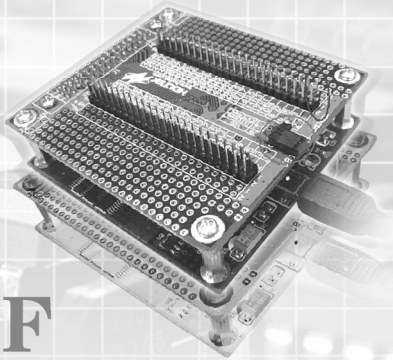




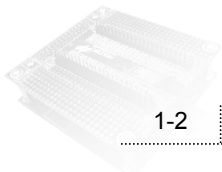
HT66F

Chapter

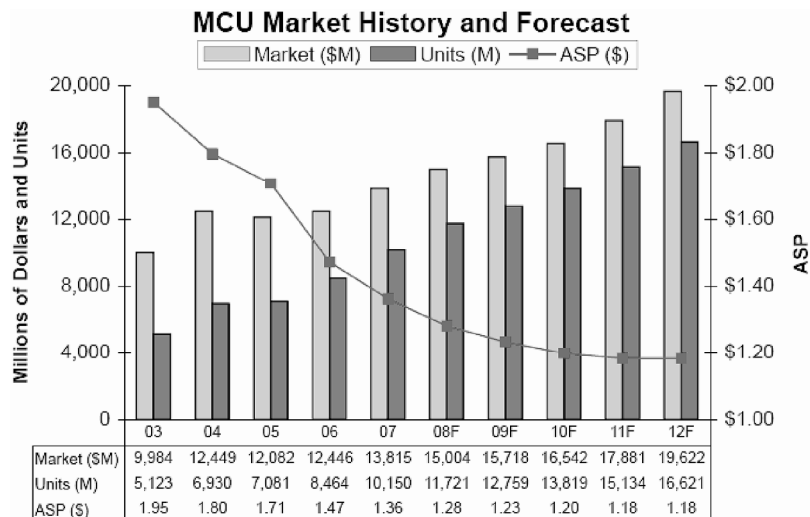
1

HT66Fx0 系列微控制器簡介

本章除了說明微控制器之特點及目前發展趨勢之外，也將針對盛群半導體股份有限公司所設計、生產的 A/D Flash Type with E²PROM 微控制器－HT66Fx0 家族成員之特性、腳位功能進行描述與介紹，對實務應用時所需的重置電路、振盪器連接方式也有詳細的說明。

**1-1****微控制器介紹及其未來趨勢**

『微控制器(Microcontroller Unit；MCU)』可說是半導體市場最重要的元件，在日常生活中的應用極為廣泛，生活中的各種家電幾乎都可以看見它的蹤跡，如家用音響、電話、洗衣機、遙控器、咖啡爐、電風扇、冷氣機…等等。隨著電子科技的應用領域由家用電器延伸至手持消費裝置，微控制器的應用也由家用電器領域擴展至手持式消費裝置(如數位攝影機、數位相機、MP3 播放機…)、掌上型裝置(如掌上型遊戲機、電子寵物…)以及手持通訊裝置(包括手機、GPS、PDA 手機、智慧手機與股市傳訊裝置…)。同時，汽車領域也逐漸導入更多的電子功能設計，汽車電子應用領域中使用到微控制器的場合相當多，如安全氣囊、智慧安全帶、胎壓監測(Tire Pressure Monitoring；TPM)、車載娛樂系統、引擎控制、剎車防鎖死系統、車載網路系統、監控裝置與車用導航系統…等等，一輛汽車所需使用到的微控制器數目多達數十個甚至上百個，將會是未來極具潛力的市場之一。

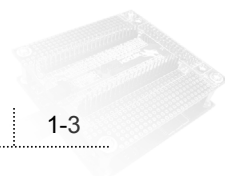


資料來源：WSTS，IC Insights

圖 1-1-1 整體微控制器市場趨勢

圖 1-1-1 是根據世界半導體貿易統計組織(WSTS)在 2007 年所做的整體微控制器市場統計與預測，雖然微控制器的平均單價(ASP)逐年持續下滑，但是數量與營業額還是處於穩定成長的階段。不管是車用或是 3C 的產品，甚至醫療、健身器材…等等，微控制器之應用領域隨著單價的降低將持續擴大！

微控制器(MCU)與『微處理器(Microprocessor Unit；MPU)』最基本的差別在微控制器內含 ROM 或 Flash Memory，並可程式規劃、儲存使用者賦予之指令。由於越來越多的微處理器被應用在控制領域，因此「微控制器」與「微處理器」已經越來越難以界定！僅能大致定義 MPU 強調運算效



能，而 MCU 則著重於控制功能以及週邊裝置的整合。微控制器追求的是「短小精悍、五臟俱全」，因此在小小一顆封裝中就完整具備了處理器、記憶體、週邊 I/O 等功能，所以初期才會被人稱為「單晶片(Single Chip)」，意指過去同樣的電路系統需倚賴多顆晶片的搭配、組合才能實現。除了內含 ROM 或 Flash Memory 的基本配備之外，近年來微控制器製造廠商更是將一些常用的週邊元件，如 A/D、D/A、Timer、PWM、串列傳輸埠……等等，整合到 MCU 晶片內部，促使微控制器的應用更加廣泛。在整合趨勢發展之下，微控制器核心整合多項功能以及提高記憶體(RAM、ROM)容量，已經成為客戶的基本需求，內建 Flash Memory 已成為產品的主流。另外，將多媒體周邊整合於微控制器也是一個開發趨勢，應用上包括數位相機、PDA、印表機、影像處理裝置與高速存取裝置等等。而微控制器搭配上「DSP(Digital Signal Processor)」，強化處理器運算效能，也是另一種技術導向。

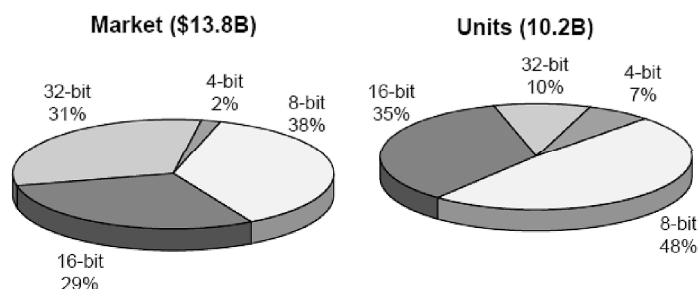
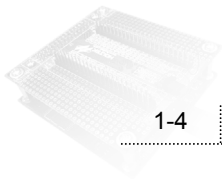


圖 1-1-2 2007 年 4、8、16 與 32 位元微控制器市場分布

由上述所提及的若干應用領域，相信讀者已能輕易體會微控制器的無所不在，也因為其無所不在，所以其需求量也相當可觀，單就最普遍的 8-Bit 8051 架構的微控制器來說，全球一年的出貨需求就高達三十三億顆，這還不包含其他仍在強勁成長的 16 位元、32 位元或非 8051 架構的微控制器(請參考圖 1-1-2)。微控制器整體出貨量相當龐大，根據 In-Stat 統計，2007 年 MCU 的產值已達 138 億美元，2006~2010 年的年複合成長率(CAGR)約 4.2%，其屢屢創下超過預期的成長表現，顯示市場需求不斷被開發。正由於市場的遍廣，使得微控制器不易像其他通用型處理晶片(如 CPU、GPU)般的形成獨佔、壟斷的局面，研製微控制器晶片的業者只要能貼近、切中某一產業或某一特定應用的控制需求，就能在市場上爭得一席之地。

自 1971 年 Intel 推出編號為 4004 的微處理器開始，4 位元微控制器就已經存在，至今仍有許多應用是採用 4 位元微控制器，如電子計算機、電子數字錶、電子玩具、LCD 控制、紅外線遙控器、小型家電、電池充電器、來電顯示器(Caller ID)……等等。同時業者也仍持續在生產提供 4 位元微控制器，如 Atmel 的 MARC4 架構系列、日本 OKI 的 nx 63K 系列、台灣義隆電子的 EM73 系列、Epson 的 S1C6x 族系、Renesas 的 720 族系與 HMCS400 族系、Samsung 的 S3C1 與 S3C7 系列，以及 Winbond 的 W541 系列與 W742E/Cxxx 系列等等。數年前業界出現了「用 8 位元微控制器取代 4 位元微控制器」的呼聲，認為 4 位元微控制器存在的唯一優勢在於價格，只要讓 8 位元微控制器的

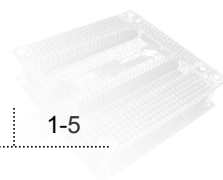


單價逼近 4 位元水準，即可將其替代；然而對大規模量產的微控制器而言，微幅的單價差異就會造成相當可觀的採購總額差！因此，8 位元微控制器仍然不易將 4 位元微控制器完全取代，不過單價積極降低的 8 位元微控制器也確實取代了 4 位元微控制器領域中屬於較高階運用的部份。無論就用量規模或是市場銷售總額來看，8 位元微控制器都是目前 MCU 中的第一主流，勝過 16 位元、32 位元以及前述的 4 位元微控制器，且應用的層面也最廣、最多。除 8051 架構的微控制器外，常見的 8 位元 MCU 架構還有 Atmel 的 AVR 系列、Infineon 的 XC800 族系與 C500/C800 族系、Microchip 的 PIC10/12/16/18 系列、Motorola/Freescale 的 68HC05/08/11 系列、NS 的 COP8 系列、Renesas 的 740 族系、ST 的 uPSD/ST5/ST6/ST7/ST9 系列、以及 Zilog 的 Z8 族系、eZ80 族系。也因為 8 位元微控制器用量最大、技術最成熟，國內也有多家業者投入 8 位元微控制器的行列，如盛群半導體 (Holtek)、凌陽科技(Sunplus)、義隆電子(Elan)、華邦電子(Winbond)、松翰科技(SONiX)等。

