

嵌入式系統之新興發展應用趨勢

◎廖建興

1. 前言

吾人如仔細洞察嵌入式系統應用在現實生活中之型態，應該發現嵌入式系統已是人類生活不可或缺的一部分！例如，人們無法想像無個人通信無手機的生活，它的存在無形當中幾乎是所有人類生活層面中無可避免的。而其他各種的嵌入式系統產品，如家庭多媒體系統、可攜式播放器、嵌入式醫療裝置及感應，以及汽車嵌入式系統等已經包圍吾人及持續融合通信及計算功能於這些裝置當中，嵌入式系統自身正在轉變成為真正複雜的即時系統，從而創造出新的機會及挑戰，以發展更加強大、更高效的處理器、周邊及其他配件於市場。嵌入式系統隨著微處理器之發明而誕生，並因此演變成各種不同的型式，例如，從主要被設計用於機器控制之應用，並隨著通訊網路技術的融入而迅速擴展到其他各種新的垂直應用領域及市場。然而，嵌入式系統的應用市場到底有多廣闊呢？這就不得不探討一下CPU被採用數量分佈情形，而提到CPU我們很直覺的會聯想到個人電腦(PC)，然而事實上，其他CPU的應用領域、範圍及採用的數量都遠遠超過PC的範疇。以數量來看x86的CPU，包含Intel 及AMD 公司所生產的，加總起來可能也不及其他種類CPU總消耗量的百分之一，其中應用數量最大的是在嵌入式系統。CPU數量之大說明了嵌入式系統應用的範圍之廣，同時這也意味其實並沒有甚麼所謂典型的嵌入式系統應用，可見嵌入式系統之重要性。

因此，本文主要目的將有系統地探討嵌入式系統之相關課題內容，首先即探討其整個發展歷程，微處理器發明後其即與通用

型電腦分成兩大發展方向，嵌入式系統方面並形成兩大發展模式；繼之從通用電腦之基本架構開始，探討嵌入式系統形成之基本要素及基本架構；再則，配合本文重點，整理編譯嵌入式系統之新興發展應用領域，以及嵌入式技術本身之發展趨勢，最後做一結論。

2. 嵌入式系統發展歷程

曾幾何時，電腦始終是供養安置在特殊的機房當中，為實現數值計算的大型昂貴設備。一直到七〇年代微處理器的出現，電腦才真正出現了歷史性的變化。以微處理器為核心的微型電腦以其小型、價廉、高可靠性特點，迅速地走出機房；基於高速數值運算能力的微型處理器，表現出的智慧化水準引起了控制領域專業人士的興趣，要求將微型處理器嵌入到一個實際物件體系中，實現物件體系的智慧化控制。例如，將微型電腦經電氣加裝、機械加裝，並配置各種週邊介面電路，安裝到大型艦船中構成自動駕駛儀或輪機狀態監測系統。這樣一來，電腦便失去了原來的形態與通用的電腦功能。為了區別於原有的通用電腦系統，便把嵌入到物件體系中，實現物件體系智慧化控制的電腦，稱作嵌入式(電腦)系統。因此，嵌入式系統誕生於微處理器時代，嵌入式系統的本質是將一個電腦嵌入到一個物件體系中，這些是理解嵌入式系統的基本[3]。

2.1 嵌入式與通用型(電腦)系統

由於嵌入式電腦系統要嵌入到物件體系中，實現的是物件的智慧化控制，因



此，它有著與通用電腦系統完全不同的技術要求與技術發展方向。傳統通用型電腦系統的技術要求是高速、大量的數值計算；技術發展方向總是將運算速度無限地提升，以及儲存容量無限地擴大。而嵌入式電腦系統的技術要求則是物件的智慧化控制能力；技術發展方向則並非僅是速度之無限提升，而是物件系統密切相關的嵌入性能、控制能力與控制的可靠性。

早期，人們勉為其難地將通用電腦系統進行改裝，在大型設備中實現嵌入式應用。然而，對於眾多的(較小型)物件系統(如家用電器、儀錶、儀器等)，無法嵌入通用電腦系統，況且如前所述，嵌入式系統與通用電腦系統的技術發展方向完全不同，因此，必須獨立地發展通用電腦系統與嵌入式電腦系統，這就形成了現代電腦技術發展的兩大分支，亦即通用型(電腦)系統與本文所述之嵌入式(電腦)系統，參圖2.1嵌入式與通用型(電腦)系統關係圖。

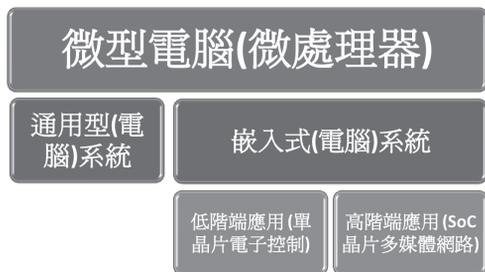


圖2.1 嵌入式與通用型(電腦)系統關係圖

通用型電腦系統與嵌入式電腦系統的專業化分工發展，導致電腦技術的飛速發展。電腦專業領域集中精力發展通用電腦系統的軟硬體技術，不必兼顧嵌入式應用要求，而其作業系統則迅速擴展資料檔案處理能力；嵌入式電腦系統則另走上了一條完全不同之獨立發展道路—單晶片(Single chip)化。微型電腦的體積、價位、

可靠性都無法滿足廣大物件系統的嵌入式應用要求，因此，嵌入式系統必須走獨立單晶片化發展的道路，將電腦做在一個晶片上，從而開創了嵌入式系統獨立發展的單晶片時代，迅速地將傳統的電子系統發展到智慧化的現代電子系統時代，使電腦真正成為進入人類社會全面智慧化時代之有力工具。

