O	STN LCD driver的 Line clock.
XCPO	O	STN LCD driver的Dot clock.
XSEG [3:0]	O	STN LCD 的Segmen 數據.
XTFTSEL	I	TFT LCD 選擇器. 當 XTFTSEL=1 選到 TFT.
XJOYSEL	I	內部的搖桿致能, 當 XJOYSEL=1. (PH)
XINH	O	Toggle enable for source driver of TFT LCD driver.
XVR	O	R signal of RGB output for TFT LCD Driver.
XVG	O	G signal of RGB output for TFT LCD Driver.
XVB	O	B signal of RGB output for TFT LCD Driver.
XDIO	O	Vertical start pulse of TFT LCD Driver.
XXOE	O	Output enable for gate driver of TFT LCD Driver.
XSTH	O	Start pulse for source driver of TFT LCD Driver.
XCP[3:1]	O	Sampling and shift clock for source driver of TFT LCD Driver.
XQ2H	O	Video input rotation control of TFT LCD Driver.
XVCOM	O	Common electrode voltage control of TFT LCD Driver.
XCPV	O	Clock input for gate driver of TFT LCD Driver.
XRW404X		R/W port 404X. Low active.
XLCDSEL		BW of RC check board selector for STN panel. 0: BW, 1: RC.
XCOLSEL		Color compitable for RC check board new color for STN panel. 1: Not compatible , 0: Compatible.
XDIVF2,XPORN,XF5OR6	O	TV system selector. ALL 0: NTSC ; ALL 1: PAL (PH)

Note1: (I) Input pin ; (O) Output pin ; (I/O) Input/Output pin ; (PH) Pull high resistor 20K~50K inside.

IC 功能的描述

Console chip 包括 CPU, 視頻, 音頻功能和 I/O.

視頻:

1. 視頻(VIDEO)可以處理 2 個物件, 卡通塊(Sprite)和背景(Background). 卡通塊是移動性的物件, 比方像是 子彈, 汽車, 人物. 背景是比較大的圖形, 比方像是 樹木, 森林, 房子, 佈景是可以捲動的.
2. 在電視屏幕上, 影像能在水平座標上顯示 256 個點及在垂直座標上顯示 240 個點.
3. 在一幅畫面上只允許同時顯示 64 個卡通塊. 一個卡通塊需要 4 bytes(字節)來定義.
4. 在水平方向, 最大的卡通塊數量是 8. 假如它超過 8, 多餘的會被忽略並將訊息反應給 CPU.
5. 一個最小的單位的卡通塊或背景圖案是一個有 8X8 點陣的圖形塊, 一個點陣可以顯現 4 種的顏色.
6. 程式設計者可以選擇卡通塊是 (8X16), (8X8)點陣.
7. 背景圖案為兩頁, 可以立刻換頁或是用水平方向動的或是垂直方向動的捲動方式捲動變換.
8. 在調色板中可以定義 28 色. 一個顏色需要 6 Bits(位元)來定義.
9. 自動的電視同步信號衍生器, 它是不受程式控制影響.
10. 電視合成信號輸出.
11. 只有 8 個地址接口.

音頻:

1. 最大提供 256bytes(字節) DMA 功能作為圖畫單元更新卡通塊, 背景角色字號和圖形塊數據.
2. 1 個端口, 8 bits 來讀取週邊的 I/O.
3. 1 個端口, 3 bits 來控制週邊的 I/O.
4. 1 個端口用來讀取音頻產生器的狀態.
5. PSG 有 18 個地址線來控制它的操作.
6. 每個音頻通道需要 4 個位址端口來控制它的執行.
7. 有 2 個節拍頻道, 2 個低頻道, 1 噪音頻道, 及內建 DWS DMA.
8. 1 個獨立音頻 DA 輸出端..

CPU:

CPU 包含在 Console 內, 擁有 16 位元程式計數器, 8 位元 AL 和累加器, 狀態寄存器, 2 個一般用途的寄存器 X, Y, 8 位元堆疊指示器, 16 位元地址線 及 8 位元輸出、輸入數據總線.

內部的動態隨機存儲器:

一個 2K bytes SRAM 用於顯示緩充區的 (VRAM), 另一個用於程序緩充區的 (PRAM).

I/O:

1. 7 個腳位作為讀取週邊的 I/O, 3 個腳位作為輸出週邊的 I/O, 2 個時鐘腳位.
2. 內建可隨意調整的 8 位元連續到並行的 I/O 給搖桿用.
3. STN 和 TFT LCD 介面內建.

程序記憶體和影像的記憶體的地址映射(CPU 管理的內存分佈表)

程序的記憶體之分配

000H 7FFH	系統零頁堆棧區
2000H	圖像單元
4000H	音頻產生器
6000H	
8000H	外部的程序存儲器 PROM 或 PRAM (可擴充)

影像的記憶體之分配 **備註

2000H 23FFH	背景頁 左或上
2400H 27FFH	背景頁 右
2800H 2BFFH	背景頁 下
3F00H 3F1FH	調色板 *備註 2
0000H	外部的影像存儲器 VROM 或 VRAM (可擴充)

**備註 1

影像存儲器的地址需要經由圖像單元的寄存器接口 2006H 來聲明. 存取影像存儲器的詳細方法描述於下面的單元: 存取影像的存儲器和儲存體的映射.

*備註 2

當 RC = 1

3F00-3F1F 是調色板中舊的顏色映射位置, 總共有 25 個顏色.

3F00 是透明的顏色, 而 3F10, 3F04, 3F14, 3F08, 3F18, 3F0C, 3F1C 可以忽略.

背景圖形塊和內部的影像的動態隨機存取器(Background patterns and Internal Video RAM)

在這個系統, 一頁的顯示分辨率為 256x240 點, 當顯示背景頁時它包含的顯示分辨率為 32 列 x 30 行的背景圖. 每一個背景圖形塊為 8x8 點陣.

背景圖形塊(Background patterns) 被儲存在外部的影像的存取器. 內部的影像的動態隨機存取器儲存圖形序號, 這些數據對應指到背景圖形塊. 在一頁畫面上於影像的動態隨機存取器內每一個 byte 對應指到一個相對應的位置. 於影像的動態隨機存取器內一個 byte 指到外部圖像存取器的一個背景圖形塊. 因此, 每幅畫面需要 960 個圖形塊(32x30=960 bytes). 簡單的圖形描述如 Figure B1.

它只需要 1K bytes 內的 960 bytes 來顯示一頁畫面, 而後面的 64 個 byte 是存放配色數據, 第三, 第四顏色地址位元(bit). VT01 組合四個鄰近的圖形塊來共享這相同的第三, 第四顏色地址位元.

請參考 Figure B2 對於第三, 第四顏色地址位元有更詳細的描述. 顏色的第一, 第二地址位元(bit)是儲存在外部的影像存取器內.

一個點的顏色是由第五(4 色模式) 顏色地址位元所決定, 它指到 28X6 的動態隨機存取器(SRAM). 這個動態隨機存取器(SRAM) 儲存色度和明亮度數據(chrominance and luminance), 它將經由影像的輸出端轉換影像的信號輸出. 顏色地址 bit 1,2 決定圖案的內部顏色. 一個圖形塊可以有 3 種不同的描述顏色, bit 1,2 = (1,1) 是透明的點陣. 顏色地址 bit3,4 可以改變全圖形塊的顏色, 有四組的顏色選擇. 顏色地址 bit5 決定卡通塊的顏色或背景顏色, bit 5 = 1 給卡通塊 而 bit5 = 0 給背景.