當需要更快速、大量的運算控制，而 8 位元微控制器之效能資源無法滿足應用需求時，就必須考慮採用 16 位元微控制器，如數位相機、VCD/DVD 播放機、汽車安全氣囊、引擎控制、防盜系統等。16 位元微控制器的供應商目前仍由歐美以及日系 IC 設計業者掌握，主要有 Infineon 的 XC166 族系與 C166 族系、TI 的 MSP430 系列、Motorola/Freescale 的 68HC12 系列、68HCS12 系列、Microchip 的 PIC24 系列、Philips 的 XA 系列、NS 的 CompactRISC 系列與 CP3000 族系、MAXIM 的 MAXQ 系列、Renesas 的 H8 系列、Intel 的 80251 系列、8096/80196/80296 系列、ST 的 ST9/ST10/Super10 系列等等。

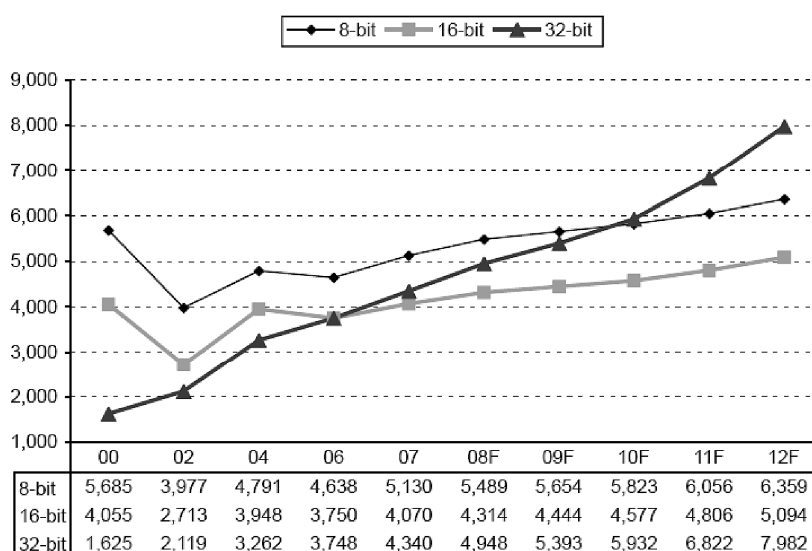
至於 32 位元的領域，「微控制器」與「微處理器」已經很難明確分界，凡是訴求嵌入式應用的 32-Bit MPU 或 MCU 都能算是 32 位元微控制器；其架構選擇相當多樣，例如以桌上型運算延伸的 x86(IA-32)、POWER/PowerPC、MIPS、SPARC，加上 SuperH、i960、ARM、Fujitsu 的 FR 族系、Infineon 的 TriCore 族系等等。至於應用方面，由於 32-Bit MCU/MPU 已具有相當充沛的運算能力及硬體資源，因此其應用層面與類型也就特別廣泛，小至 PDA、可攜式媒體播放裝置(Portable Multimedia Player；PMP)，大至電信機房的交換機、晶圓廠的製程設備都有其蹤影；此外，如醫療儀器、軍用設施也都有使用。

如圖 1-1-3 所示，依據世界半導體貿易統計組織的分析，32 位元微控制器的市場成長力道頗大，預估 2010 年將超越 8 位元微控制器；不過，根據 SEMICO Research 公司的調查顯示，『相對於 16 位元與 32 位元，8 位元微控制器雖然是屬於比較低階的產品，但它的應用廣泛，而且微控制器並不需要先進的製程能力，所以雖然它不再具有高度的成長性，但仍保有相當不錯的獲利能力』(請參考圖 1-1-4)，因此，仍有相當多的廠商仍持續維持對 8 位元市場的關注！8 位元微控制器目前朝向三個方向演變：首先是整合愈來愈多的周邊元件，並由此帶來更多創新產品與應用；其次是以 IP 核心方式，與 ASIC 和 FPGA 整合；再來則是朝極度簡化發展，在原本微控制器中包含的電路功能拆解，減少 I/O 或只保留特定功能，針對特殊應用進行設計。因此 8 位元微



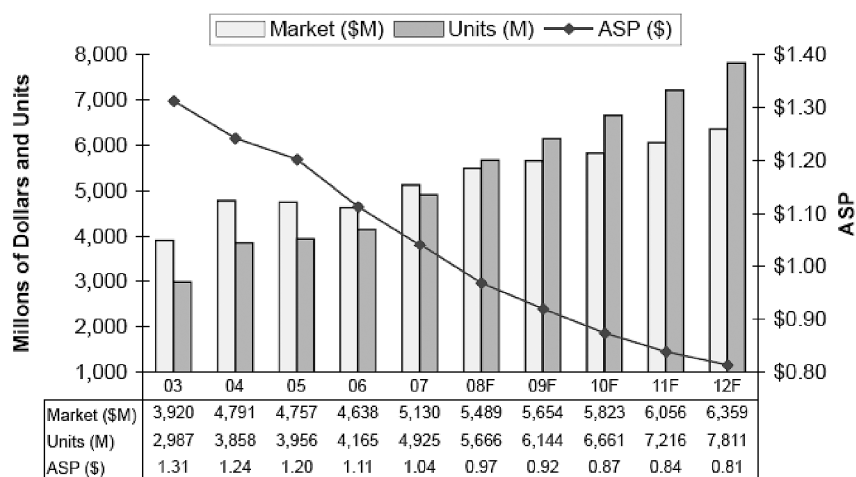
控制器佔據主流的原因在於其功能和價格適中，向下打壓 4 位元微控制器發展空間，往上擠壓 16 位元微控制器應用範圍。

Shifts in MCU Market (\$M, 2000-2012)



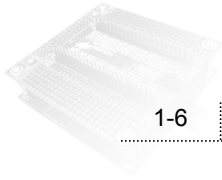
資料來源：WSTS，IC Insights

圖 1-1-3 微控制器市場的消長



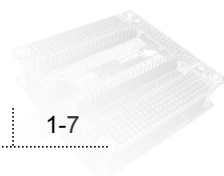
資料來源：WSTS，IC Insights

圖 1-1-4 8 位元全球微控制器市場預估



盛群半導體公司(Holtek)鑑於 IC 市場競爭將愈來愈激烈，近年來從消費性電子設計公司成功轉型為專業微控制器設計，專注於通用型與嵌入式微控制器開發。除了消費性、電腦周邊、通訊領域的嵌入式微控制器外，也提供 I/O、LCD、A/D、RF 及 A/D LCD、Flash 等通用型微控制器。該公司的定位是以微控制器為核心技術的 IC 設計公司，不同於國內其他微控制器製造商，其行銷網絡遍及全球，涵蓋歐洲、北美、中南美洲等地，產品線廣泛，不僅消費性產品用的微控制器在德國獲得飛利浦家電的採用，更是國內最早推出符合工業規格微控制器設計公司。早期以提供 8 位元的 OTP 與 Mask 型式的微控制器為主，不過近年來已朝向可重覆讀寫的 E²PROM、Flash 微控制器發展，在技術層次上將足以趕上國外廠商。

盛群半導體公司的產品線相當的完整，其主要產品請參考隨書光碟片中的檔案－「SelectionGuide.pdf」（該檔案之產品內容乃於 2011.06.30 擷取自盛群半導體股份有限公司網站，最新之產品資訊請讀者隨時至網頁查詢：<http://www.holtek.com/chinese/products/default.htm>），光是 8 位元微控制器就有數十項不同應用領域的專用產品，使用者可以依自己需求挑選最適用的微控制器，以達到降低生產成本之最終目的，本書將以 A/D Type Flash MCU－「HT66Fxx0」家族為主，希望藉由本書的介紹讓讀者能對一系列的微控制器有所認識，由於盛群半導體公司 MCU 系列的相容性很高，若能徹底瞭解 HT66Fxx0 家族之架構，想要再跨足其他系列的微控制器必定有事半功倍的效果！本書就以盛群半導體公司的「HT66F50」為主體，帶領讀者一探微控制器世界的奧秘！

**1-2****HT66Fx0 微控制器之特點介紹**

盛群半導體股份有限公司於 2009 年第四季推出全新系列的 Enhanced Flash MCU，包含 I/O 型的 HT68Fxx 系列及 A/D 型的 HT66Fx0 系列，全系列均符合工業上 -40°C ~ 85°C 工作溫度與高抗雜訊之性能要求，搭配盛群 ISP(In-System Programming)技術方案，可輕易實現成品韌體更新，全系列搭載非揮發性資料記憶體(EEPROM or E²PROM)，可於生產過程或成品運作中儲存相關調校參數與資料，並且不因電源關閉而消失，可有效提高生產效能與產品彈性。

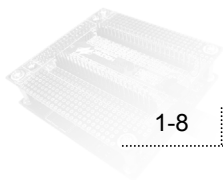
Enhanced Flash MCU 系列 Program Memory 為 2~8K Words，SRAM 由 96~384 Bytes，內建 64~256 Bytes Data E²PROM，除 Crystal、ERC Mode 外並內建精準 Internal RC Oscillator，提供 4MHz、8MHz、12MHz 及 32kHz 四種頻率。具有四個 Software SCOM 輸出，可直接驅動小點數 LCD Panel，通訊介面並具有 SPI、I²C、UART、USB 等多種選擇。

HT68Fxx 與 HT66Fx0 系列皆內建盛群全新設計的『計時模組(Timer Module；TM)』，具備 Capture、Compare、Timer/Event、Single Pulse Output、PWM 等五種操作模式；A/D 型 HT66Fx0 系列內建 12-Bit 快速 ADC，並提供內建之參考定電壓源。