2.2 嵌入式系統應用模式

由於嵌入式系統曾經歷過很長的一段單晶片的獨立發展過程(大多是基於8位元單晶片)以實現最底層的嵌入式系統應用，因此其明顯帶有電子系統設計之模式特點。大多數從事單晶片應用開發人員，都是物件系統領域中的電子系統工程師，其大都以智慧化裝置身份進入電子系統領域，並未真正帶入嵌入式系統概念。因此，並不瞭解單晶片與嵌入式系統的關係；當談及嵌入式系統領域時，往往理解其為電腦專業領域的技術，例如，認為其係基於32位元之嵌入式處理器，可運用於網路、通信、多媒體等應用之技術。因此單晶片與嵌入式系統似乎形成了常見的兩個『獨立』的名詞。

嵌入式系統的嵌入式應用特點決定其跨領域之特性，亦即當作為電腦內涵時，要求電腦領域人員需進行其相關體系結構、軟體技術、工程應用等方面的研究。然而，欲瞭解物件系統的控制要求，實現系統控制模式則必須具備物件領域方面之專業。因此，從嵌入式系統發展的歷史過程，以及嵌入式應用的多樣性中，可以瞭解到客觀上形成的兩種類應用模式。當吾人考慮到單晶片電子系統底層應用特點時，可以把嵌入式系統之應用劃分成高階端(high ends)與低階端(low ends)兩個層次，亦即可以把原來之單晶片應用理解成嵌入式系統的低階端應用(意涵為其底層性及與物件系統的結合性)；而把多媒體網路

以及作業系統的組合稱為高階端應用(參圖2.1嵌入式與通用型(電腦)系統關係圖)。

嵌入式系統兩種應用模式分別為電子控制及多媒體網路模式：

- (1)電子控制模式：嵌入式電腦系統起源於微處理器時代，但很快就進入到獨立發展的單晶片時代。在單晶片時代，嵌入式系統以物件型態迅速進入到傳統電子技術領域中，以電子技術應用工程師為主體，實現傳統電子系統的智慧化，而電腦專業並沒有真正進入單晶片應用領域。因此，電子技術應用工程師以自己習慣性的電子技術應用模式，從事單晶片的應用開發。這種應用模式最重要的特點是：軟硬體的底層性及隨意性；物件系統專業技術的密切相關性；缺少電腦工程設計方法。
- (2)多媒體網路模式：雖然在單晶片時代，電腦專業淡出了嵌入式系統領域，但隨著後PC時代的到來，網路、通信技術得以蓬勃發展；同時，嵌入式系統軟硬體技術有了很大的提升，為電腦專業進入嵌入式系統領域應用闢建了廣闊空間，其形成之電腦應用模式，帶有明顯之電腦工程應用特點，如基於嵌入式系統之軟硬體平台及以網路、通信等為主之『非嵌入式』底層應用。

由於嵌入式系統之應用係傳統電子技術領域之智慧化改造，因此，以通曉物件專業的電子技術隊伍為主，用最少的嵌入式系統軟硬體開銷，以8位元單晶片為主，帶有濃厚之電子系統設計色彩的電子系統應用模式會長期存在下去。另外，電腦專業人士會愈來愈多地介入嵌入式系統應用，但礙於物件專業知識之隔閡，兩種模式之應用領域將會分別集中在控制、儀器儀錶、機械電子等方面的低階端嵌入式應用，以及網路、通信、多媒體、商務電子方面等高階端應用，客觀存在的兩種應用模式將會長期並存，並於不同領域中互補

之。電子系統設計模式應從電腦應用設計模式中，學習電腦工程方法和嵌入式系統軟體技術；而多媒體網路設計模式則應從電子系統設計模式中，瞭解嵌入式系統應用的電路系統特性、基本的週邊電路設計方法和物件系統的基本要求等。

3.嵌入式系統基本架構

3.1嵌入式系統特性及種類

什麼是「嵌入式系統呢？」，如前所述之嵌入式系統發展歷程，如果按照歷史性、本質性、應用性及普遍性之觀點，嵌入式系統應可定義為：「嵌入到物件體系中之一專用電腦系統」。因此「電腦系統」、「專用性」與「嵌入性」可說是嵌入式系統的三個基本要素，物件體系則是指嵌入式系統所嵌入的宿主(host)系統(參圖3.1-1嵌入式系統三項基本要素)。按照上述嵌入式系統的定義及系統基本要素，只要滿足定義中三要素的電腦系統即可稱之為嵌入式系統。



圖3.1-1 嵌入式系統三項基本要素

嵌入式系統的特點係由定義中的三個基本要素衍生出來的，嵌入式系統與物件系統密切相關，不同的嵌入式系統其特點亦會有所差異。「電腦系統」的相關特點則是嵌入式系統必須是能滿足物件系統控制要求的電腦系統；「專用性」及「嵌入性」特點則指此電腦必須配置有能與物件系統相適應的電氣及機械等相關介面電路，其主要技術係指能滿足嵌入式應用要求，並不斷擴展物件系統要求的周邊介面電路(如ADC、DAC、PWM、電源監測、程式監測電路等)，以形成滿足物件系統要求的應用系統。嵌入式系統作為一個專用電腦系統，需不斷向電腦應用系統發展，因此，可以把定義中的專用電腦系統延伸成滿足物件系統要求的電腦應用系統。至於嵌入式系統的種類依嵌入式系統，按

型態可分為晶片級(MCU、SoC)、板級(單板、模組)，以及設備級(工控機)等三種型態。「嵌入式設備」係指內部有嵌入式系統的產品或設備，例如內含單晶片之家用電器、儀器儀錶、機器人、手攜式電話、PDA，以及智慧型手機等。