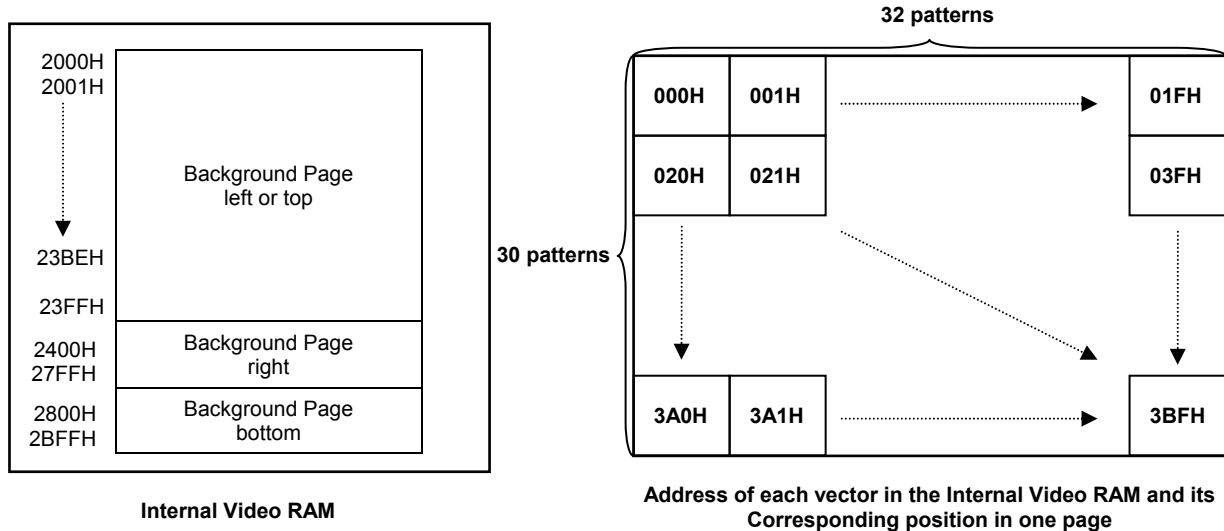
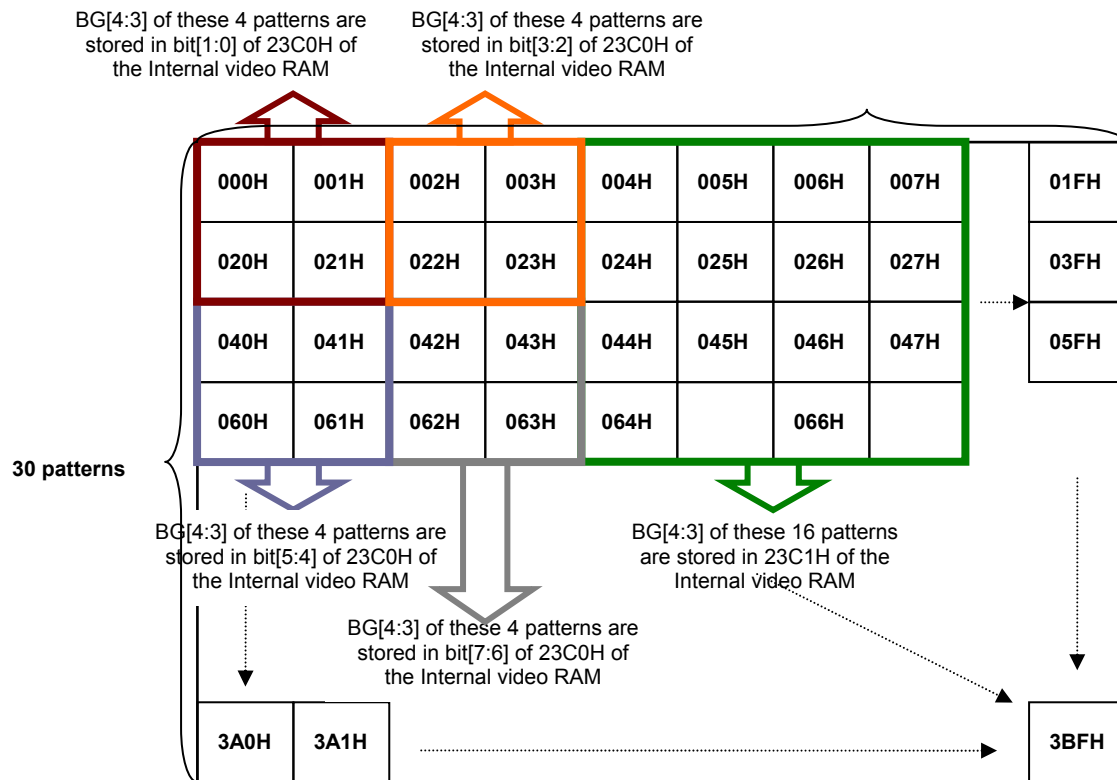


Figure B1. Mappings between Screen and Internal Video RAM



Address of each vector in the Internal Video RAM and its Corresponding position in one page

Figure B2. Four adjacent patterns to share the same 3rd, 4th color address

兩頁背景顯示(Two page for Background display)

2K byte 的 RAM 可以分割成 2 頁給移動屏幕的效果。屏幕可以用水平方向動的或垂直方向動的方式來捲動,此點取決於每個遊戲卡,在水平方向動的轉軸中,圖像(Video)的 AD10 和 2K RAM 的 A10 將被連結在遊戲卡中。在垂直方向動的轉軸中,圖像(Video)的 AD11 和 2K RAM 的 A10 將被連結在遊戲卡中。

當水平方向動的捲動時,左邊的那一頁是儲存於 2000H 到 23BEH 且右頁是儲存於 2400H 到 27FFH。當垂直方向動的捲動時,上頁是儲存於 2000H 到 23FFH 且下頁是儲存於 2800H 到 2BFFH。請參考 Figure B1。

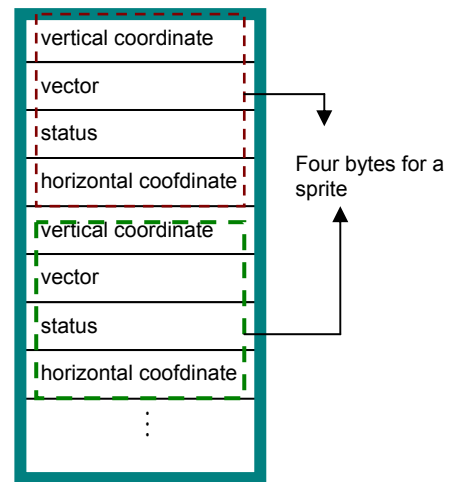
卡通塊屬性工作區(Sprite Pool)

在一個屏幕中所有的卡通塊(Sprite)儲存於卡通塊屬性工作區(Sprite pool),共有 256 bytes 是儲存卡通塊(sprite)數據。程序設計人員可以經由寄存器 2003H 和 2004H 或 4014H 的 DMA 功能將數據寫到 Sprite pool 內。程式設計者可以在一個屏幕上具體指定 64 個卡通塊(sprite),而且在一列不能超過 8 個卡通塊(sprite)。於 Sprite pool 內,每一個卡通塊(Sprite)需要四個 Byte(字節)來描述。依照這樣的指令來儲存每一個卡通塊(Sprite),他們是卡通塊(sprite)的垂直座標,8bit 地址標誌,卡通塊(sprite)的水平座標,以及狀態比如旋轉度,顏色組。8bit 地址標誌是卡通塊(sprite)指到外部圖像存儲器(VROM)的地址,就像背景的標誌儲存於內部的影像的動態隨機存儲器(VRAM)。

卡通塊(_sprite)狀態:

- D7 = 1 ---> 反映(Mirror)在 X_軸 D7 = 0 ---> 常態
- D6 = 1 ---> 反映(Mirror)在 Y_軸 D6 = 0 ---> 常態
- D5 = 1 ---> 背景覆蓋卡通塊 D5 = 0 ---> 卡通塊覆蓋背景
- D1 ---> 卡通塊的顏色組之 bit4.(SP4)
- D0 ---> 卡通塊的顏色組之 bit3.(SP3)

SP[4:3]的功能就像背景顏色地址 bit BG[4:3].