全系列提供 16~48 Pin 的多種封裝型式，搭配 Enhanced Flash MCU 的豐沛硬體資源及使用彈性，適合各種應用領域的產品，諸如家電、工業控制、汽車及醫療保健等。

本書以介紹 HT66Fx0 系列的 Enhanced A/D Flash Type 八位元微控制器為主，其採用高效能「精簡指令(Reduce Instruction Set；RISC)」架構，內部具備 RAM、E²PROM 的資料記憶體。此系列 IC 採用先進的 CMOS 技術製造，因此具有低功率消耗、高執行速度的特性。八至十二組 A/D 通道(Analog to Digital Channel)解析度達 12-Bit，使得 HT66Fx0 系列微控制器可直接與外部類比信號連接(如感測器輸出)；此外，TM(計時模組，Timer Module)之 PWM(Pulse Width Modulation)輸出搭配簡易的 RC 電路可做為類比信號輸出(Digital to Analog)或其他 PWM 的控制應用。而盛群微控制器一般共同具備的特性，如省電模式、喚醒功能、振盪器選項、可程式除頻器(Programmable Frequency Divider；PFD)等等，也都整合於 HT66Fx0 系列微控制器中，使用者依應用的需求，僅需外加少量的外部元件即可成為完整的產品。A/D、TM、TBC(Time Base Interrupt)、內建 E²PROM、LCD 輸出介面、高效能、低功耗、低成本及雙向 I/O 等特點，使 HT66Fx0 系列微控制器應用領域相當的廣泛，如感測信號處理、馬達驅動、工業控制、次系統控制(Sub-System Control)以及消費性電子產品…等等。

HT66Fx0 內建串列界面模組(SIM)，由目前應用最廣泛的 SPI 與 I²C 介面所組成，使其可以很容易與外接的硬體裝置達成資料傳輸的目的。HXT、LXT、ERC、HIRC 與 LIRC 等多種的振盪器選擇，讓使用者在選擇上更具彈性；在成本考量的前提下，甚至不需外接任何的元件，即可提供微控制器正常運作所需的振盪信號！六種操作模式以及高速、低速系統振盪電路的機動切換，更可以讓系統在運作效能與節省功耗上取得最佳的平衡點。HT66Fx0 系列家族成員請參考表 1-2-1，成員



間之主要差異在於 RAM、E²PROM、程式記憶體之容量以及 I/O 腳數的不同；另外，同一型號亦提供多種的腳位包裝類型，使用者可依實際的應用需求挑選最合適的型號與包裝類型。請注意，在成員編號中若冠上 U 或 B 字母，分別代表具備 UART 或 USB 介面，對於有 UART 或 USB 串列需求的應用而言，是相當方便的選擇；不過礙於篇幅的限制，本書並不包括這類界面的說明，有興趣鑽研的讀者請自行研讀原廠的資料手冊。

表 1-2-1 HT66Fxx 系列家族成員

Part No.	VDD	Program Memory	Data Memory	Data EEPROM	I/O	Timer Module	Interrupt		Stack	A/D	Interface	Package
							Ext.	Int.				
HT66F20	2.2V~5.5V	1Kx14	64x8	32x8	18	10-Bit CTMx1 10-Bit STMx1	2	9	4	12-bitx8ch	SPI/I ² C	16 DIP/NSOP/SSOP , 20 DIP/SOP/SSOP
HT66F30											SPI/I ² C	
HT66FU30											UART	
HT66FB30	2.2V~5.5V	2Kx14	96x8	64x8	22	10-Bit CTMx1 10-Bit ETMx1	2	9	4	12-bitx8ch	USB	16 DIP/NSOP/SSOP , 20 DIP/SOP/SSOP , 24 SKDIP/SOP/SSOP ,
HT66F40											SPI/I ² C	
HT66FU40											UART	
HT66FB40	2.2V~5.5V	4Kx15	192x8	128x8	42	10-Bit CTMx1 10-Bit ETMx1 16-Bit STMx1	2	9	8	12-bitx8ch	USB	24/28 SKDIP/SOP/SSOP , 44 QFP , 32/40/48 QFN , 48SSOP
HT66F50											SPI/I ² C	
HT66FU50											UART	
HT66FB50	2.2V~5.5V	8Kx16	384x8	256x8	42	10-Bit CTMx2 10-Bit ETMx1 16-Bit STMx1	2	9	8	12-bitx8ch	USB	28 SKDIP/SOP/SSOP , 44 QFP , 40/48 QFN , 48SSOP
HT66F60											SPI/I ² C	
HT66FU60											UART	
HT66FB60	2.2V~5.5V	12Kx16	576x8	256x8	50	10-Bit CTMx2 10-Bit ETMx1 16-Bit STMx1	4	11	12	12-bitx12ch	USB	44/52 QFP , 40/48 QFN , 48SSOP
HT66FU60											SPI/I ² C	
HT66FB60											UART	

HT66Fxx 的特點如下：

1. 工作電壓：2.2V~5.5V($f_{SYS}=8\text{MHz}$)、2.7V~5.5V($f_{SYS}=12\text{MHz}$)、4.5V~5.5V($f_{SYS}=20\text{MHz}$)。
2. 指令週期(Instruction Cycle)在 $V_{DD}=5\text{V}$ 、 $f_{SYS}=20\text{MHz}$ 時可達 0.2 μs 。
3. 具備省電模式與喚醒功能，可降低系統功耗。
4. 雙時脈系統，可由晶片「配置選項(Configuration Options)」選擇系統工作時脈是 High Speed Oscillation(包含 HXT¹、ERC²、HIRC³)或 Low Speed Oscillation(LIRC⁴、LXT⁵)。
5. 內建 4MHz、8MHz、12MHz 振盪電路(HIRC)，可不需再外接任何零件。
6. 可經由軟體控制 MCU 工作於六種不同的操作模式(NORMAL、SLOW、IDLE0、IDLE1、SLEEP0 及 SLEEP1)。
7. 63 個高功能指令，因為是『精簡指令(RISC)』架構，可說是易學、易懂、易上手。一個指令週期只需要四個 Clock 的時間，而且除了改變 PC(Program Counter)指令與查表指令需要兩個指令週期之外，其餘的指令都只需要一個指令週期的執行時間。
8. 具位元處理(Bit Manipulation)指令與查表(Table Read)指令。