3.2 電腦系統基本架構

一般電腦硬體之基本架構係由五大部分構成，其中控制單元(CU)及算術邏輯運算單元(ALU)構成了中央處理單元(Central Processing Unit，簡稱CPU)，為整個電腦的心臟，其他主要組成包括輸入單元(IU)、輸出單元(OU)，以及記憶單元(MU)；而電腦軟體之基本組成劃分包括系統軟體及應用軟體二大部分，參圖3.2-1通用型個人電腦硬體和軟體架構關係圖。

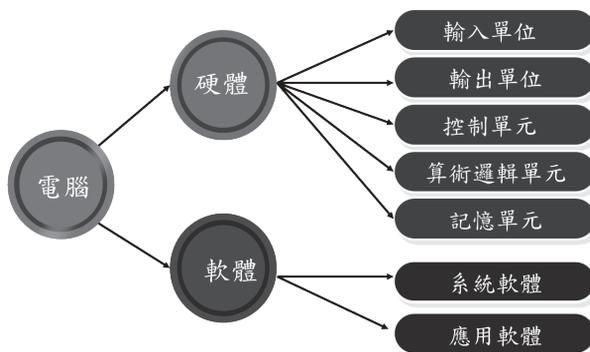


圖3.2-1 通用型個人電腦硬體和軟體架構關係圖

五大硬體單元功能說明如下：

- (1)輸入單元：最主要的功能是将資料輸入到中央處理器，有些輸入裝置(Input Device)可以讓使用者直接與電腦溝通，而有些則必須先將資料儲存在記憶裝置或者輸入媒體上。
- (2)輸出單元：主要是負責將資料由中央處理器經由資料通道送到輸出裝置(Output Device)上來顯示我們要的結果。
- (3)控制單元：負責電腦內部各裝置之間的配合動作以及資料傳送的動作指揮。

- (4)記憶單元：分為主記憶體(Main Memory)和輔助記憶體(Auxiliary Memory)，主要功能就是用來暫存資料以供中央處理器運算。
- (5)算術邏輯單元：是真正在處理資料的地方，處理所有的加、減、乘、除等算術運算以及比較、選擇等等邏輯運算。

另二大軟體單元功能說明如下：

- (1)系統軟體：最主要是負責電腦硬體設備的控制，管理電腦的資源整合，並且負責執行記憶體內部的程式以及內部的相

關資料傳輸(如作業系統Windows 2000/XP/Window 7等)。

- (2) 應用軟體：又可以細分為套裝軟體(Package Software)及客製軟體(Custom Software)。套裝軟體是由軟體開發廠商依照市場需求所製作出的軟體產品，消費者需要按照既定的軟體操作方式來使用它。客製軟體則是由消費者提出自己的需求與條件，與軟體開發廠商協議所開發出之一套專門針對消費者需求的軟體程式。

在系統軟體及應用軟體的監控之下，CU控制所有其他四個硬體單元之控制訊號流程方向，而程式或指令資料流向則從IU輸入後存入MU，再送至CU及ALU進行運算，之後再存回MU，或即將處理結果送至OU輸出，達成基本電腦之運作目的，參圖3.2-1電腦硬體基本運作架構。

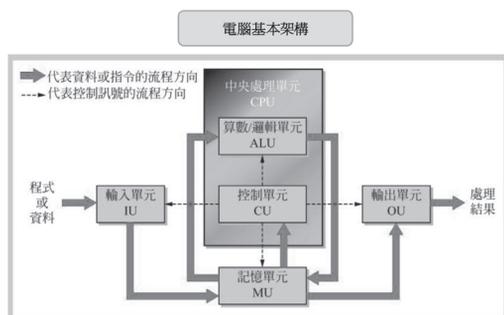


圖3.2-1 電腦硬體基本運作架構

3.3 嵌入式系統基本架構

如依前所述，嵌入式系統可定義為：「嵌入到物件體系中之一專用電腦系統」。因此其三個基本要素即為「電腦系統」、「專用性」與「嵌入性」，物件體系則是指嵌入式系統所嵌入的宿主(host)系統，因之，只要滿足定義中三要素的電腦系統即可稱之為嵌入式系統。嵌入式系統基本運作架構關係如圖3.3-1所示，其基本組成

亦如電腦軟硬體基本組成一般(共劃分成七大部分，如CPU(CU&ALU)/IU/OU/MU/應用軟體/系統軟體)。然而，正如大多數人認為一般，嵌入式系統設計較一般電子電路為複雜，其具有電子電路一數位及類比兼具、專用感應器及致動器、軟體、機械等項目，並具空間、重量、成本及功耗等設計挑戰。其重要特點是低功耗、即時響應、低散熱、小物理尺寸面積、低輻射輸出、粗獷的設計及不受外部輻射等。

圖3.3-1涵括顯示嵌入式系統之基本架構，如CPU、D/A轉換(輸出單元)、A/D轉換(輸入單元)、記憶體、軟體，以及FPGA/ASIC(底層硬體)、輔助系統(電源/冷卻)、診斷埠，及人機介面(HMI)等，此外並涵括屬於所謂嵌入之物件系統之感應器(Sensor)及致動器(Actuator)等。感應器及致動器間，在嵌入式系統之控制範疇內，輸入之類比信號透過嵌入式系統相關之電氣及機械設計支援及安全性考量，控制此嵌入式系統之致動器作動；而致動器作動之信號亦透過外部環境之回饋感應以調整感應器之輸入信號大小，維持整個嵌入式系統之穩定運作。

圖3.3-2並顯示代表性之嵌入式系統五個層級架構，其中最底層(第五層)為印刷電路板組合(Printed circuit board assembly)，包括類比及混合信號IC(Analog & Mixed signal IC)、微控制器/數位信號處理器(Microcontrollers/DSP)、ASIC-IP & SoC/FPGA，以及匯流排及介面(Buses & Interfaces)等；最上層(第一層)為應用層(Application Layer)，包括多執行緒應用/人機介面系統塑模及模擬(Multi-threaded applications, Human Machine Interface System modeling & Simulation)等；第二層為板件層級電路(Board level circuit)；第三層為即時作業系統(Real time operating system (RTOS))及板件支援包及裝置驅動器(BSP and Device Drivers)；第四層為通