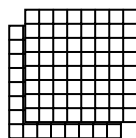
The Sprite Pool

卡通塊的顏色和大小

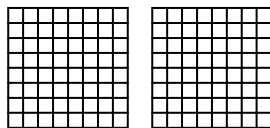
程序設計人員可以經由 2000H,2001H 來選擇卡通塊(Sprite)的顏色跟大小模式。您有下面幾種模式可選擇:

- Size 8x16 in 4 color mode
- Size 8x8 in 4 color mode

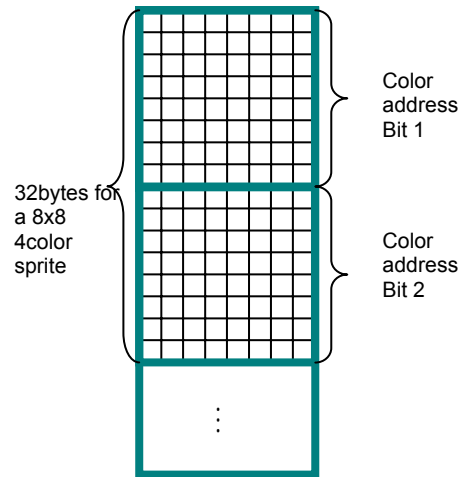
於 4 色模式下一點需要 2 bits。以 8x8 點陣 4 色為例。一個卡通塊圖形塊於外部 VRAM 安排如下面的圖示。



Sprite 8x8 in 4 color mode



Sprite 8x16 in 4 color mode



Somewhere in the external video memory

調色板

地址為 3F00-3F1F, 程式撰寫者可以為調色板制定計畫。可以是 6bits, D5-D0 用來詳細指定顏色。底下是 D5-D0 數據的顏色映射。D4-D5 將對應到 LCD 玻璃的 R 顏色而 D2-D3 對應到 C 顏色。

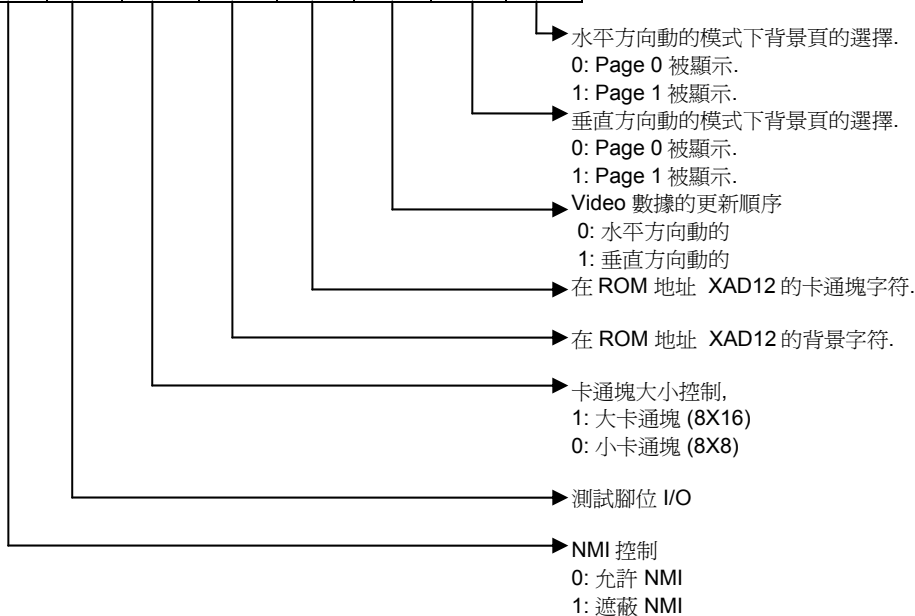
	MSB	LSB	Dark	Bright	Red
R	(D4-D5)	0 1	2 3		
	MSB	LSB	Dark	Bright	Cyan
C	(D2-D3)	0 1	2 3		

寄存器接口的描述(Register Description)

圖像的單元地址接口(Address port of Graphic unit) W: 寫, R: 讀

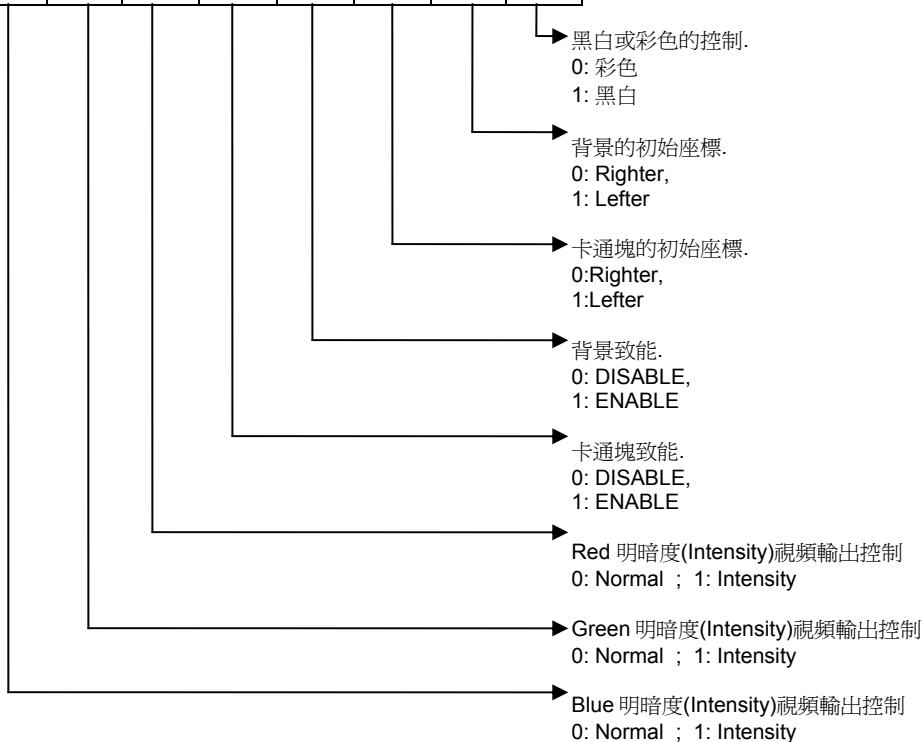
2000H W NMI, 卡通塊大小, 背景/卡通塊 AD12, Video 數據的更新順序, 垂直方向動的/水平方向動的背景頁

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
NMI EN	UNUSED	SP SIZE	BK AD12	SP AD12	V W SEQ	V COOR6	H COOR6



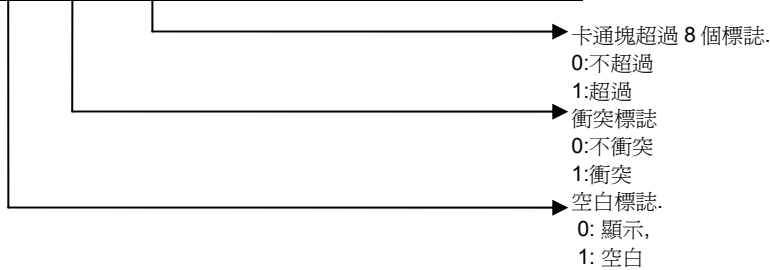
2001H W Blue/Green/Red 明暗度視頻輸出控制, 背景/卡通塊 致能/無作用, 背景/卡通塊的初始座標, 黑白或彩色的控制

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
BLUE	GREEN	RED	SP EN	BK EN	SP INI	BK INI	B/W



2002H R 空白標誌, 衝突標誌, 卡通塊 Over 標誌.

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
VSYN	B,S 0V	OVLOAD	UNUSED				



讀寄存器 2002H 也會將存取寄存器 2005H, 2006H 的命令順序重新設置, 不會影響與寄存器 2005H, 2006H 的連結. 一個簡單的例子描述於寄存器 2006H 之後.

2003H W 卡通塊屬性工作區(Sprite pool)計數器的初始數據(地址)

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
定義卡通工作頁面首地址的低位(A0-A7)							

以此寄存器設置卡通塊屬性工作區的計數器的初始數據.

2004H W Data of the sprite pool

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
寫數據到卡通屬性工作區							

寫數據到卡通屬性工作區並增加卡通塊計數器

2005H W 顯示窗口的 X 座標/Y 座標的設定 (兩個字節來設置).

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
顯示窗口的 X 座標/Y 座標的設定							

設定起始映射於 RAM 內的顯示窗口的 X 座標/Y 座標 (兩個字節來設定). 第一次寫寄存器 2005H 設定顯示窗口的 X 座標, 第二次寫寄存器 2005H 設定顯示窗口的 Y 座標. 在寫此寄存器前讀取寄存器 2002H 可以將命令順序重新設置. (在讀取寄存器 2002H 之後, 第一次寫寄存器 2005H 設定顯示窗口的 X 座標, 第二次寫寄存器 2005H 設定顯示窗口的 Y 座標.)