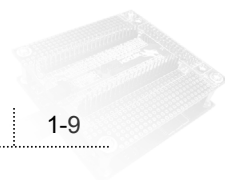
¹ External Crystal Oscillator：外部石英振盪器

² External RC Oscillators：外部RC振盪器

³ Internal RC Oscillators：內部RC振盪器，可由「配置選項」選定4MHz、8MHz或12MHz

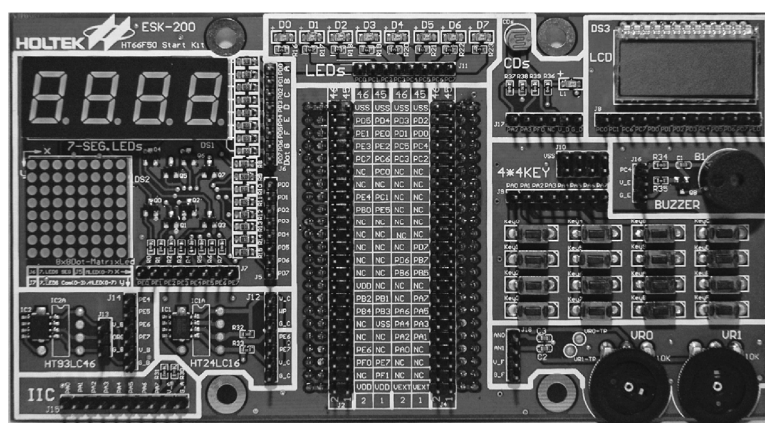
⁴ Internal RC Oscillators：內部RC振盪器，32KHz

⁵ External 32.768KHz Oscillator：外部32768Hz振盪器

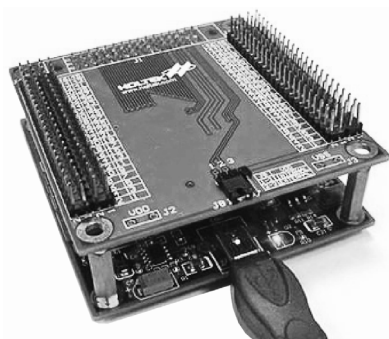


9. 堆疊深度：四～十二層。
10. Flash Type 程式記憶體(Program Memory)：1K×14-Bit～12K×16-Bit。
11. RAM 資料記憶體(Data Memory)：64×8-Bit～576×8-Bit。
12. E²PROM 資料記憶體：32×8-Bit～256×8-Bit。
13. 十八～五十支雙向輸入/輸出腳位(部份腳位擁有一個以上的功能，此處所言之雙向輸入/輸出腳位是指最多可當成 I/O 功能應用的腳數)。
14. 提供四支偏壓比為 $\frac{1}{2}$ 、可由軟體控制的 LCD COM 端控制腳位。
15. 二～四支中斷輸入接腳。
16. 具多重之計時模組(Timer Module；TM)，提供時間量測、輸入捕捉(Input Capture)、比對吻合輸出(Compare Match Output)、PWM 與單脈波輸出(Single Pulse Output)等功能。
17. SPI/I²C 串列傳輸介面模組(Serial Interface Module；SIM)。
18. 兩組類比比較器(Comparator)模組。
19. 兩組時基中斷(Time Base Interrupt)功能，可提供規律的中斷信號。
20. 具有看門狗 WDT 的功能，使系統更加穩定(即其萬一當機時，系統具有自動恢復之功能)。
21. 提供八～十二個通道的類比－數位轉換(Analog to Digital)介面，解析度達 12 位元。
22. 低電壓自動重置電路(Low Voltage Reset Circuit；LVR)：在電源電壓不穩或電源需要連續開關的系統中，很可能會有 Reset 不良的問題發生，使得設計者不得不在系統中再加上一些電路以克服此一問題，但徒然增加了系統之成本！HT66F 系列將電源下降偵測的功能設計在微控制器內部，提供使用者多一項選擇。可選定四種不同的重置電壓準位：2.1V、2.55V、3.15V、4.2V(精準度±5%)。
23. 低電壓偵測電路(Low Voltage Detector；LVD)：可選定八種不同的電壓準位：2.0V、2.2V、2.4V、2.7V、3.0V、3.3V、3.6V、4.4V(精準度±5%)；當 V_{DD} 低於使用者選定的電壓準位且超過 t_{LVD} 的時間之後，LVD 模組會設定 LVDF 中斷旗標。使用者可以利用 LVDF 位元的檢查或中斷機制的運用，使得當 V_{DD} 低於設定值後立即將重要資料進行備份(如複製到 E²PROM)，避免資料的遺失。
24. 多種的晶片包裝型式：24/28 SKDIP/SOP/SSOP、44 QFP、32/40/48 QFN。
25. 採用 CMOS 結構，具有強大的 I/O 驅動能力(工作在 V_{DD} 為 5V 時，I/O Port Source Current ≐ -7.4mA；Sink Current ≐ 20mA)。在未接任何負載時，HT66Fx0 運行於最高速度(HXT，20MHz)所消耗的最大電流約為 9mA；當進入省電模式後(參考 2-15 節)，若未致能 WDT，最低只需要 2μA 的電流(1μA，@V_{DD}=3V)；若是致能 WDT 功能，也只需要 5μA 的電流(3μA，@V_{DD}=3V)，可以說是相當的省電！

除了上述的特點之外，盛群半導體公司也提供相當完善的發展工具，如 HT-ICE 以及完整的整合式發展環境(HT-IDE3000)等等，除了可以節省產品的開發時間之外，更可以使初學者在短時間之內瞭解 HT 系列微控制器之特性及產品開發的技巧(請參考圖 1-2-1)；其中 e-Link 是 Holtek 新一代 OCDS(On Chip Debug Support Adapter)架構之 MCU 開發線上偵錯工具，搭配 HT-IDE3000 軟體系統，提供客戶直接在應用板上做程式的偵錯(支援 OCDS 架構的 MCU 正在開發中，預計於 2011 / Q4 推出)。



(a) 本書搭配之 HT66F 系列 Start Kit



(b) e-ICE

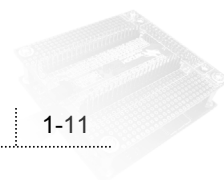


(c) OTP/Flash 整合型燒錄器 e-Writer



(d) e-Link

圖 1-2-1 HT66Fx0 系列相關之發展工具



本書第四、五章的實驗，絕大多數均能直接在 HT66F 系列 Start Kit 上實現，部分的內容僅需再加上少許的元件(如 LCM、DC Motor、LM3055、ULN2083、DIP Switch)也可以展現程式執行的結果，HT66F 系列 Start Kit(ESK-200)的電路請讀者參閱隨書光碟中的檔案－「ESK-200 電路圖(ESK200-BC).pdf」。

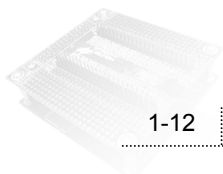
**1-3****HT66Fxx 家族介紹**

表 1-2-1 所示為 HT66Fxx 系列的家族成員，其指令完全相容，成員間之主要差異是在於程式記憶體與資料記憶體的容量、I/O 接腳總數以及周邊裝置的多寡(如 Timer、PWM、ADC 等)。使用者可以根據所設計的系統實際需求，從中挑選出最符合經濟效益的型號！編號中若冠上 U 或 B 字母，分別代表具備 UART 或 USB 介面，本書並不包括這類界面的說明，有興趣的讀者請自行研讀原廠的資料手冊。

除此之外，同一型號的微控制器也提供不同的接腳包裝方式，讓使用者的選擇更具彈性；圖 1-3-1 僅以 HT66F50 為例，列出該型號之各式包裝，各接腳功能簡述請參考表 1-3-1 與 1-4 節之說明；除了電源接腳外，所有的腳位在撰寫程式過程中均可直接參考其名稱；而多數的接腳具有多重功能，請參考後續各章節的說明。讀者若欲瞭解更詳細的資料或 HT66Fxx 家族其他成員，可至盛群半導體公司的網頁查詢(<http://www.holtek.com>)，或參閱本書光碟中所附的原廠資料手冊(HT66fx0V150.pdf)。

表 1-3-1 HT66F50 接腳功能摘要

Pin Name	Function	OP	Input Type	Output Type	Pin-Shared Mapping
PA0~PA7	Port A	PAWU PAPU	ST	CMOS	—
PB0~PB7	Port B	PBPU	ST	CMOS	—
PC0~PC7	Port C	PCPU	ST	CMOS	—
PD0~PD7	Port D	PDPU	ST	CMOS	—
PE0~PE7	Port E	PEPU	ST	CMOS	—
PF0~PF1	Port F	PFPU	ST	CMOS	—
AN0~AN7	ADC 輸入	ACERL	AN	—	PA0~PA7
VREF	ADC 參考電壓輸入	ADCR1	AN	—	PB5
C0-、C1-	類比較器 0/1 反相端輸入	CP0C CP1C	AN	—	PA3、PC3
C0+、C1+	類比較器 0/1 非反相端輸入	CP0C CP1C	AN	—	PA2、PC2
C0X、C1X	類比較器 0/1 輸出	CP0C CP1C PRM0	—	CMOS	PA0、PA5 or PF0、PF1
TCK0~TCK3	TM0~TM3 輸入	PRM1	ST	—	PA2、PA4、PC2、PC4 or PD2、PD3、PD0、—
TP0_0、TP0_1	TM0 輸入/輸出	TMPC0 PRM2	ST	CMOS	PA0、PC5 or PC6、PD5
TP1A	TM1 輸入/輸出	TMPC0 PRM2	ST	CMOS	PA1 or PC7
TP1B_0~ TP1B_2	TM1 輸入/輸出	TMPC0 PRM2	ST	CMOS	PC0、PC1、PC5 or —、—、PE4
TP2_0、TP2_1	TM2 輸入/輸出	TMPC1 PRM2	ST	CMOS	PC3、PC4 or PD1、PD4
TP3_0、TP3_1	TM3 輸入/輸出	TMPC1 PRM2	ST	CMOS	PD3、PD0 or PE5、PE3

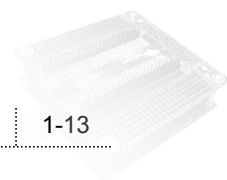


表 1-3-1 HT66F50 接腳功能摘要(續)

Pin Name	Function	OP	Input Type	Output Type	Pin-Shared Mapping
INT0、INT1	外部中斷 0/1	PRM1	ST	—	PA3、PA4 or PC4、PC5 or PE6、PE7
$\overline{\text{PINT}}$	周邊中斷	PRM0	ST	—	PC3 or PC4
PCK	周邊時脈輸出	PRM0	—	CMOS	PC2 or PC5
SDI	SPI 資料輸入	PRM0	ST	—	PA6 or PD2 or PB7
SDO	SPI 資料輸出	PRM0	—	CMOS	PA5 or PD3 or PB6
$\overline{\text{SCS}}$	SPI Slave Select	PRM0	ST	CMOS	PB5 or PD0 or PD7
SCK	SPI 串列時脈	PRM0	ST	CMOS	PA7 or PD1 or PD6
SCL	I ² C 時脈	PRM0	ST	NMOS	PA7 or PD1 or PD6
SDA	I ² C 資料	PRM0	ST	NMOS	PA6 or PD2 or PB7
SCOM0~SCOM3	SCOM0~SCOM3	SCOMC	—	SCOM	PC0、PC1、PC6、PC7
OSC1	HXT/ERC 接腳	CO	HXT	—	PB1
OSC2	HXT 接腳	CO	—	HXT	PB2
XT1	LXT 接腳	CO	LXT	—	PB3
XT2	LXT 接腳	CO	—	LXT	PB4
RES	重置輸入	CO	ST	—	PB0
VDD	電源輸入	—	PWR	—	—
AVDD	ADC 電源輸入	—	PWR	—	—
VSS	地端	—	PWR	-	—
AVSS	ADC 地端	—	PWR	-	—