訊協定及標準 (Communication protocols & standards) [5-6]。圖3.3-3即顯示一實際之嵌入式數位照相機(Digital Camera)晶片系統架構。

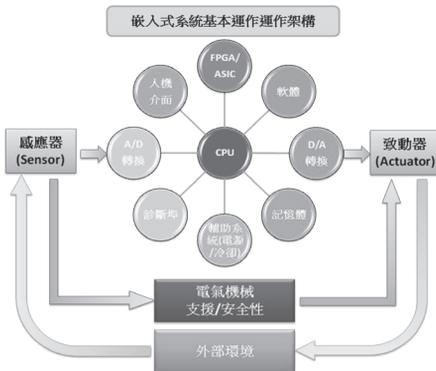
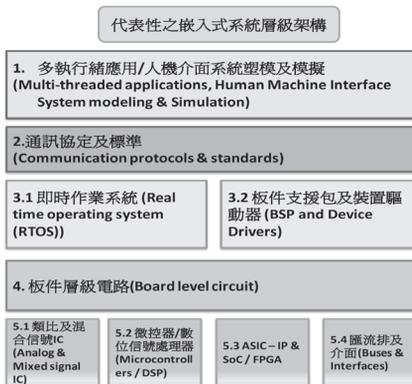


圖3.3-1 嵌入式系統基本運作架構關係圖



3.3-2 代表性之嵌入式系統層級架構

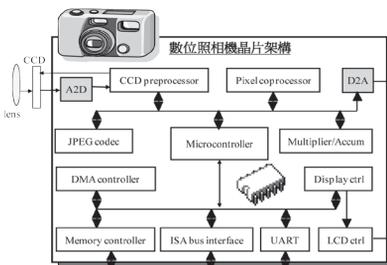


圖3.3-3 嵌入式數位照相機晶片架構

4. 嵌入式系統應用領域與趨勢

4.1 嵌入式系統未來應用領域

根據EETimes美國版編輯群選出的未來10大熱門應用技術(參圖4.1-1未來10大熱門應用技術[1])，包括電子書閱讀器、智慧電網、3D 電視等等；除了列舉讓這些應用如此引人矚目的原因，也提出了一些可能讓它們仍無法在2010年後出人頭地的未解問題；然吾人可發現至少有電子書閱讀器、微型投影機、遠距醫療、Android、生物/醫療電子、觸控螢幕，及 3D電視等與本文所提之嵌入式系統技術直接或間接相關。



圖4.1-1 未來10大熱門應用技術[1]

吾人如仔細洞察嵌入式系統應用在現實生活中之型態，發現嵌入式系統已是人類生活不可或缺的一部分！現在之嵌入式系統並已逐漸由原僅限於工業用電腦普及到如家電的領域。這類系統的特性是沒有外接的零配件、具有特定的功能、容積小、穩定性強的特點。系統軟體的設計與規劃須兼顧上述的特性而研發。至於何謂資訊家電(IA)？凡是具備網路連線功能並且能與其它裝置交換資料、處理訊息的專用資訊通信產品均可稱為資訊家電，資訊家電在未來寬頻網路及無線通信發達的狀況下，任何裝置都可直接或間接上網，雖然裝置的功能有限，但可透過網路遙控其他裝置來間接擴充功能。除了從網路的觀點來看IA，資訊家電也著重在"易用"、"

便利"的操作上。嵌入式系統的另外一種延伸應用是目前當紅的智慧型手機，嚴格講應該是加過許多工的嵌入式系統，因為智慧型手機上還有複雜的GUI系統，有些系統是與GUI系統一起整合在一起，有些則是分開的狀態。另外還有機上盒(Set Top Box)、WebPDA、PDA等都算是嵌入式系統的應用之一。正當吾人努力搜尋這些應用空間型態時，應可以清楚地識別出嵌入式系統之發展領域，例如通信、消費電子、工業控制、汽車電子，及航空航天/國防等領域。圖4.1-2即歸整出嵌入式系統應用之八大領域及代表性產品種類[5]。

- (1) 自動化(Automation)：影印機、傳真機、印表機、掃描機、多功能周邊、銷售點(PoS)終端、智慧卡等。
- (2) 電訊/資料/通訊(Telecom/Datacom)：路由器、轉換器、橋接器、蜂巢式電話、網路閘關器等。
- (3) 軍事/太空(Military/Aerospace)：衛星系統、雷達、聲納、導航、氣象系統、飛控系統、飛行管理系統等。
- (4) 消費電子(Consumer Electronics)：音樂播放器、數位相機、DVD播放器、STB機上盒、PDA個人數位助理機、遊戲機、GPS接收器、家用電器等。
- (5) 醫藥電子(Medical Electronics)：病患監視、手術系統、診斷設備、影像、電子聽診系統等。
- (6) 遠距自動化(Remote Automation)：大

樓自動化，如散熱、通風、空調、住宅自動化、設施儀表等。

- (7) 汽車電子(Automotive Electronics)：機架電子控制單元、車內娛樂或資訊娛樂系統、安全防盜、動力總成(Power train)、車體電子等。
- (8) 工業控制(Industrial Controls)：智慧感應器、特殊用途控制器、電子網路、製程管制等。