2006H W PPU 地址寄存器 (兩個字節來設置)

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
AD7	AD6	AD5	AD4	AD3	AD2	AD1	AD0
Second byte							
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
		XRC	AD12	AD11	AD10	AD9	AD8
First byte							

設定 VRAM 或 VROM 的起始地址需要兩個字節. PPU 地址寄存器按高位, 低位的順序寫兩次. 在每次讀/寫寄存器 2007H 後此起始地址會自動的加 1. 在寫此寄存器前讀取寄存器 2002H 可以將命令順序重新設置. 在讀取寄存器 2002H 之後, 第一次寫高位, 第二次寫低位. 一個簡單的例子描述於寄存器 2007H 之後.

2007H R/W 從 CPU 到 VRAM 或 VROM 讀/寫數據

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Data read from/written to the Video RAM or ROM							

存取 VRAM 或 VROM 的數據:首先需要填寫資料到寄存器 2006H 再從寄存器 2007H 讀/寫.備註: 當讀取數據的時後, 寄存器 2007H 的第一筆 數據是未知的. 下一個讀取將取得被寄存器 2006H 所指到的前一個數據.

例子: 從 VRAM 或 VROM 讀取數據.
 LDA \$2002 ; 將命令順序重新設置
 LDA #20
 STA \$2006 ; 寫高位地址
 LDA #10
 STA \$2006 ; 寫低位地址
 LDA \$2007 ; 第一個字節會被忽略
 LDA \$2007 ;
 LDA \$2007 ;

200BH W 垂直方向的 LCD 顯示數目,內部的 VRAM 致能與否

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
UNUSED		VLS1	VLS0				EVRAMEN

→ 內部的 VRAM 致能與否.
 0 ' 致能
 1 ' 無作用 (不要使用此功能)

→ 垂直方向的 LCD 顯示數目

VLS1	VLS0	功能
0	0	顯示 240 條線.
0	1	顯示 160 條線.
1	0	顯示 120 條線.
1	1	顯示 80 條線.

聲音產生器

聲音產生器 XOP 寄存器地址

地址	R/W	通道	寄存器										備註
			ID7	ID6	ID5	ID4	ID3	ID2	ID1	ID0			
4000H	W	A	RHYTHM A	1DY2	1DY1	1SC	1IW	1WI3	1WI2	1WI1	1WI0	包絡控制	
4001H	W	A	RHYTHM A	1AT	1ST2	1ST1	1ST0	1SG	1AD2	1AD1	1AD0	音色, 音量控制	
4002H	W	A	RHYTHM A	1FT7	1FT6	1FT5	1FT4	1FT3	1FT2	1FT1	1FT0	音調細調控制	
4003H	W	A	RHYTHM A	1SL4	1SL3	1SL2	1SL1	1SL0	1FTA	1FT9	1FT8	音調粗調 & 單一聲音控制	
4004H	W	B	RHYTHM B	2DY2	2DY1	2SC	2IW	2WI3	2WI2	2WI1	2WI0	包絡控制	
4005H	W	B	RHYTHM B	2AT	2ST2	2ST1	2ST0	2SG	2AD2	2AD1	2AD0	音色, 音量控制	
4006H	W	B	RHYTHM B	2FT7	2FT6	2FT5	2FT4	2FT3	2FT2	2FT1	2FT0	音調細調控制	
4007H	W	B	RHYTHM B	2SL4	2SL3	2SL2	2SL1	2SL0	2FTA	2FT9	2FT8	音調粗調 & 單一聲音控制	
4008H	W	C	ENVELOP	3EN	3EL6	3EL5	3EL4	3EL3	3EL2	3EL1	3EL0	單一聲音致能	
400AH	W	C	ENVELOP	3FT7	3FT6	3FT5	3FT4	3FT3	3FT2	3FT1	3FT0	音調細調值	
400BH	W	C	ENVELOP	3SL4	3SL3	3SL2	3SL1	3SL0	3FTA	3FT9	3FT8	音調粗調 & 單一聲音控制	
400CH	W	D	NOISE			4SC	4IW	4WI3	4WI2	4WI1	4WI0	包絡控制	
400EH	W	D	NOISE	4NS				4BF3	4BF2	4BF1	4BF0	發聲音調頻率控制	

400FH	W	D	NOISE	4SL4	4SL3	4SL2	4SL1	4SL0												通道致能 & 單一聲音控制
4010H	W	E	DWS DMA	DIRQ	DREP				SD3	SD2	SD1	SD0								振幅
4011H	W	E	DWS DMA		IA6	IA5	IA4	IA3	IA2	IA1	IA0									起始的振幅
4012H	W	E	DWS DMA	SA13	SA12	SA11	SA10	SA9	SA8	SA7	SA6									DWS 數據的開始地址
4013H	W	E	DWS DMA	DL11	DL10	DL9	DL8	DL7	DL6	DL5	DL4									DWS 數據的長度

參數的描述:

xDY2, xDY1: 詳細說明通道 1,2 方波的效率周期. 如下表.

xDY2	xDY1	Duty
0	0	1/8
1	0	1/4
0	1	1/2
1	1	3/4

xSC:

設置聲音的輸出方式為連續性的或是只有一次.
 0: 單一的聲音 (只有一次)
 1: 連續性的

xIW:

包絡形狀的設定
 0: 包絡形狀從 FH 到 0H 的斜率遞減是由 xWI[3:0]來指定.
 1: 包絡形狀保持於一個定值由 xWI[3:0]來指定.

xWI[3:0]:

當 xIW = 0, xWI[3:0] 指定包絡形狀從 FH 到 0H 的遞減時間如 $4.16ms * (xWI[3:0])$.
 當 xIW=1, xWI[3:0] 指定包絡形狀階段如 全比率*(xWI3:0)/15d.

xAT:

聲音效果的調音波段控制
 0: 無作用
 1: 致能; 當致能時, 通道的頻率將很平滑的由設置值變化到最大的或最小的頻率. 這個被使用給特殊的聲音效果,像機械關槍. 調音波段的調節率由 xSTx 來設置.

xST[2:0]:

設置調節時間. 調節時間就是每一個調節的頻率變化時間, 也就是這個變化率是調節時間的反比例.
 調節時間 = $8.33ms * (xST[2:0])$

xSG:

指明給變化比率方程式 2^m 前端的符號.
 0: "+"
 1: "-"

xAD[2:0]:

$m=xAD[2:0]$, 設置頻率變化比率的參數.
 When xSG=0, $F_{n+1}=F_n*(1+2^{-m})$.
 When xSG=1, $F_{n+1}=F_n*(1-2^{-m})$.
 F_{n+1} : 下一個頻率
 F_n : 現在的頻率

xFT[A:0]:

頻率= $111,860Hz/(xFTA:0)$, xFT[A:0] 的最小值是 08H.

xSL[4:0]:

單一聲音的聲音持續期間.(打拍子長度(Beat length)解碼器輸入)

xSL[4:0]		00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
Sound duration (ms)	BCLK2=120Hz	72	2024	152	8	312	24	632	40	1272	56	472	72	104	88	112	104
	BCLK2=100Hz	90	2530	190	10	390	30	790	50	1590	70	590	90	130	110	250	130
xSL[4:0]		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E	1F
Sound duration (ms)	BCLK2=120Hz	88	120	184	136	376	152	760	168	1528	184	568	200	120	216	248	232
	BCLK2=100Hz	110	150	230	170	470	190	950	210	1910	230	710	250	150	270	310	290

BCLK2 是由 4017H 來設置.

3EN:

- 0: 致能 (Beat length 1)
- 1: 無作用

3EL[6:0]:

Beat length 1 =BLCK1*3EL[6:0]
經由 4017H BLCK1 可以設置 250Hz 或 200Hz.

4NS:

- 通道 4 噪聲波段(Noise band) 的設置
- 0: 寬波段
 - 1: 窄波段

xBF[3:0]:

指定噪聲的頻率(noise frequency).

DIRQ:

- 0: 關掉 DWS IRQ
- 1: 打開 DWS IRQ

DREP:

- 0: 不重覆
- 1: 重覆 DWS 數據存取

SD[3:0]:

輸入斜率解碼器(Input of slop decoder.)