說明：

OP：可由「配置選項(Configuration Option)」或控制暫存器選用。

PWR：Power Supply，CO：「配置選項(Configuration Option)」，AN：類比輸入(Analog Input)。

ST：舒密特觸發輸入(Schmitt Trigger Input)，CMOS：CMOS 輸出，NMOS：NMOS 輸出。

HXT/LXT：高/低頻石英振盪器(High/Low Frequency Crystal Oscillator)。

注意：❶ PA 各個腳位可透過 PAWU 暫存器的設定，決定其是否具備「喚醒(Wake-Up)」功能。

❷ 任何 ST 輸入型式之腳位在晶片內部均包含 Pull-High 電阻的設計，可透過特殊功能暫存器的設定加以選用。

❸ 上表是針對 HT66F50 包裝腳數最多之晶片所做之說明，部分腳位在包裝腳數較少的晶片上並未實現。

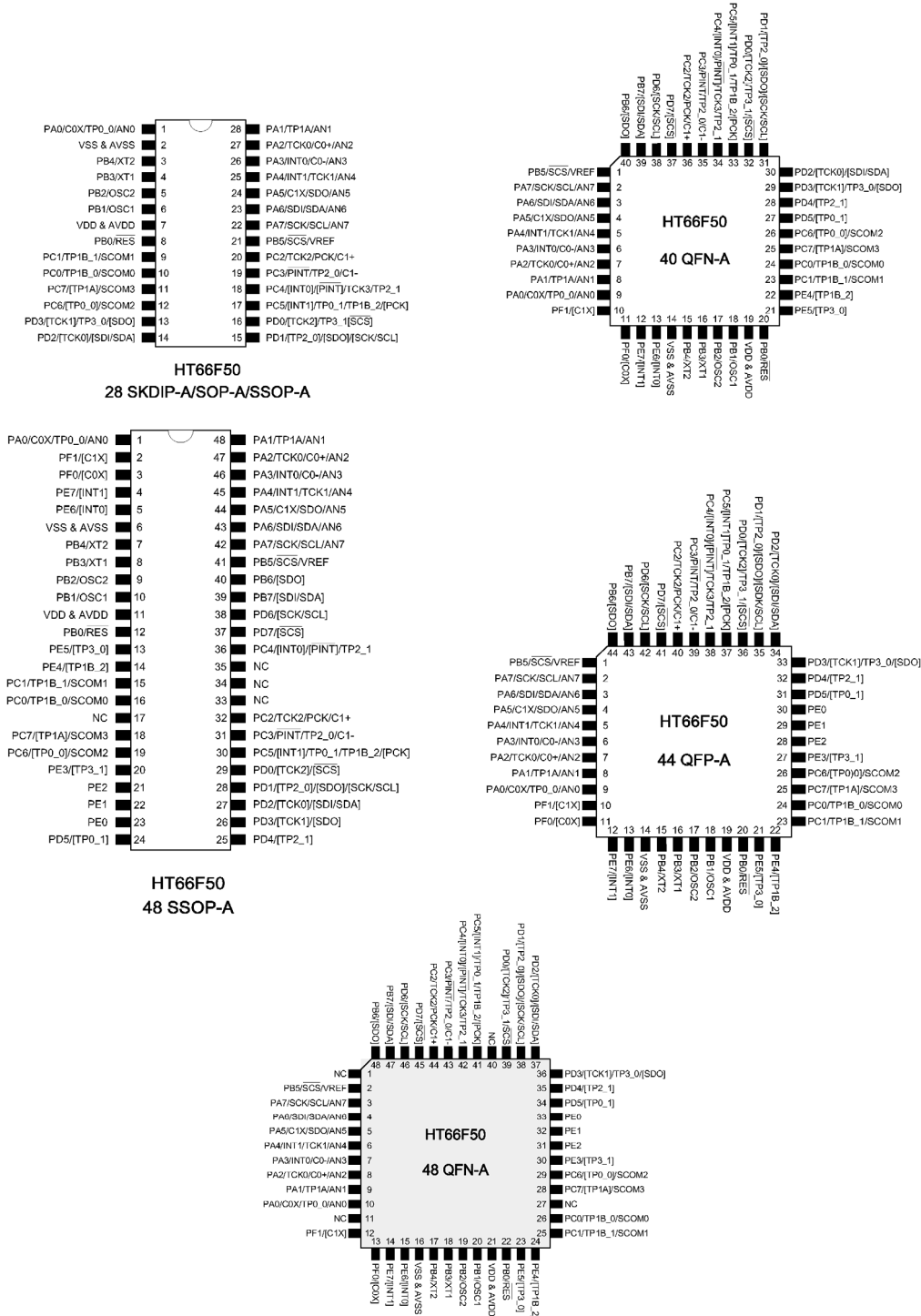
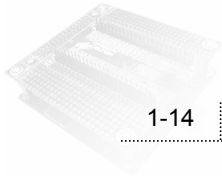
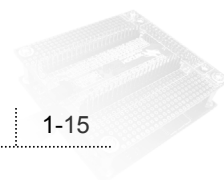


圖 1-3-1 HT66F50 各式包裝與接腳



由接腳圖中不難看出，大多數的腳位都由多重的功能所共享，如 HT66F50-48 QFN 包裝編號 10 的腳位，其為 PA0、C0X、TP0_0、AN0 所共用，這表示除了做為一般 I/O 使用外，該接腳尚具備類比較器 0 輸出(C0X)、TM0(計時模組 0)輸出以及類比通道 0 輸入(AN0)之功能。當這些功能同時輸出時，則以“/”符號右方的功能優先實現。另外，部分功能具備「腳位重定」的機制，亦即可將某一功能由原定的腳位轉移至其他接腳實現，這接腳位在接腳圖中是以 “[]” 符號加以區分。以 HT66F50-48 QFN 包裝為例，TP0_0 功能原是配置於 Pin-10，但亦可將其轉移至 Pin-29 實現；至於如何控制其轉移，則請讀者參閱 2-6-10 節之說明。

1-4

HT66Fxx 硬體接腳功能描述

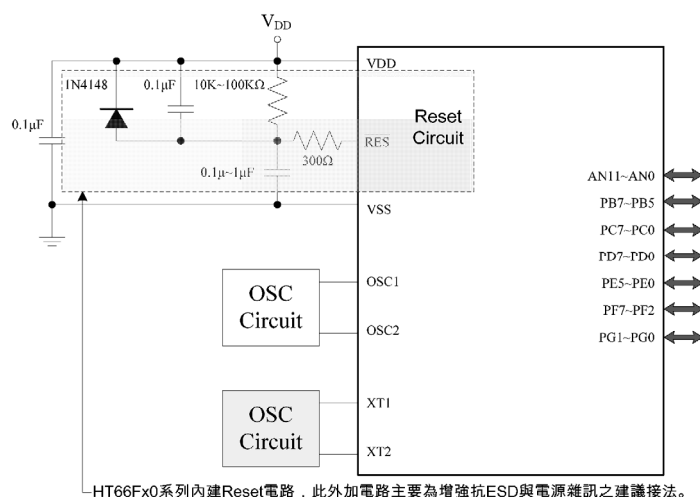


圖 1-4-1 HT66Fxx 基本應用電路

圖 1-4-1 是 HT66Fxx 基本應用電路架構，由於多數的接腳都擁有兩個以上的功能，以下的說明是以功能為主大略的敘述，詳細的用法與控制方式請讀者精讀第二章的論述；請注意：圖 1-4-1 中的重置外接電路為增強抗 ESD 與電源雜訊之建議接法，由於 HT66Fxx 全系列均內建 Reset 電路，此外加電路在一般應用非屬必要！

1-4-1 微控制器電源接腳(V_{DD} 、 V_{SS})

HT66Fxx 之工作電壓相當寬廣，2.2V 至 5.5V 均可正常操作。但電壓的高低也影響著微控制器可運作的頻率範圍，其關係如表 1-4-1 所示。

表 1-4-1 HT66Fxx 工作電壓與操作頻率關係

工作電壓	操作頻率	
	最低	最高
2.2V~5.5V	DC	8MHz
2.7V~5.5V	DC	12MHz
4.5V~5.5V	DC	20MHz

在未接任何負載時，HT66Fxx 微控制器運行最高速度(HXT，20MHz)所消耗的最大電流約為 9mA；當進入省電模式後(參考 2-15 節)，若未致能 WDT，最低只需要 2μA 的電流(1μA，@ V_{DD} =3V)；若是致能 WDT 功能，也只需要 5μA 的電流(3μA，@ V_{DD} =3V)，可以說是相當的省電！

參考表 1-4-2，比較 HT66Fxx 運作於各類操作模式之電流消耗，如何讓系統效能、功耗在最佳的平衡點運作，可說是設計者在節能產品設計上最大的課題。HT66Fxx 家族提供六種操作模式(Operation Mode)，使用者可依據應用的需求，讓微控制器隨時維持在效能/功耗最佳的平衡點下運作。

表 1-4-2 HT66Fx0 各操作模式之電流消耗

工作模式	測試狀態			Typ.	Max.	Unit
	V _{DD}	工作時脈	周邊裝置			
NORMAL Mode f _{sys} =f _H (HXT、ERC、HIRC)	3V	f _{sys} =f _H =4MHz	ADC off、WDT on	0.7	1.1	mA
	5V			1.8	2.7	mA
	3V	f _{sys} =f _H =8MHz	ADC off、WDT on	1.6	2.4	mA
	5V			3.3	5.0	mA
	3V	f _{sys} =f _H =12MHz	ADC off、WDT on	2.2	3.3	mA
	5V			5.0	7.5	mA
NORMAL Mode f _{sys} =f _H (HXT)	5V	f _{sys} =f _H =20MHz	ADC off、WDT on	6.0	9.0	mA
SLOW Mode f _{sys} =f _L (LXT、LIRC)	3V	f _{sys} =f _L	ADC off、WDT on	10	20	μA
	5V			30	50	μA
IDLE0 Mode (LXT or LIRC on)	3V	—	ADC off、WDT on	1.5	3.0	μA
	5V			3.0	6.0	μA
IDLE1 Mode (HXT、ERC、HIRC)	3V	—	ADC off、WDT on f _{sys} =12MHz on	550	830	μA
	5V			1300	2000	μA
SLEEP0 Mode (LXT and LIRC off)	3V	—	ADC off、WDT off	—	1.0	μA
	5V			—	2.0	μA
SLEEP1 Mode (LXT and LIRC on)	3V	—	ADC off、WDT on	1.5	3.0	μA
	5V			2.5	5.0	μA

註：表中之電流值是微控制器未連接任何負載時之量測值。

1-4-2 振盪電路相關接腳(OSC1、OSC2、XT1、XT2)