一般而言，為了實現主要設計需求，嵌入式系統設計係被限制於有限的計算、記憶體、顯示大小等資源當中。隨著其他技術的不斷融入，許多原屬於傳統的計算平台的功能性需求更是被加入於嵌入式裝置當中。當功能性需求隨著上市時間壓縮準確度增加雙重壓力下，如此則更進一步增加晶片設計師及產品經理於選擇處理器、作業系統、使用標準等之主要的『決定挑戰性(Decision Challenge)』。圖4.1-3則顯示嵌入式之產品生命週期(Product Life Cycle)循環變化關係。然而，就如前述之嵌入式數位照相機一樣，消費者之需求和獲利之機會，便決定了此一嵌入式數位照相機之產品週期，其後經概念之發展、產品之設計後，即進入正式之生產過程及部署運用；即進入產品售後之技術支援及維修等階段，融入消費者之使用經驗及意見，即可進行產品之升級汰換階段，最後產品終究需下市或遭棄置，等待尋求另一需求之發展機會。



圖4.1-2 嵌入式系統應用八大領域及產品



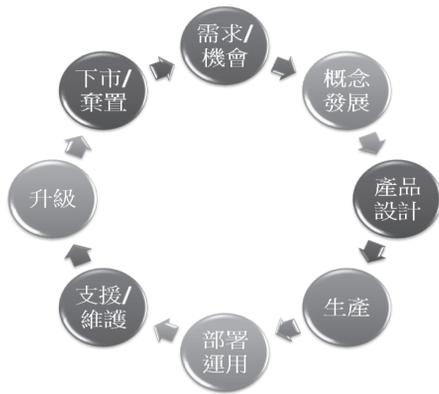


圖4.1-3 產品生命週期(Product Life Cycle)

4.2 嵌入式系統未來應用趨勢

有關嵌入式系統之未來應用趨勢可以整理編譯如下，例如：多核 (multi-core) 嵌入、嵌入式作業系統(OS)、嵌入式數位安全監控、融入性嵌入式系統及應用、健康照護、汽車、娛樂、本地化及國際化等八大方向 [2]：

(1) 多核嵌入(multi-core in embedded)：

由於加入大量的功能需求，因此高性能的嵌入式系統已成為必然，所以開發人員越來越傾向於多核心處理器系統設計架構之決定與選擇。然而此一新的應用範圍也必要考量低熱雜訊量的小尺寸設置，以及機械和包裝自身特殊特性。傳統上，晶片製造商發展更快的單核心處理器，以滿足日益增加的性能需求，但很快他們發現，增加頻率雖然提供了某些好處，但也造成許多缺點，例如：驅使至更高的功率消耗/高熱雜訊量，以及不切合實際地周邊裝置需求亦需要在相同匹配之速度下運行，造成整體成本增加，使得驅使費用持續增加。如此景況係嵌入式計算需求的

一個嚴重缺點，因此半導體製造商已經意識到，解決的方向是建立較低運行頻率及電壓的處理器，包括平行多核於單一晶片上。整體性能提高，因為多核設計於特定給定時間點可以同時執行多個任務。今天大部分的遊戲機已是多核的，智慧型手機亦然，這確實是越來越”聰明”了。雖然這種多核模式帶來利益，但也有豐沛的機會提供工程師去進行調整/重新學習這一新的設計領域—架構、設計、程式、除錯及測試等，使其充分知悉並認知有關多核所提供之新驅動力之最佳化使用。假若這些優點未讓發展者掌控，那麼目標也無法實現了！該多核心使用的生態系統仍然是一新興市場，它取決於如何快速選擇或設計人員如何迅速因應變革及標準化。IDE公司已經在這方面取得了領先，藉由作出必要的修改及增加新的多核的支持，顯然是成功的使用多核在嵌入式系統的主要因素之一。

另一個最近的發展是晶片供應商針對特定的市場製造及銷售新的晶片。如英特爾(Intel)推出了針對在銷售點(Point of Sale)終端及其他零售計算應用的嵌入式處理器。英特爾的賽揚處理器(Celeron CPU)被廣泛被應用到新的IP STB機上盒設計。英特爾還開發出供家用多媒體系統及可攜式媒體播放器的晶片。像全美達(Transmeta)公司一樣，飛利浦半導體(Philips semiconductor)，網矽(Netsilicon)等，都是瞄準嵌入式應用領域。飛利浦即將推出的LPC2000系列MCU微控制器係基於ARM7的內核，具有FLASH快閃記憶體、RAM記憶體、ADC轉換器、CAN匯流排及PWM通道，可應用於汽車電子、工業控制，及醫療裝置；又例如網矽有NET+ARM的系列處理器，其中NS9775是32位，200MHz的微處理器包括4個獨

立的視頻通道；德州儀器(TI)也打算在其發展最成功的OMAP架構系列計劃新的設計。全美達的克魯索(Crusoe)TM5700及TM9500，都提供了更好的性能，外形是其上一代產品的一半。雖然對新的嵌入式應用處理需求不斷增加，傳統應用仍蔚為主流，他們現在提供超低價格及功率需求並提高onchip記憶體(RAM及FLASH)與新的介面。如愛特梅爾(Atmel)公司、微芯(Microchip)科技公司、英飛凌(Infineon)科技股份公司、金麗(RDC)半導體有限公司，愛普生(Epson)公司及其他公司在此領域都具有其各自的MCU微控制器特色產品。

(2)嵌入式作業系統(embedded OS)：

傳統而言，嵌入式系統捨棄了單一作業系統，其具有輕巧控制程序/監控以提供有限之輸出入I/O及記憶體服務；然而，隨著系統變得複雜，無可避免地，需有提供低延遲的即時響應、時間快及空間小，並且具有所有傳統功能，如記憶體保護、錯誤檢查/報告及透明的相互過程間通訊等功能之新型作業系統，可應用於通信、消費電子、工業控制、汽車電子，及航空航天/國防等領域。新興之多核技術尚須多重任務、多重執行緒、多重處理、多處理器、多重板件除錯，並且必須運行在開放源工具鏈(open source tool chains)，例如Eclipse整合性軟體等，大部分的新設計現在正在遠離專有的作業系統及工具鏈，而且更多趨向於選擇開發及部署兩者兼具之開放源(open source)平台，對他們而言重要的市場區隔化因子是成本。即使風河(Wind River)公司(英特爾所有)已經選擇擁抱Linux及應用於其產品歷程表上。Eclipse用於建立開發平台之開放源計畫，提供了一個跨越即時作業系統邊界環境，由它可