SD[3:0]	FH	EH	DH	CH	BH	AH	9H	8H
Sample rate(Hz)	33K	25K	21K	17K	14K	13K	11K	9K
SD[3:0]	7H	6H	5H	4H	3H	2H	1H	0H
Sample rate(Hz)	8.4K	7.9k	7K	6.2K	5.5K	5.3K	4.7K	4.2K

IA[6:0]:

DWS 起始的振幅

SA[13:6]:

DWS 數據開始地址 #11xxxxxxx000000, (SA[13:6]=xxxxxxx)

DL[11:4]:

DWS 數據長度 #xxxxxxx0000, (DL[11:4]=xxxxxxx)

雜項寄存器地址接口

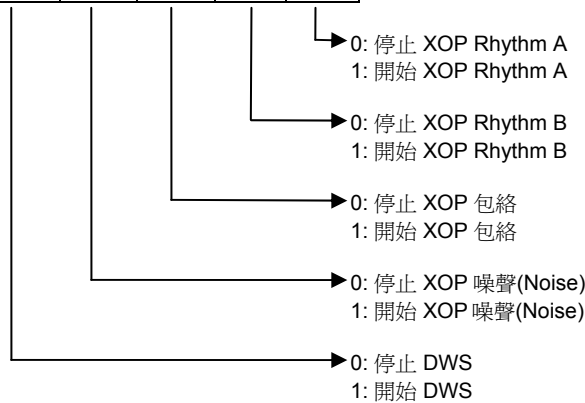
4014H W 影像的(Video)數據或卡通(Sprite)數據 DMA 開始地址的高字節地址來源

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
High byte Address of Source							

於影像的數據或卡通數據 DMA 期間它需要兩個字節來指明來源地址:由寄存器接口 4014H 來指明高字節地址 (\$[XX]X0)和開始 DMA 的存取.

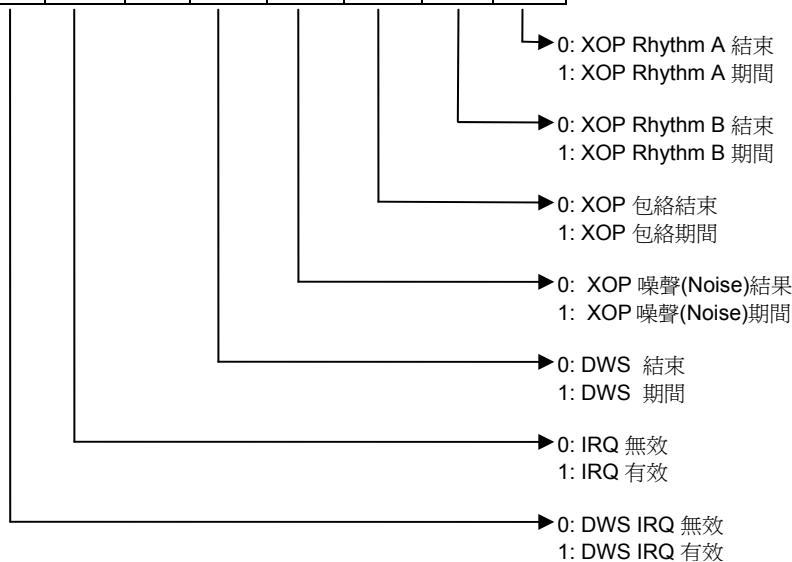
4015H W 開始/ 停止 XOP & DWS IRQ

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
			DWS Enable	XOP Noise Enable	XOP Envelope Enable	XOP R. B Enable	XOP R. A Enable

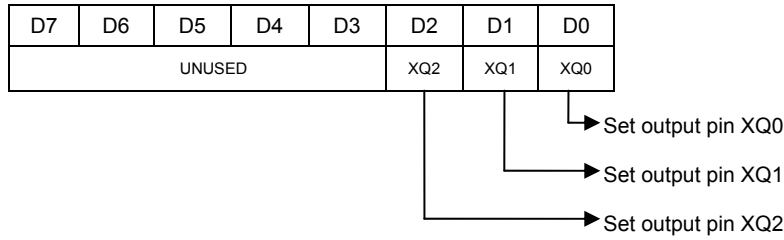


4015H R 讀取 XOP FLAG

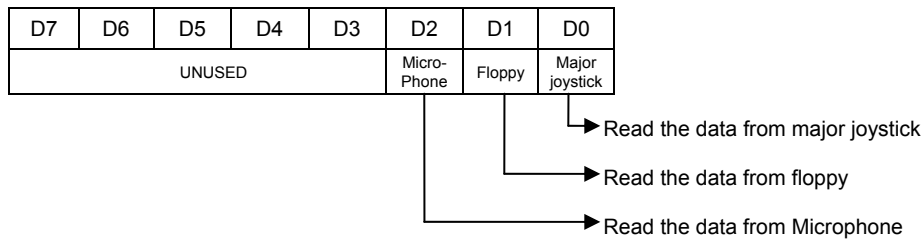
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
DWS IRQ Flag	Clock IRQ flag		DWS Status	XOP Noise Status	XOP Envelope Status	XOP R. B Status	XOP R. A Status



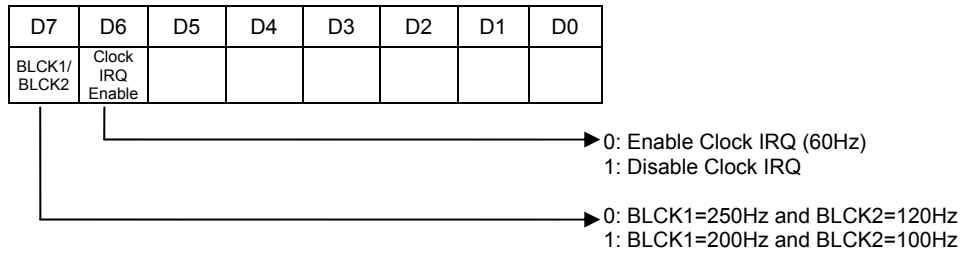
4016H W 設置輸出腳位 XQ[2:0]