HT66Fx0 的系統時脈(System Clock)可機動運作於高速(f_H)或低速(f_L)兩種頻率，可由晶片之「配置選項(Configuration Options)」選擇高速時脈的來源為 HXT、ERC 或 HIRC，低速時脈來源為 LXT 或 LIRC(參考 2-11 節)。當進入 SLEEP、IDLE 模式時，系統會自動關閉高速系統振盪電路(包含 HXT、ERC 與 HIRC)，同時將忽略所有的外部信號以節省功耗。除非是在啓用 WDT 功能的情況下進入 SLEEP 模式，否則系統會連低速系統振盪電路(LXT、LIRC)也一併關閉，更進一步達到節能的效果。HT66Fx0 系列支援五種不同的振盪型式(參考表 1-4-3)，如此多樣的選擇提供使用者能在運行速度與功耗間取得最佳的平衡點，讓整體效能處於最佳的狀態。

表 1-4-3 HT66Fx0 系列支援的振盪型式

振盪型式	簡稱	頻率範圍	使用腳位
External Crystal	EXT	400KHz~20MHz	OSC1/OSC2
External RC	ERC	8MHz	OSC1
Internal High Speed RC	HIRC	4、8 or 12MHz	—
External Low Speed RC	LXT	32.768KHz	XT1/XT2
Internal Low Speed RC	LIRC	32KHz	—

HIRC 與 LIRC 振盪型式是由晶片內部 RC 振盪器提供系統工作時脈，因此無需外接任何的元件。但 RC 振盪型式的工作頻率尚受晶片包裝型式與電路板佈線的影響；即使是同一型號的晶片，所產生的振盪頻率也很難完全相同。但由於 RC 振盪型式的電路極為簡單、成本相當低廉，在工作頻率不需非常精確的場合，倒是一項節省成本的選擇。盛群公司在 IC 內部併入了頻率補償的電路設計，並在 IC 製造過程中精密的微調，使得頻率受 V_{DD} 、溫度、製程的影響降至最低；以 $V_{DD}=5V$ 或 $3.3V$ 、溫度 $25^{\circ}C$ 為例，當設定之輸出頻率為 4、8 或 12MHz 時，其頻率變動範圍在 2% 以內。

另外，比較特別的是 OSC1、OSC2、XT1、XT2 振盪器相關功能是與 PB1~PB4 的腳位共用，當不使用振盪器功能時，這些接腳可做為一般 I/O 使用。

圖 1-4-2 為 HXT 振盪模式的建議連接方式，對大多數的石英振盪器來說，只要直接將其連接於 OSC1、OSC2 腳位即可提供振盪所需的相移與回授；但陶瓷諧振器(Ceramic Resonator)與部份的石英振盪器則需外加兩個小電容(C1、C2)以確保振盪電路得以正常工作，圖 1-4-2 右側表格是 C1、C2 電容的建議值；讀者可以查閱振盪器供應商的產品規格書，以取得電容之正確數值。請注意，圖 1-4-2 中的 R_p 電阻通常都不需連接，而在 OSC1、OSC2 腳位間存在大約 7pF 的雜散電容，這在圖中並未加以標示。

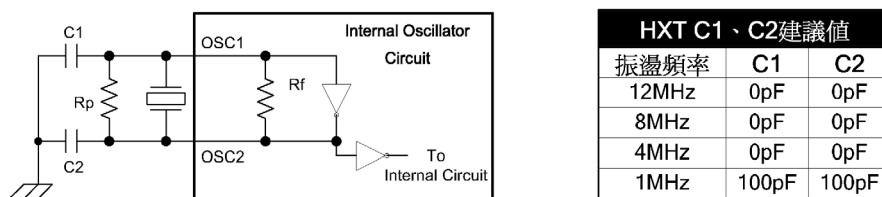


圖 1-4-2 HXT 振盪電路連接方式

在 ERC 振盪模式下，其頻率取決於 R_{OSC} 的阻值(R_{OSC} 之值需介 $56K\Omega \sim 2.4M\Omega$ 間)；電路連接方式請參考圖 1-4-3，電容之目的僅在提升振盪器的穩定度，其值與頻率無關。此振盪模式僅使用 OSC1 腳位，OSC2 仍維持 PB2 的 I/O 功能。

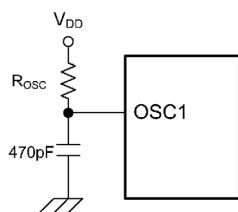


圖 1-4-3 ERC 振盪電路連接方式

ERC 的優點是結構很簡單，只要一個電阻和電容即可，因此成本極低；但一般來說，其振盪器輸出頻率易受 V_{DD} 、溫度、電阻誤差以及 IC 本身製程改變的影響。盛群公司在 IC 內部併入了頻率補償的電路設計，並在 IC 製造過程中精密的微調，使得頻率受 V_{DD} 、溫度、製程的影響降至最

低；以 $V_{DD}=5V$ 、溫度 $25^{\circ}C$ 、 $R_{OSC}=120K\Omega$ 為例，此時 ERC 之輸出頻率為 $8MHz$ ，而其變動範圍在 2% 以內。但即使如此，在時序精準度要求較高的場合仍不建議使用。所以，RC 振盪器的方式並不適用在對於工作頻率要求相當精準及穩定的場合（詳細之參數關係請參考盛群公司官方網站所公佈之數據）。

LXT 振盪型式為低速時脈來源的選擇之一，LXT 提供 $32.768KHz$ 的固定頻率，電路連接方式請參考圖 1-4-4；在 XT1、XT2 腳位間需連接一個 $32.768KHz$ 的石英振盪器。此外，電路中之 C1、C2 與 R_p 電阻是提供振盪不可或缺的元件，在講求頻率精準度的應用場合，這些元件也提供所需的電路補償，以提供精確、穩定的振盪頻率。讀者可以查閱振盪器供應商的產品規格書，以取得電容之正確數值。請注意，在 XT1、XT2 腳位間存在大約 $7pF$ 的雜散電容，在圖中並未加以標示；圖 1-4-4 中 C1、C2 的建議值為 $10pF$ ， R_p 阻值約在 $5M\sim 10M\Omega$ 之間。

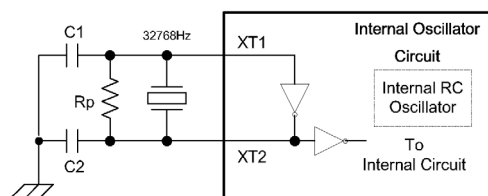


圖 1-4-4 LXT 振盪電路連接方式

LXT 振盪型式提供兩種操作模式，分別是❶快速啟動模式(Quick Start Mode)與❷低功耗模式(Low Power Mode)，可由「LXTLP」位元加以選擇；當選用『Quick Start Mode(LXTLP=「0」)』時，LXT 能在最短時間內起振並進入穩定狀態，這也是 Power-on 時系統的初始設定模式。當 LXT 進入穩定輸出後，建議將其切換為『Low Power Mode(LXTLP=「1」)』，此時 LXT 繼續穩定的振盪，但消耗較低的電流。由於 LXT 振盪器唯有在起振時需要較大電流，對於以電池為供電裝置的應用產品上，建議在 Power-on 後約兩秒鐘，即設定 LXTLP=「1」，採用低功耗模式，以降低電流的耗損。請注意，不論 LXTLP 位元的設定為何，LXT 振盪電路均可正常運作；唯一的差異僅是『Low Power Mode』需要較長的起振時間。

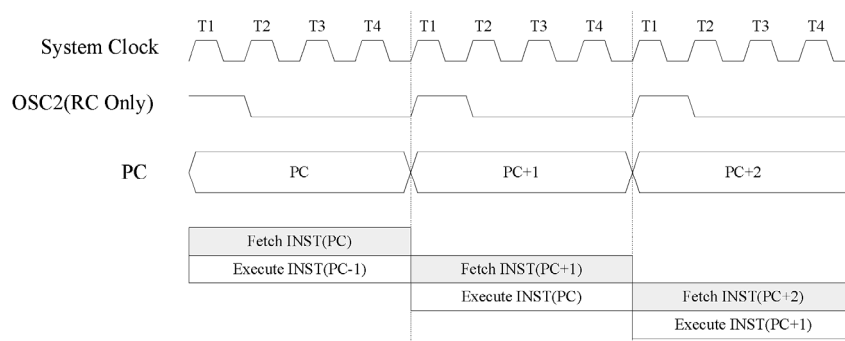
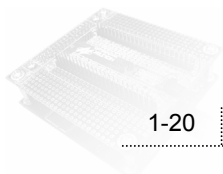


圖 1-4-5 Clock 與指令週期之關係



HT66Fx0 晶片內部將系統時脈(System Clock : f_{SYS})以四個週期為單位稱為『指令週期(Instruction Cycle)』。每一個指令週期可再細分為四個非重疊時段(T1~T4)，如圖 1-4-5。「程式計數器(PC : Program Counter)」是在 T1 加一，而在 T4 時依據 PC 所指定的位址至程式記憶體將指令抓入 CPU 內部的指令暫存器(Instruction Decoder)，至於指令的解碼與執行則是在下一個指令週期之 T1~T4 完成。如此看來，似乎執行一個指令需要花費兩個指令週期的時間，其實不然！由於 HT66Fx0 晶片內部採用『管線作業(Pipeline Scheme)』之架構，除了跳躍指令與分支指令(即改變 PC 值之指令)之外，絕大多數指令的執行都只需花費一個指令週期的時間。請參考圖 1-4-6 的例子與說明：