擴展框架、工具及運行時間，用以建立、部署及管理整個軟體生命週期。

(3)嵌入式數位安全監控 (embedded digital security and surveillance)：

在不斷相互增加聯繫的世界，數位嵌入式安全已不再只是一種選項，而變成是一種需要！因為對更多藉由此嵌入式裝置前端而發生之交易是非常重要的。由於系統有限的資源，嵌入式系統在全面化安全系統上面臨實際製作上之種種挑戰，因此『嵌入式安全』概念提供了新的嵌入式產品市場區隔化因子。數位安全監控目前是眾多全新的嵌入式應用領域範疇的龍頭，其係得利於多核(multicore)現象。較舊的系統需要更多的人為干預，但新系統提供智慧型系統操作，以操作多點、整合及網絡中心系統，用以優化資源來完成這項工作。基於電腦視覺及追蹤之應用提供了多種優點於即時之捕捉(capturing)、後期處理、識別及安全視頻警示。

(4)融入性嵌入式系統及應用(convergence embedded systems and applications)：

零售業務部份是增長最快的新興市場之一，同時零售市場的趨勢乃走向改善用戶體驗，如此必然設定趨勢乃提高性能、連接性及豐富的圖形。銷售點終端(PoS)便是一個很好的例子—最新PoS裝置整合採用雙顯示器，以供廣告、複雜的會計應用，並且逐漸地連接到中央伺服器以進行遠端管理。如果他們正計劃購買某些項目，從這些嵌入式裝置中，網路/線上商店之後端(Back end)整合，提供並即刻引入最新信息連接到手機。基於位置之市場應用及與藍牙銜接的零售通信市場空間，正提供出一新的有利於為賣方及買方的銷售及營銷模式。



(5)健康照護(healthcare)：

電子醫療裝置及其他融入生物技術、奈米技術、製造技術、通信技術及裝置，感應器技術之創新，正在健康照護提供及創造新的醫療模式中進行驚人的轉變。生物醫學裝置的技術被應用到各式各樣的解析問題，包括藥物及手術，這些裝置是可攜式診斷影像及家庭監控顯示器，如膽固醇監控、血糖儀，最近的創新為裝置小型化鋪路、更換器官及組織、更準確的早期診斷，以及資訊技術進展，可通過矽晶片成為革命。增長最快的半導體市場在醫療及診斷的家庭監控裝置、遙測，及診斷成像應用。有趣的是融入無線通信與感應器產生BAN身體區域網絡—其係當今用於監控、心臟—ECG心電圖、脈搏、溫度、氧氣、血壓等，睡眠障礙也可以使用夾裝置固定於頭部監控。舉例來說，Corventis開發無線心血管解決方案，前所未有隨時隨地在世界各地提供患者的健康狀況。它已經開發出完整的系統—感應器用來監測各種健康的主要性參數—網絡用來提供感應器間及Gateway間的通信，Gateway應用於iPhone及後端的臨床應用，其可以儲存、分析及幫助臨床專業人士獲得前所未有的病人主要系統參數。所有這些發生的事情，係因為感應器的發展、計算、及通信技術。

(6)汽車(automotive)：

正當世界各地趨向於改善廢氣排放控制及加強化石燃料使用的效率，汽車市場部分正受各種因素的挑戰，而嵌入式系統很明顯地是此部分實現多重目標的途徑及方法，從資訊娛樂系統、引擎控制單元、汽車區域網絡、燃料管理，及安全系統都需要嵌入其中。交通管理及預測系統正在開發中，以供當今世界的各大城市使用，

而用以支援此重要系統的是M2M或V2V通信網絡，形成Ad Hoc網絡的形式，無縫隙地從多種來源收集資訊，融合並作出決定，不僅幫助汽車用戶而且幫助城市交通管理者。此即時之管理可能性，只有靠具備嵌入式計算及通信系統的部分車輛及網絡。車輛的使用及車隊追蹤，藉由減少停機時間從而提高了客戶滿意度，並有利於營運商的營運成本。除此之外，媒體導向系統傳輸(MOST)係一種正在部署以供多媒體及資訊娛樂網路的技術之一。該技術旨在設計提供一個有效率及具成本效益的網路，用以銜接裝置之間傳輸音頻、視頻、數據及控制訊息。裝置之間的連接甚至到了嚴苛的汽車環境。

(7)娛樂(entertainment)：

正如吾人已經看到手機、掌上電腦、iPod播放器等，其實已轉變了個人娛樂的整個景況，近年來世界新興的趨勢是增加了更多的個人娛樂情報、融合社會網絡、城市信息，基於位置的服務及選擇之通信裝置，以及使用者剖析。所有這些都將可以透過不斷收集情報、用戶的選擇及最近交易傳送。這些裝置正轉變成為多模式營運，iPod及其他新的Android手機並提供手勢識別新裝置提供增強現實應用程序，將是未來智慧型手機的殺手級應用—這將驅使照相機、顯示器、基於MEMS微機電系統的位置及其他追蹤技術朝智慧型手機等方向精進。

(8)本地化及國際化(localization and internationalization)：

對所有將銷往世界各地市場之這些裝置，他們需要得到本地及國際之支持。欲進入全球市場只有設法讓裝置具有多國語



言支援之本地化/個人化的特色功能，並提供支援辦公室，提供定制化的本地服務。不同字體的用法技術及適應新技術是嵌入式系統以人為本並能繁榮發展，以在市場上生存的主要關鍵，愈來愈多裝置製造商正在與當地的合作夥伴一起工作，以確保他們的嵌入式裝置及支援系統能本地化，並且提供多國語言的本地文化特色。最後，未來的嵌入式裝置在於如何更快地讓人們適應這種變化所帶來的融合，以推進社會及人們之需求。