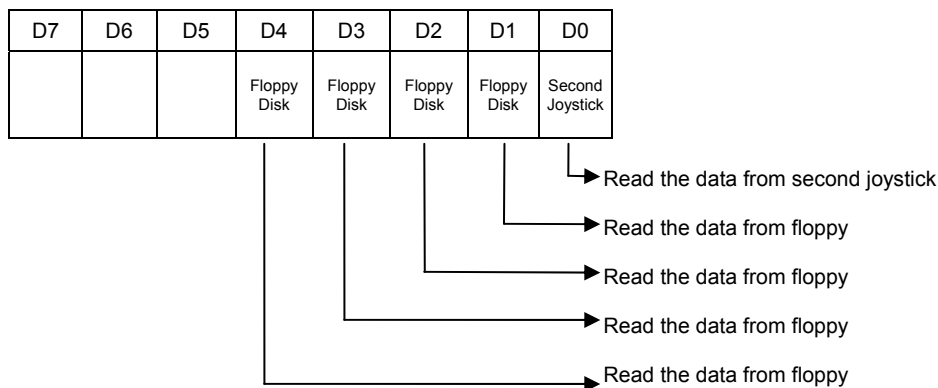
4016H R 讀取周邊的數據



4017H W Clock for beat Length 1, 2 and Clock IRQ Control



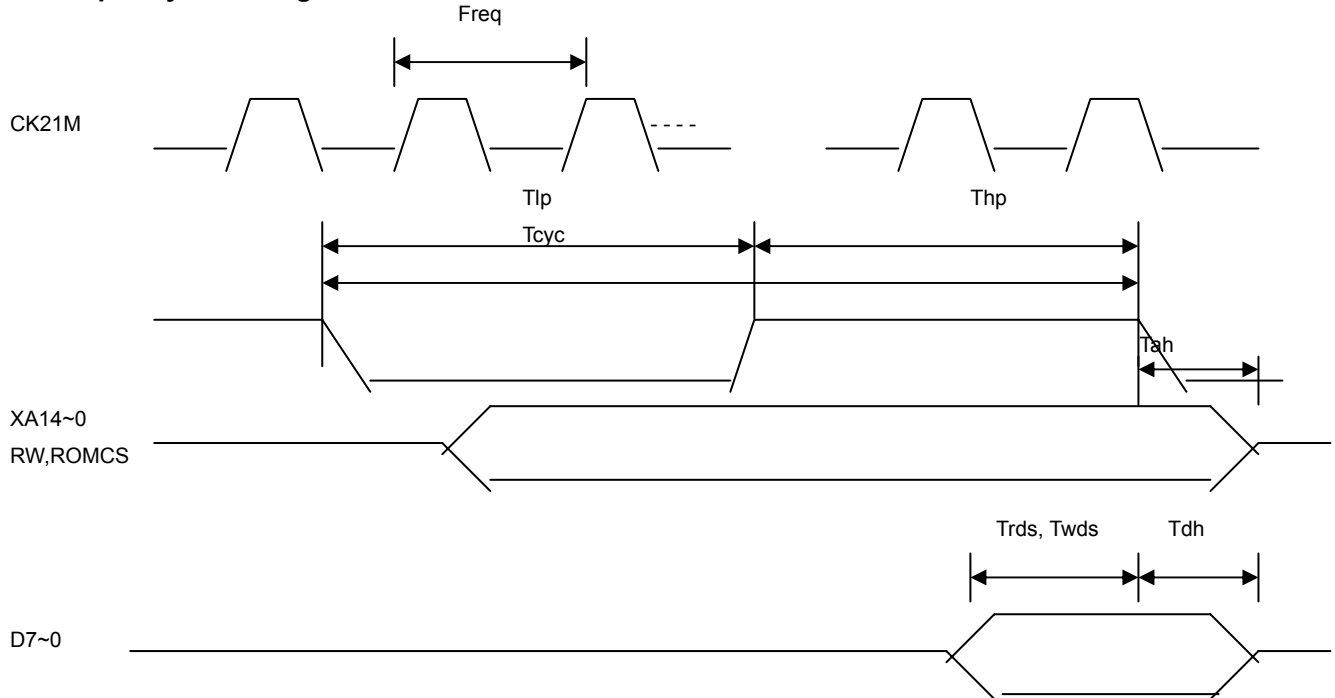
4017H R 讀取周邊的數據



Timing Waveforms

Timing Spec. of Program Unit In Application Mode

Input Cycle Timing

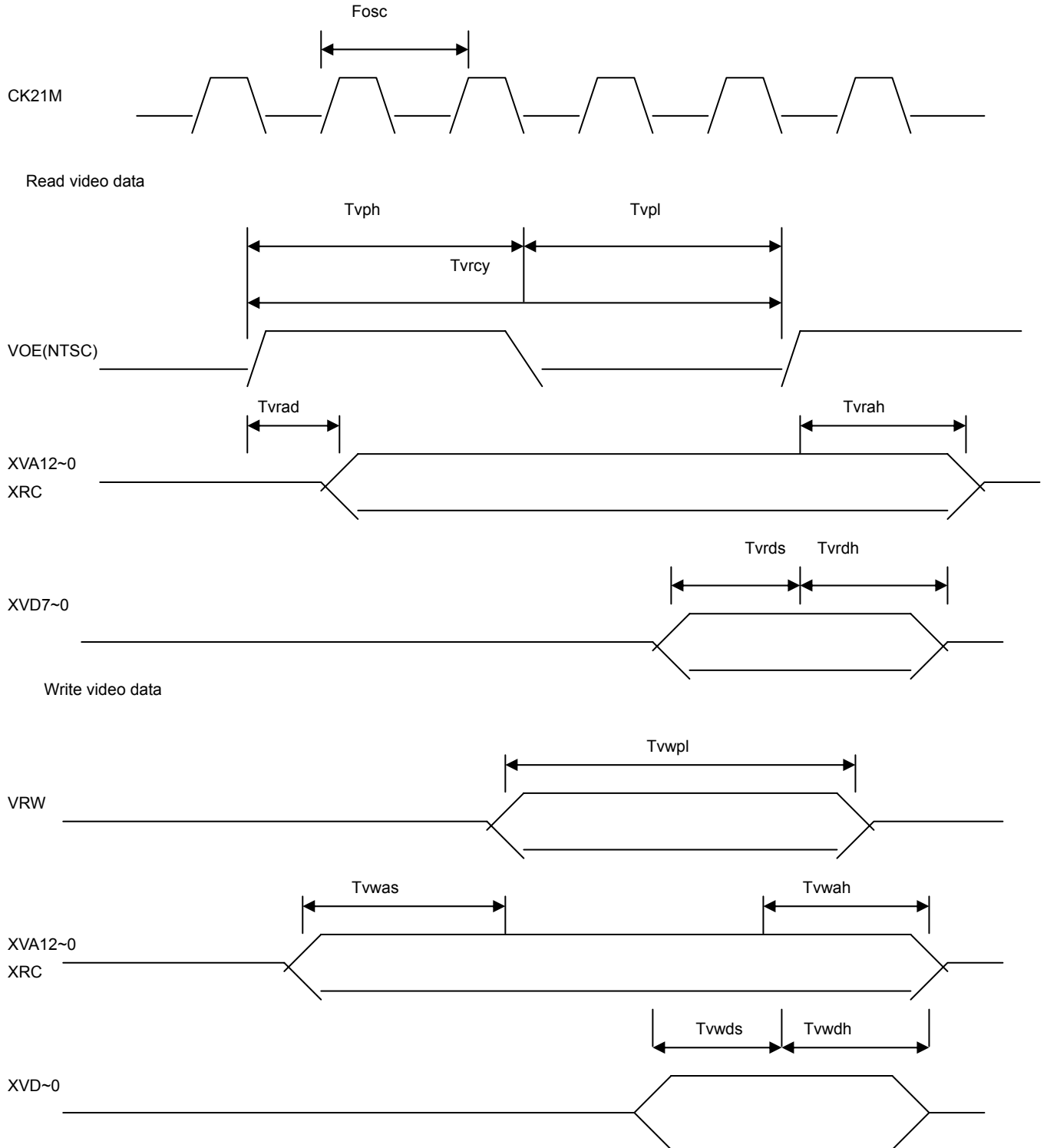


AC Characteristics : TA = 0°C to 70°C, VCC = 4.75V ~ 5.25V, GND = 0V

Symbol	Parameter	Min	Max	Unit	Condition
Fpal	Frequency of PAL B option	26.601712		MHz	
Fntsc	Frequency of NTSC option	21.47727		MHz	
Tcyc	Program cycle time	380	450	ns	
Tph	Cycle High Pulse Width	240	300	ns	
Tpl	Cycle Low Pulse Width	100	150	ns	
Tah	Program Address Hold time	15	70	ns	
Tdh	Program Data Hold time	15	225	ns	
Trds	Program Read Data Set up time	75		ns	
Twds	Program Write Data Set up time	112		ns	

Timing Spec of Graphic Unit In Application Mode

Input Cycle Timing



AC Characteristics: TA = 0°C to 70°C, VCC = 4.75V ~ 5.25V, GND = 0V

Symbol	Parameter	Min	Max	Unit	Condition
Fpal	Frequency of PAL B option	26.601712		MHz	
Fntsc	Frequency of NTSC option	21.47727		MHz	
Tvrcyc	Video Read cycle time	255	285	ns	
Tvph	Video Read High Pulse Width	127	150	ns	
Tvpl	Video Read Low Pulse Width	127	150	ns	
Tvrad	Video Read Address Delay time	7	35	ns	
Tvrah	Video Read Address Hold time	0		ns	
Tvrds	Video Read Data Set up time	30		ns	
Tvrdh	Video Read Data Set up time	0		ns	
Tvwpl	Video Write Pulse time	127	150	ns	
Tvwas	Video Write Address Set up time	75		ns	
Tvwah	Video Write Address Hold time	45	90	ns	
Tvwds	Video Write Data Set up time	36	70	ns	
Tvwdh	Video Write Data Hold time	30	90	ns	

DC Characteristics : TA = 0°C to 70°C, VCC = 4.75V ~ 5.25V, GND = 0V

Symbol	Parameter	Min	Max	Unit	Condition
VIL	Input Low Voltage	-0.5	0.8	V	
VIH	Input High Voltage	2.4	VCC+0.4	V	
VOL	Output Low Voltage		0.8	V	
VOH	Output High Voltage	2.4		V	
VCL	Clock Low Voltage	-0.7	0.4	V	
VCH	Clock High Voltage	2.5	3.5	V	
ICC	Power Supply Current		30	mA	
IIL	Input Leakage Current		10	uA	
ICL	Clock Leakage		10	uA	
ITL	Tri state Leakage		20	uA	
IRL	Reset pin Leakage (pull high R)		1	mA	
IOL	Output Low Current	2	10	mA	
IOH	Output High Current	2	10	mA	