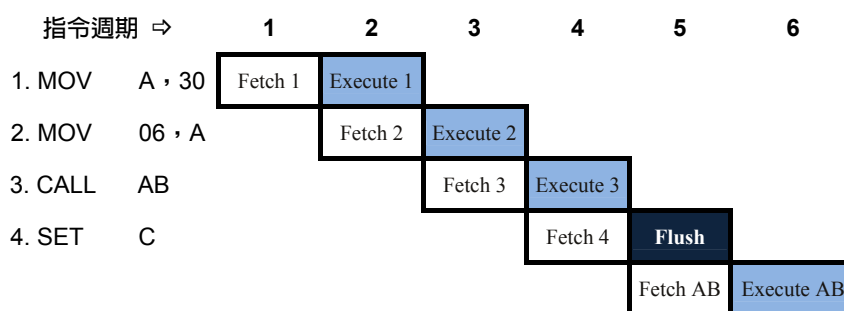


圖 1-4-6 HT66Fx0 Pipeline 架構圖例

首先，在第一個指令週期時，依據 PC 所指定的位址至程式記憶體抓取指令(Fetch 1；「MOV A，30」)。在第二個指令週期時，除了針對「MOV A，30」進行解碼與執行之外(Execute 1)，同時也將下一個指令抓入指令暫存器(Fetch 2；「MOV 06，A」)。在此執行期間，運算元(資料記憶體)的讀取是在 T2 進行，而運算結果的儲存則是在 T4 完成。至於在執行分支及跳躍指令(如「CALL」、「JMP」...)時，由於必須先將管線中的指令『清空(Flush)』，以便存放新進的指令，所以必須兩個指令週期的時間才能完成。

1-4-3 重置接腳($\overline{RES}$)

HT66Fx0 外部重置輸入腳位是與 PB0 所共用，由於在晶片內部已配備了重置電路的設計(請參考 2-14 節中系統重置之相關說明)，使用者可根據應用的需求，考量外部重置的必要性。透過「配置選項」的設定，可以選擇是否啓用晶片外部重置的功能，在不需外部重置的情況下，該腳位可當一般 I/O 使用。

HT66Fx0 系統重置輸入腳，接腳內部為舒密特觸發(Schmitt Trigger)之型式。系統重置之主要目的，是讓微控制器回到預設之系統狀況。當 $\overline{RES}$ 接腳輸入「Low」準位，HT66Fx0 隨即進入重置狀態，待 $\overline{RES}$ 接腳回復「High」準位之後才恢復正常的工作。雖然 HT66Fx0 晶片內部提供了 RC 重置功能，但是若 V_{DD} 上升速度太慢或是在供電瞬間無法於短時間內達到穩定狀態，就可能導致

重置程序無法順利完成，使得微控制器不能正常運作！因此建議在 $\overline{\text{RES}}$ 接腳外接一組 RC 電路，以提供足夠的延遲時間讓電源達到穩定的狀態；圖 1-4-7 為重置電路接法，連接至 $\overline{\text{RES}}$ 腳位之接線應越短越好，以降低雜訊之干擾；圖中 300Ω 電阻與二極體所構成之迴路可提供 ESD⁶保護，若電源雜訊較高的場合，則建議加上 C1 電容；圖 1-4-8 為 HT66Fx0 $\overline{\text{RES}}$ 接腳重置時序。

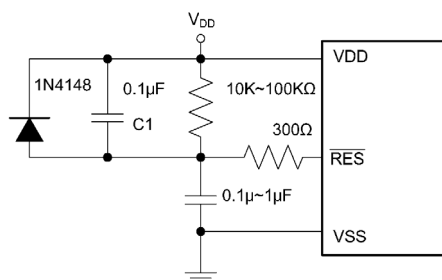


圖 1-4-7 HT66Fx0 $\overline{\text{RES}}$ 接腳重置電路

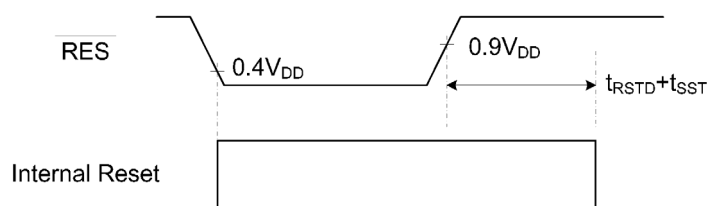


圖 1-4-8 HT66Fx0 $\overline{\text{RES}}$ 接腳重置時序

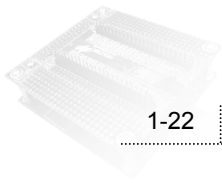
1-4-4 ADC 相關接腳(AVDD、AVSS、VREF、AN11~AN0)

HT66Fx0 內建八~十二通道的類比—數位轉換介面，其工作電壓(AVDD、AVSS)為獨立供應，可降低 ADC 轉換電路受微控制器運作的影響，VREF 為 ADC 轉換參考電壓輸入端，AN11~AN8(HT66F60 Only)、AN7~AN0 則為類比訊號輸入腳位；請參考 2-9 節的說明。

1-4-5 計時模組相關接腳(TCKn、TPn_0、TPn_1、TP1A、TP1B_0/1/2)

HT66Fx0 系列依型號之不同配置了二~四組的計時模組(TM)，每個 TM 均搭配一支 TCKn 輸入接腳，作為外部計數時脈輸入、偵測輸入信號正負源的變化，或是做為脈波寬度量測之用。每個 TM 也至少配置了一支輸出接腳(TPn_0、TPn_1、TP1A、TP1B_0/1/2...)，當 TM 運作於 Compare Match Mode 時，若發生「比對吻合」之狀況，計時模組將視控制位元的設定將輸出的準位設為 High、Low，或者反態(Toggle)，也可做為 PWM 波形的輸出接腳；請參閱 2-5 節的說明。

⁶ 靜電放電(Electrostatic Discharge; ESD)是造成大多數電子元件或電子系統受到過度電性應力(Electrical Overstress)破壞的主要因素。這種破壞將導致半導體元件，形成一種永久性的毀壞，因而影響積體電路的電路功能，使得電子產品工作不正常。



1-4-6 外部中斷輸入接腳(INT0、INT1、INT2、INT3)

HT66Fxx 家族提供二～四支的外部中斷輸入腳位(INT0～INT3)，所謂「外部中斷(External Interrupt)」是指當 INT0～INT3 接腳的輸入信號發生「特定」的準位變化時所引發之中斷；請參閱 2-4 節的說明。

1-4-7 SIM 介面相關接腳(SCK/SCL、SDI/SDA、SDO、 $\overline{SCS}$ 、PCK、 $\overline{PINT}$)

HT66Fxx 系列微控制器配備「串列介面模組」(SIM)，提供兩組應用相當廣泛的串列傳輸介面，分別為：①四線式的 SPI(使用 SCK、SDI、SDO、 $\overline{SCS}$)與②雙線式的 I²C(使用 SCL、SDA)，可透過軟體設定擇一使用。此外，SIM 模組尚配備 PCK(周邊時脈輸出)腳位，藉由該腳位輸出的時脈信號可讓外部硬體電路與微控制器內部時脈達到同步的作用。 $\overline{PINT}$ 則是外界裝置要求微控制器服務的中斷輸入腳位，功能其實與外部中斷(INT0～INT3)差不多，但其觸發準位不如外部中斷具備彈性的選擇，唯有當 $\overline{PINT}$ 腳位出現「1」⇒「0」的變化方能觸發微控制器之周邊裝置中斷；請參閱 2-8 節的說明。

1-4-8 LCD 介面相關接腳(SCOM3～SCOM0)

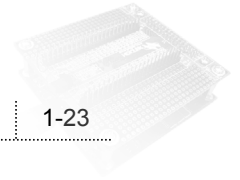
HT66Fxx 微控制器提供偏壓比(Bias)為 $\frac{1}{2}$ ，四個 COM 端的 LCD 介面(SCOM3～SCOM0)，其 SEG(Segment)端的段數就取決於整體 I/O 腳位的規劃；SCOM0～SCOM3 是由 PC 接腳引出，可為 PC[3:0]或 PC[1:0]與 PC[7:6]之組合。實際所對應的腳位、腳數會因不同型號而異；請參閱 2-10 節的說明。

1-4-9 類比比較器接腳(C0+/C0-、C1+/C1-、C0X/C1X)

C0+/C0-、C1+/C1-為 HT66Fxx 內建的兩組類比電壓比較器(Comparator)輸入腳位，比較器輸出狀態將記錄在 C0OUT/C1OUT 位元，使用者可選擇是否將比較結果由 C0X/C1X 接腳輸出。當輸出狀態產生改變時，若相關中斷位元已致能，則 CPU 將跳至對應的中斷向量執行中斷服務副程式；請參閱 2-7 節的說明。

1-4-10 輸入/輸出接腳(PA、PB、PC、PD、PE、PF、PG)

HT66Fxx 系列的輸入/輸出單元是採用「記憶體映成式(Memory Mapped I/O)」的結構，也就是說每一個 I/O 埠都對應到一個資料記憶體的位址(SFR)，這在第二章的內容中有詳細的探討，請讀者自行參閱。HT66Fxx 微控制器的每一支接腳都可以用指令單獨的規劃成輸入或輸出的型式，在 $V_{DD}=5V$ 的工作狀態下，每支接腳的驅動電流為：Sink Current(I_{OL})=20mA、Source



Current(I_{OH}) = -7.4mA；而在 $V_{DD}=3V$ 時，每支接腳的驅動電流為： $I_{OL}=9mA$ 、 $I_{OH}=-3.2mA$ ；而整顆微控制器所能提供 I/O 驅動總電流量為： $I_{OL}=80mA$ 、 $I_{OH}=-80mA$ ；如此強大的驅動能力，可以說是 HT66Fx0 的特點之一。另外，幾乎所有的腳位均具備多重的功能，而各型號又具備多種腳數的包裝型式，讓使用者的選擇更具彈性；以下說明中的腳位對應關係是以腳數最多、功能最完整的 HT66F60 52 QFP-A 包裝為例。各 I/O 埠之功能與特點歸納如下，詳細的說明尚請參考第二章各相關章節之內容：