5. 嵌入式技術發展趨勢

有關嵌入式之發展歷程、架構型態，及產品應用領域趨勢等皆如前述，而有關嵌入式技術本身之發展趨勢，則可以編譯說明如下，例如：處理器/作業系統供應商關係重整、SWaP降低、程式邏輯、處理器巨人重新聚焦、嵌入式系統的雲端服務、半導體供應商之進一步鞏固、多核心市場基礎奠定、平行程式進展、嵌入式計算網路、嵌入式商家大整合等等十大變化趨勢 [4]：

(1) 處理器供應商—OS作業系統供應商之關係重整：

由於半導體廠商在2009年底收購了兩個最大的嵌入式Linux廠商，通過英特爾收購風河(Wind River)與凱文(Cavium)收購蒙塔維斯塔(Montavista)，這可能是長期變化趨勢而非僅為畸變。如果沒有給他們真正的實用價值，處理器本身是沒有意義的軟體，處理器廠商似乎比以往任何時候更費心於此，以尋找能獲得競爭優勢的關鍵軟體平台的方法。最大限度地發揮所有潛在的性能，擁有特定的關鍵軟體平台或操作系統以提升處理器，例如如果是販售

處理器，Linux便可以提供一個巨大的競爭優勢。尤其當處理器增加了更多的核心時，處理器廠商希望確保該軟體可以充分利用多核所能提供之所有性能。假若軟體能寫入於此特定處理器架構，並且利用所有該處理器提供之一些細部功能便能達到完美。以關鍵軟體平台大大地提高性能，是超越一切的收購目標，吾人希望看到的嵌入式處理器供應商繼續努力，以其自身的晶片控制更多的關鍵軟體。

(2) SWaP降低：

希望使嵌入式計算系統更小、更輕、更節能的要求並非是新的訊息。自從嵌入式計算機市場開始以降，這便是一項基本要求。不過，VDC的需求仍然認為來自於客戶的SWaP降低需求可說從未中止，這是全面的，並且涵蓋了所有的垂直軸向市場。吾人相信，它是首要的技術要求，嵌入式電腦供應商必須向其客戶說明的，許多交易贏虧實繫於此單一的要求。

(3) 程式邏輯的擴散(Proliferation)：

程式邏輯處理的彈性以及彈性所能提供之處理器佐證能力，已經開始讓嵌入式計算機供應商重新評估其如何利用程式邏輯。程式邏輯已經在嵌入式計算市場刻劃出很多基於計算性能及彈性(特別是替代固定的ASIC)可觀的利基，但VDC預期程式邏輯將在市場上擴散超越其傳統的利基。在某些應用當中，FPGA甚至已取代通用CPU處理器，因為FPGA具有軟CPU內核嵌入其中，FPGA基本上提供了一個處理器架構，其將永遠不會EOL—CPU的IP亦將同時存在並可實現於FPGA供應商發布的任何未來的FPGA模型。

這一趨勢將從已經取得動量之軍事/航空航天領域開始，係由於其最終極的產品



生命週期必須獲得市場支持，但它會迅速在其他嵌入式垂直軸向應用獲得動量。隨著兩個最大的FPGA廠商，在2009年調整自己的兩個最大的處理器IP供應商(Altera公司及Xilinx分別與MIPS與ARM公司)看來，FPGA廠商同意了這個意見，並正在準備利用這一趨勢。

(4)處理器巨人重新聚焦(Refocuses)：

英特爾(Intel)現在看來完全集中在嵌入式市場及許多其它新的及不斷增長的市場部分。不僅收購風河宣告其在嵌入式市場持續聚焦，並且宣告與此似不相關，乃自2009年底開始與AMD公司之長期法律糾紛的12.5億美元解決方案。吾人相信，背後的主要動機是為了解決消除潛在的分心因素，英特爾作為它的目標是四個新的增長市場因素，並已確定公佈其目前的增長戰略。與AMD在個人電腦及伺服器市場的戰爭幾年前已獲勝，英特爾目前有更大的目標，因為它瞄準市場上的較高增長，其中一些在過去的幾年已經證明難以實現。

嵌入式只是英特爾針對已設定之四個目標之一——其他三個為SoCs系統晶片、移動性產品及健康照護(確是資工產業驅動器)——但即便如此，這仍然表示英特爾目前的成長戰略很大一部分在嵌入式系統。如果考慮到公司認為12.5億美元是一個合理的代價，以投注於這些市場，可以預期英特爾公司投身於嵌入式計算市場是玩真的。

(5)種植部署在嵌入式系統的雲端服務的種子：

一新的嵌入式計算機正被定義當中一可升級的邊緣節點。這些低成本、低功耗、但可擴展的嵌入式計算平台類別將被部署於網絡邊緣(讀取嵌入式環境領域訊息)。想想在工廠自動化及工業控制、醫療成像設備的醫療保健、在坦克、悍馬、或無

人機的軍事/航空市場等。有點類似於之間交叉一台伺服器及一台設備(重點是可擴展性)，於此類設備之真正價值在於提供邊緣節點之連接。如此，真正的價值將是這些可擴展的邊緣節點，將使各種不同的雲端服務部署，具有增加所有部署機構的情報價值。嵌入式市場在2010年、2011年，甚至2012年，在雲端是不可能發揮任何重要的角色的。然而，雲端服務的嵌入式應用的種子就在今日栽種。