指令詳表

● 按指令作用類型分類的指令詳表

按指令作用類型分類的指令詳表							
助記符	尋址方式	指令格式	執行的操作	標誌位 NV●BDIZC	操作碼	字節數	周期數
存取指令							
LDA	立即	LDA #Oper	A ← M	N●●●●●Z●	A9	2	2
	零頁	LDA Oper			A5	2	3
	寄存器零頁變址(X)	LDA Oper,X			B5	2	4
	絕對	LDA Oper			AD	3	4
	寄存器絕對變址(X)	LDA Oper,X			BD	3	4**
	寄存器絕對變址(Y)	LDA Oper,Y			B9	3	4**
	先變址間接	LDA (Oper,X)			A1	2	6
	後變址間接	LDA (Oper),Y			B1	2	5**
LDX	立即	LDX # Oper	X ← M	N●●●●●Z●	A2	2	2
	零頁	LDX Oper			A6	2	3
	寄存器零頁變址(Y)	LDX Oper,Y			B6	2	4
	絕對	LDX Oper			AE	3	4
	寄存器絕對變址(Y)	LDX Oper,Y			BE	3	4**
LDY	立即	LDY # Oper	Y ← M	N●●●●●Z●	A0	2	2
	零頁	LDY Oper			A4	2	3
	寄存器零頁變址(X)	LDY Oper,X			B4	2	4
	絕對	LDY Oper			AC	3	4
	寄存器絕對變址(X)	LDY Oper,X			BC	3	4**
STA	零頁	STA Oper	M ← A	●●●●●●●●	85	2	3
	寄存器零頁變址(X)	STA Oper,X			95	2	4
	絕對	STA Oper			8D	3	4
	寄存器絕對變址(X)	STA Oper,X			9D	3	5
	寄存器絕對變址(Y)	STA Oper,Y			99	3	5
	先變址間接	STA (Oper,X)			81	2	6
	後變址間接	STA (Oper),Y			91	2	6
STX	零頁	STX Oper	M ← X	●●●●●●●●	86	2	3
	寄存器零頁變址(Y)	STX Oper,Y			96	2	4
	絕對	STX Oper			8E	3	4
STY	零頁	STY Oper	M ← Y	●●●●●●●●	84	2	3
	寄存器零頁變址(X)	STY Oper,X			94	2	4
	絕對	STY Oper			8C	3	4
棧操作指令							
PHA	隱含	PHA	(S)←A, S←S-1	●●●●●●●●	48	1	3

按指令作用類型分類的指令詳表							
助記符	尋址方式	指令格式	執行的操作	標誌位 NV●BDIZC	操作碼	字節數	周期數
PHP	隱含	PHP	(S)←P, S←S-1	●●●●●●●●	08	1	3
PLA	隱含	PLA	S←S+1, A←(S)	N●●●●●Z●	68	1	4
PLP	隱含	PLP	S←S+1, P←(S)	(Stack)	28	1	4
加 1 減 1 指令							
DEC	零頁	DEC Oper	M ← M - 1	N●●●●●Z●	C6	2	5
	寄存器零頁變址(X)	DEC Oper,X			D6	2	6
	絕對	DEC Oper			CE	3	6
	寄存器絕對變址(X)	DEC Oper,X			DE	3	7
DEX	隱含	DEX	X ← X - 1	N●●●●●Z●	CA	1	2
DEY	隱含	DEY	Y ← Y - 1	N●●●●●Z●	88	1	2
INC	零頁	INC Oper	M ← M + 1	N●●●●●Z●	E6	2	5
	寄存器零頁變址(X)	INC Oper,X			F6	2	6
	絕對	INC Oper			EE	3	6
	寄存器絕對變址(X)	INC Oper,X			FE	3	7
INX	隱含	INX	X ← X + 1	N●●●●●Z●	E8	1	2
INY	隱含	INY	Y ← Y + 1	N●●●●●Z●	C8	1	2
移位指令							
ASL	累加器	ASL A		N●●●●●ZC	0A	1	2
	零頁	ASL Oper			06	2	5
	寄存器零頁變址(X)	ASL Oper,X			16	2	6
	絕對	ASL Oper			0E	3	6
	寄存器絕對變址(X)	ASL Oper,X			1E	3	7
LSR	累加器	LSR A		0●●●●●ZC	4A	1	2
	零頁	LSR Oper			46	2	5
	寄存器零頁變址(X)	LSR Oper,X			56	2	6
	絕對	LSR Oper			4E	3	6
	寄存器絕對變址(X)	LSR Oper,X			5E	3	7
ROL	累加器	ROL A		N●●●●●ZC	2A	1	2
	零頁	ROL Oper			26	2	5
	寄存器零頁變址(X)	ROL Oper,X			36	2	6
	絕對	ROL Oper			2E	3	6
	寄存器絕對變址(X)	ROL Oper,X			3E	3	7
ROR	累加器	ROR A		N●●●●●ZC	6A	1	2
	零頁	ROR Oper			66	2	5
	寄存器零頁變址(X)	ROR Oper,X			76	2	6
	絕對	ROR Oper			6E	3	6
	寄存器絕對變址(X)	ROR Oper,X			7E	3	7

按指令作用類型分類的指令詳表

助記符	尋址方式	指令格式	執行的操作	標誌位 NV●BDIZC	操作碼	字節數	周期數
邏輯操作指令							
AND	立即	AND #Oper	A ← A AND M	N●●●●●Z●	29	2	2
	零頁	AND Oper			25	2	3
	寄存器零頁變址(X)	AND Oper,X			35	2	4
	絕對	AND Oper			2D	3	4
	寄存器絕對變址(X)	AND Oper,X			3D	3	4**
	寄存器絕對變址(Y)	AND Oper,Y			39	3	4**
	先變址間接	AND (Oper,X)			21	2	6
	後變址間接	AND (Oper),Y			31	2	5**
BIT ¹	零頁	BIT Oper	N ← M ₇ , V ← M ₆		24	2	3
	絕對	BIT Oper			2C	3	4
CMP	立即	CMP #Oper	A - M	N●●●●●ZC	C9	2	2
	零頁	CMP Oper			C5	2	3
	寄存器零頁變址(X)	CMP Oper			D5	2	4
	絕對	CMP Oper			CD	3	4
	寄存器絕對變址(X)	CMP Oper, X			DD	3	4**
	寄存器絕對變址(Y)	CMP Oper, Y			D9	3	4**
	先變址間接	CMP (Oper,X)			C1	2	6
	後變址間接	CMP (Oper),Y			D1	2	5**
CPX	立即	CPX #Oper	X - M	N●●●●●ZC	E0	2	2
	零頁	CPX Oper			E4	2	3
	絕對	CPX Oper			EC	3	4
CPY	立即	CPY #Oper	Y - M	N●●●●●ZC	C0	2	2
	零頁	CPY Oper			C4	2	3
	絕對	CPY Oper			CC	3	4
EOR	立即	EOR #Oper	A ← A XOR M	N●●●●●Z●	49	2	2
	零頁	EOR Oper			45	2	3
	寄存器零頁變址(X)	EOR Oper, X			55	2	4
	絕對	EOR Oper			4D	3	4
	寄存器絕對變址(X)	EOR Oper, X			5D	3	4**
	寄存器絕對變址(Y)	EOR Oper, Y			59	3	4**
	先變址間接	EOR (Oper,X)			41	2	6
	後變址間接	EOR (Oper),Y			51	2	5**