1. PA 為一雙向的 I/O Port(PA7~PA0)，每個位元都是一個獨立的個體，可透過 PAC 控制暫存器來規劃各別的輸入/輸出功能，並可由 PAPU 控制暫存器選擇各個接腳是否接上內部之提昇電阻(Pull-high Resistor； R_{PH})，當工作電壓為 5V 時， R_{PH} 之值在 $10K\Omega \sim 50K\Omega$ 之間($R_{PH}=20K\Omega \sim 100K\Omega @ V_{DD}=3V$)。

PA 的接腳具多重功能，PA7~PA0 除可當成一般的 I/O 使用之外，它同時也是類比信號輸入至內部 A/D 模組的通道(AN0~AN7)，請參考 2-9 節的說明。PA 的每一個腳位均具有喚醒(Wake-Up)之功能，可經由 PAWU 控制暫存器加以選用，有關喚醒之相關說明請參考 2-15 節之內容。

PA0 也可以扮演類比比較器 0(Comparator 0)輸出的角色-C0X，此時 C0X 之狀態代表 C0+與 C0-類比輸入電壓比較的結果；請參考 2-7 節。此外，PA0 尚可做為 STM 比較吻合之輸出-TPO_0；請參考 2-5-1 節。

PA1 亦可做為 ETM 的捕捉輸入或比較吻合輸出-TP1A；請參考 2-5-3 節。

PA2 可做為 Comparator 0 類比電壓輸入接腳-C0+；在 STM 計數時脈選擇是來自外部時，此一腳位則為時脈信號輸入之處-TCK0。

PA3 則是 Comparator 0 類比電壓輸入接腳-C0-；同時也是外部中斷觸發信號輸入之處-INT0；參考 2-4 節。

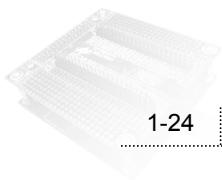
PA4 是外部中斷觸發信號輸入之處-INT1；當 ETM 計數時脈選擇是來自外部時，此一腳位則為時脈信號輸入之處-TCK1。

PA5 也可扮演 Comparator 1 輸出的角色-C1X，此時 C1X 之狀態代表 C1+與 C1-類比輸入電壓比較的結果。此外，當選用 SIM 模組之 SPI 功能時，PA5 尚做為串列資料輸出的腳位-SDO；請參考 2-8-1 節。

PA6 在選用 SIM 模組之 SPI 功能時，尚做為串列資料輸入腳位-SDI；而若選用 SIM 模組 I²C 功能，PA6 則做為 I²C 介面之資料腳位-SDA；請參考 2-8-2 節。

PA7 在選用 SIM 模組之 SPI 功能時，做為參考時脈腳位-SCK；而若選用 SIM 模組 I²C 功能，PA7 則做為 I²C 介面之時脈腳位-SCL。

2. PB 為一雙向的 I/O Port(PB7~PB0)，每個位元都是一個獨立的個體，可透過 PBC 控制暫存器來規劃各別的輸入/輸出功能，並可由 PBPU 控制暫存器選擇是否接上內部之提昇電阻(R_{PH})，



當工作電壓為 5V 時， R_{PH} 之值在 $10K\Omega \sim 50K\Omega$ 之間($R_{PH}=20K\Omega \sim 100K\Omega @ V_{DD}=3V$)。

PB 的部分接腳具多重功能，透過「配置選項」的設定，PB0 可做為晶片外部重置信號輸入腳位— $\overline{RES}$ ；請參考 2-9 節。而 PB1~PB4 則又做為時脈信號輸入之用(OSC1、OSC2、XT1、XT2)，進一步說明請參考 2-11 節。PB5 則為 ADC 模組外部參考電壓輸入接腳—VREF；同時又是 SIM 模組操作於 SPI Slave 功能時之致能腳位— $\overline{SCS}$ 。

3. PC 是雙向的 I/O Port(PC7~PC0)，每一支腳可以透過 PCC 控制暫存器單獨定義其為輸入或輸出。由 PCPU 控制暫存器選擇是否接上內部提昇電阻(R_{PH})，當工作電壓為 5V 時， R_{PH} 之值在 $10K\Omega \sim 50K\Omega$ 之間($R_{PH}=20K\Omega \sim 100K\Omega @ V_{DD}=3V$)。

PC0~PC7 的接腳具多重功能，PC0、PC1 尚可做為 ETM 捕捉輸入/比較吻合之輸出—TP1B_0、TP1B_1(請參考 2-5-3 節)，並且可將這兩支腳位規劃為互補式(Complement)輸出，增加其驅動能力(請參考 2-6-9 節)；此外也是 LCD 介面的 SCOM0、SCOM1 信號輸出腳位(請參考 2-10 節)。PC2 在 TM2 計數時脈選擇是來自外部時，此一腳位則為時脈信號輸入之處—TCK2(請參考 2-5-2 節)；也可做為 Comparator 1 類比電壓輸入接腳—C1+；同時 PC2 也是 SIM 模組外部周邊裝置的時脈信號接腳—PCK。

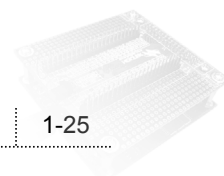
PC3 尚可做為 STM 捕捉輸入/比較吻合之輸出—TP2_0；也可做為 Comparator 1 類比電壓輸入接腳—C1-；同時 PC3 也是 SIM 模組外部周邊裝置的中斷觸發信號接腳— $\overline{PINT}$ 。

PC4 尚可做為 TM2 捕捉輸入/比較吻合之輸出—TP2_1；並且可將其與 TP2_0 腳位規劃為互補式(Complement)輸出，增加其驅動能力。同時，PC4 也是外部中斷觸發信號輸入之處—INT2；參考 2-4 節。在 TM3 計數時脈選擇是來自外部時，此一腳位則為時脈信號輸入之處—TCK3(請參考 2-5-2 節)。

PC5 可做為 TM1 捕捉輸入/比較吻合之輸出—TP1B_2；或是 TM0 比較吻合之輸出—TP0_1，並且可將其與 TP0_0 腳位規劃為互補式增加其驅動能力。PC5 也是外部中斷觸發信號輸入之處—INT3。

PC6、PC7 尚可做為 LCD 介面的 SCOM2、SCOM3 信號輸出腳位(請參考 2-10 節)。

4. PD 是雙向的 I/O Port(PD7~PD0)，每一支腳可以透過 PDC 控制暫存器單獨定義其為輸入或輸出。由 PDPU 控制暫存器選擇是否接上內部提昇電阻(R_{PH})，當工作電壓為 5V 時， R_{PH} 之值在 $10K\Omega \sim 50K\Omega$ 之間($R_{PH}=20K\Omega \sim 100K\Omega @ V_{DD}=3V$)。PD 可為單純的 I/O 腳位，不過 HT66Fxx0 系列提供「功能腳位重定(Re-mapping)」的機制，可將微控制器部分功能於 PD 實現。
5. PE 是雙向的 I/O Port(PE7~PE0)，每一支腳可以透過 PEC 控制暫存器單獨定義其為輸入或輸出。由 PEPu 控制暫存器選擇是否接上內部提昇電阻(R_{PH})，當工作電壓為 5V 時， R_{PH} 之值在 $10K\Omega \sim 50K\Omega$ 之間($R_{PH}=20K\Omega \sim 100K\Omega @ V_{DD}=3V$)；HT66F60 微控制器之 PE6、PE7 尚可作為類比通道(AN8~AN9)之輸入腳位。另外，經由「功能腳位重定」的機制，可將微控制器 INT0，INT1 功能於 PE6、PE7 實現。



6. PF 為雙向的 I/O Port(PF7~PF0)，每一支腳可以透過 PFC 控制暫存器單獨定義其為輸入或輸出。由 PFPU 控制暫存器選擇是否接上內部提昇電阻(R_{PH})，當工作電壓為 5V 時， R_{PH} 之值在 $10K\Omega \sim 50K\Omega$ 之間($R_{PH}=20K\Omega \sim 100K\Omega @ V_{DD}=3V$)；HT66F60 微控制器之 PF0、PF1 尚可作為類比通道(AN10~AN11)之輸入腳位。另外，經由「功能腳位重定」的機制，可將微控制器 C0X、C1X 功能於 PF0、PF1 實現。
7. PG 為雙向的 I/O Port(PG1~PG0)，僅 HT66F60 52 QFP-A 包裝配備 PG 腳位，且其僅有兩位元之寬度！每一支腳可以透過 PGC 控制暫存器單獨定義其為輸入或輸出。由 PGPU 控制暫存器選擇是否接上內部提昇電阻(R_{PH})，當工作電壓為 5V 時， R_{PH} 之值在 $10K\Omega \sim 50K\Omega$ 之間($R_{PH}=20K\Omega \sim 100K\Omega @ V_{DD}=3V$)；經由「功能腳位重定」的機制，可將微控制器 C0X、C1X 功能於 PG0、PG1 實現。

以上僅是針對 HT66Fx0 家族腳位功能概略敘述，詳細的功能操作還是請讀者參閱各個相關章節！參考圖 1-3-1，HT66Fx0 系列的腳位大多擁有多重的功能，當這些功能同時輸出時，則以“/”符號右方的功能優先實現。另外，部分功能具備「腳位重定(Pin-shared Function Pin-remapping)」的機制，亦即可將某一功能由原定的腳位轉移至其他接腳實現，這接腳位在接腳圖中是以“[]”符號加以區分；可經由 PRM0、PRM1 以及 PRM2 控制暫存器的設定，將其由原來指定的接腳轉移至其他腳位上實現，這樣的設計使得晶片應用時在腳位的規劃上更具彈性；請讀者參考 2-6-10 節的說明。