按指令作用類型分類的指令詳表							
助記符	尋址方式	指令格式	執行的操作	標誌位 NV●BDIZC	操作碼	字節數	周期數
ORA	立即	ORA #Oper	A ← A OR M	N●●●●●Z●	09	2	2
	零頁	ORA Oper			05	2	3
	寄存器零頁變址(X)	ORA Oper, X			15	2	4
	絕對	ORA Oper			0D	3	4
	寄存器絕對變址(X)	ORA Oper, X			1D	3	4**
	寄存器絕對變址(Y)	ORA Oper, Y			19	3	4**
	先變址間接	ORA (Oper,X)			01	2	6
	後變址間接	ORA (Oper),Y			11	2	5**
算術操作指令							
ADC	立即	ADC #Oper	A ← A + M+C	NV●●●●●ZC	69	2	2
	零頁	ADC Oper			65	2	3
	寄存器零頁變址(X)	ADC Oper, X			75	2	4
	絕對	ADC Oper			6D	3	4
	寄存器絕對變址(X)	ADC Oper, X			7D	3	4**
	寄存器絕對變址(Y)	ADC Oper, Y			79	3	4**
	先變址間接	ADC (Oper,X)			61	2	6
	後變址間接	ADC (Oper),Y			71	2	5**
SBC	立即	SBC #Oper	A ← A-M-1+C	NV●●●●●ZC	E9	2	2
	零頁	SBC Oper			E5	2	3
	寄存器零頁變址(X)	SBC Oper, X			F5	2	4
	絕對	SBC Oper			ED	3	4
	寄存器絕對變址(X)	SBC Oper, X			FD	3	4**
	寄存器絕對變址(Y)	SBC Oper, Y			F9	3	4**
	先變址間接	SBC (Oper,X)			E1	2	6
	後變址間接	SBC (Oper),Y			F1	2	5**
按指令作用類型分類的指令詳表							
助記符	尋址方式	指令格式	執行的操作	標誌位 NV●BDIZC	操作碼	字節數	周期數
BCC ²	相對	BCC Oper	當 C = 0 時跳轉	●●●●●●●●	90	2	2***
BCS ²	相對	BCS Oper	當 C = 1 時跳轉	●●●●●●●●	B0	2	2***
BEQ	相對	BEQ Oper	當 Z = 1 時跳轉	●●●●●●●●	F0	2	2***
BMI	相對	BMI Oper	當 N = 1 時跳轉	●●●●●●●●	30	2	2***
BNE	相對	BNE Oper	當 Z = 0 時跳轉	●●●●●●●●	D0	2	2***
BPL	相對	BPL Oper	當 N = 0 時跳轉	●●●●●●●●	10	2	2***
BVC	相對	BVC Oper	當 V = 0 時跳轉	●●●●●●●●	50	2	2***
BVS	相對	BVS Oper	當 V = 1 時跳轉	●●●●●●●●	70	2	2***
JMP	絕對	JMP Oper	PC ← Addr	●●●●●●●●	4C	3	3
	間接絕對	JMP(Oper)			6C	3	5
	寄存器絕對變址間接	JMP (Oper, X)			7C	3	6
JSR	絕對	JSR Oper	PC←PC+2	●●●●●●●●	20	3	6
			(S)←PCH,S←S-1				
			(S)←PCL,S←S-1				
			PC←Oper				

RTI	隱含	RTI	S←S+1, P←(S)	(Stack)	40	1	6
			S←S+1, PCL←(S)				
			S←S+1, PCH←(S)				
RTS	隱含	RTS	S←S+1, PCL←(S)	●●●●●●	60	1	6
			S←S+1, PCH←(S)				
			PC ← PC+1,				
處理器標誌指令							
CLC	隱含	CLC	C ← 0	●●●●●●1	18	1	2
CLD	隱含	CLD	D ← 0	●●●●1●●●	D8	1	2
CLI	隱含	CLI	I ← 0	●●●●●1●●	58	1	2
CLV	隱含	CLV	V ← 0	●1●●●●●●	B8	1	2
SEC	隱含	SEC	C ← 0	●●●●●●0	38	1	2
SED	隱含	SED	D ← 0	●●●●0●●●	F8	1	2
SEI	隱含	SEI	I ← 0	●●●●●0●●	78	1	2

按指令作用類型分類的指令詳表							
助記符	尋址方式	指令格式	執行的操作	標誌位 NV●BDIZC	操作碼	字節數	周期數
寄存器間傳送指令							
TAX	隱含	TAX	X ← A	N●●●●●Z●	AA	1	2
TAY	隱含	TAY	Y ← A	N●●●●●Z●	A8	1	2
TSX	隱含	TSX	X ← S	N●●●●●Z●	BA	1	2
TXA	隱含	TXA	A ← X	N●●●●●Z●	8A	1	2
TXS	隱含	TXS	S ← X	●●●●●●●●	9A	1	2
TYA	隱含	TYA	A ← Y	N●●●●●Z●	98	1	2
其他特殊指令							
BRK	隱含	BRK	PC←PC+2 B ← 1, I←1 (S)←PCH, S←S-1 (S)←PCL, S←S-1 (S) ← P, S←S-1	●●●1●1●●	00	1	7
NOP	隱含	NOP	空操作	●●●●●●●●	EA	1	2

注：

** 若產生跨頁則加 1 個時鐘周期

*** 若符合條件且跳轉同頁則加 1 個時鐘周期，若符合條件且跳轉跨頁則加 2 個時鐘周期

1 BIT 指令複製被測試字節的位 6 至標誌 V，複製被測試字節的位 7 至標誌 N，但若採用立即尋址模式則不改變標誌 V 和標誌 N 的值。標誌 Z 的值根據累加器與操作數相與的結果設置。

2 BBC 和 BCS 指令就是 BLT (Branch Less Than)和 BGE (Branch Greater or Equal) 指令，這些條件跳轉指令只是助記符不同。

● 按操作碼分類的指令表

按操作碼分類的指令表																	
低位 \ 高位	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	低位 \ 高位
0	BRK imp	ORA inx				ORA zpg	ASL zpg		PHP imp	ORA imm	ASL acc			ORA abs	ASL abs		0
1	BPL rfa	ORA iny				ORA zpx	ASL zpx		CLC imp	ORA aby				ORA abx	ASL abx		1
2	JSR abs	AND inx			BIT zpg	AND zpg	ROL zpg		PLP imp	AND imm	ROL acc		BIT abs	AND abs	ROL abs		2
3	BMI rfa	AND iny				AND zpx	ROL zpx		SEC imp	AND aby				AND abx	ROL abx		3
4	RTI imp	EOR inx				EOR zpg	LSR zpg		PHA imp	EOR imm	LSR acc		JMP abs	EOR abs	LSR abs		4
5	BVC rfa	EOR iny				EOR zpx	LSR zpx		CLI imp	EOR aby				EOR abx	LSR abx		5
6	RTS imp	ADC inx				ADC zpg	ROR zpg		PLA imp	ADC imm	ROR acc		JMP abi	ADC abs	ROR abs		6
7	BVS rfa	ADC iny				ADC zpx	ROR zpx		SEI imp	ADC aby				ADC abx	ROR abx		7
8		STA inx			STY zpg	STA zpg	STX zpg		DEY imp		TXA imp		STY abs	STA abs	STX abs		8
9	BCC rfa	STA iny			STY zpx	STA zpx	STX zpy		TYA imp	STA aby	TXS imp			STA abx			9
A	LDY imm	LDA inx	LDX imm		LDY zpg	LDA zpg	LDX zpg		TAY imp	LDA imm	TAX imp		LDY abs	LDA abs	LDX abs		A
B	BCS rfa	LDA iny			LDY zpx	LDA zpx	LDX zpx		CLV imp	LDA aby	TSX imp		LDY abx	LDA abx	LDX aby		B
C	CPY imm	CMP inx			CPY zpg	CMP zpg	DEC zpg		INY imp	CMP imm	DEX imp		CPY abs	CMP abs	DEC abs		C
D	BNE rfa	CMP iny				CMP zpx	DEC zpx		CLD imp	CMP aby				CMP abx	DEC abx		D
E	CPX imm	SBC inx			CPX zpg	SBC zpg	INC zpg		INX imp	SBC imm	NOP imp		CPX abs	SBC abs	INC abs		E
F	BEQ rfa	SBC iny				SBC zpx	INC zpx		SED imp	SBC aby				SBC abx	INC abx		F
低位 \ 高位	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	低位 \ 高位

注：

立即尋址方式	imm
絕對尋址方式	abs
零頁尋址方式	zpg
累加器尋址方式	acc
隱含尋址方式	imp
寄存器絕對變址尋址方式(X)	abx
寄存器絕對變址尋址方式(Y)	aby
寄存器零頁變址尋址方式(X)	zpx
寄存器零頁變址尋址方式(Y)	zpy
間接絕對尋址方式	abi
相對尋址方式	rfa
先變址間接尋址方式	inx
後變址間接尋址方式	iny
寄存器絕對變址間接尋址方式	ina
零頁間接尋址方式	inz