(6)半導體供應商進一步鞏固(Consolidation)：

令人望而卻步的半導體市場經濟正推動整合各地的市場。進一步整合也很可能將觸及嵌入式市場。一些潛在的情景在這裡概述。一個大型微控制器供應商，瑞薩(Renesas)表示，可以取得一個x86的許可證，其有朝一日可藉由取得三個x86許可證之一威盛(VIA)，用來作為其微控制器核心架構而非RISC/功率。這將使MCU利用其龐大的熟悉x86及x86內建工具程式設計師生態系統。

或許一個大型的多方位晶片供應商，飛思卡爾(Freescale)還可以捲進此聚落，創造一個絕大多數為嵌入式市場，而資金規模接近英特爾的半導體巨擘。英特爾本身資金充裕，並表示在未來5年左右，嵌入式市場為其針對的四個市場之一，以推動企業的成長策略。這可以清楚闡明英特爾收購其實隱含為嵌入式市場。由於程式邏輯遍布於嵌入式市場，英特爾可能會決定第二次嘗試程式邏輯市場，藉由收購Xilinx或者Altera以協助其已公布之改進嵌入式市場市佔目標。如果他們的技術被證明是值得的，也有少數多核心處理器初創公司可以很快將成為收購目標。截至2009年底台灣ODM廠商廣達(Quanta)，已經創立了多核心初創公司Tilera。雖然很難準確預測什麼交易已經達成，然而似乎確定的是一些鞏固措施會發生。



(7)多核心市場(Many-Core Market)基礎奠定：

眾多的大規模平行/多核心處理器初創公司繼續推進他們的技術。在過去的三年或四年這一新興技術已提供可行的矽解決方案，但一直缺乏軟體工具及程式經驗來與晶片配合。這些供應商都開始做一些實在的進展，在他們的矽晶片建立起軟體基礎設施，以使其矽晶片需要之解決方案有用。同時，多核心處理器技術將是一個持續進行的工作一旦正在進行當中！

該大規模平行/多核心處理器部分將永遠是一個高性能利基市場，永遠也不可能成為嵌入式應用的主流，但目前VDC預估對這些供應商是一個非常可觀的利基數。最可能的情況是，多核心處理器市場有一天會像目前的FPGA市場一大到足以支持兩個龐大的供應商及兩個或三個小供應商。這兩個領先的供應商基礎應可在2010年鋪陳。

(8)平行程式(Parallel Programming)進展：

與上述趨勢密切相關的是，許多多核心處理器所需要的平行程式繼續取得進展，以趨近於其全部潛能。這又是一個長期趨勢將繼續多年，而且到2010年很可能會經歷到一些重大進展。許多公司已經做了非常出色的平行程式工作於其多核心處理器上。凱文網路(Cavium Networks)公司已做了出色的工作使平行程式在其處理器的通信及網路用戶變得容易。同時，納為達(Nvidia)的CUDA環境使平行程式可行，用戶可以C語言在許多的嵌入式垂直市場裡。2010年大多數平行程式的進展很可能是這兩家廠商已經同樣讓目前程式技術可工作於平行處理環境當中。特別是C語言，它在嵌入式應用中是無所不在的，在未來20年當中也不會去任何地方，而是與平行處理器一起工作。

(9)嵌入式計算網路之解構(Disaggregation)：

當嵌入式計算機藉由他們提供的信息，從網路邊緣逐漸能夠幫助最終用戶，驅向於機敏之情報於其組織，其正導致它們連接到嵌入式計算基礎設施/網路及企業信息系統。藉由此解構吾人意指此功能性及連接性的移動，從網路核心向外到達網路邊緣的節點。一新的嵌入式計算機系統即將產生一邊緣節點或可調整的邊緣伺服器。這些是低成本、模組化、可擴展的平台，可直接提供在網路邊緣的各項功能及連接性。雲端計算的出現將增加邊緣節點計算機之需求，因為此類的嵌入式計算機將使雲端服務，部署在所有由嵌入式系統服務的行業。如果沒有藉由嵌入式計算機基礎設施在網路邊緣收集信息，IT資訊科技將無事可做。隨著雲端服務部署這將變得更加真實。如果沒有一個可擴展的邊緣基礎設施，是不可能得到有用的信息進入雲端的。此可擴展的邊緣節點電腦將於未來5年內快速成長，從今天就開始！許多嵌入式供應商將能夠重視利用此一發展趨勢。

(10)嵌入式商家更大整合(Integration)：

商家嵌入式電腦供應商，一直朝著更高的產業鏈發展已有好幾年時間了。此項產業開始於嵌入式硬體廠商，銷售計算機板於其大部分做內部整合之OEM客戶。供應商因能進入此整合系統(硬體組件，如機架/外殼及電路板整合在一起)，並且最近已開始出售了很多的turn-key解決方案(全整合系統具OS/RTOS即時操作系統、中間軟體(middleware)，甚至應用軟體)。這個商品嵌入供應商出售的整合系統及解決方案數字，在過去的5年一直在增加中。當OEM客戶繼續意識到嵌入式計算平台不再區分其附加價值，這種增長將繼續。這將使商品供應商，不僅將轉換更多先前獲益及增長有效服務的市場(SAM)，而且還賣



得更高產品利潤及服務。2009年的大衰退已導致許多大型OEM原始設備製造商大幅削減其內部開發預算，然而在商業嵌入式供應商整合系統及服務的收入很可能將於2010年加速成長，客戶仍然還做一些整合觀望，希望外包及保留其寶貴的開發預算以供較高價值的活動。



圖5.1 嵌入式系統未來10大發展趨勢

6. 結論

「嵌入式系統」係一含括資訊、通訊、電子領域之專業；同時其技術領域縱跨軟、韌及硬體I/O介面及裝置範疇，而應用領域則除橫跨資、通、電領域外，亦擴及運用其他相關或跨領域之物件系統範疇，例如醫療照護領域之遠端家庭照護(Remote Home Caring)與資、通、電結合應用即為一典型之應用範例。本文已系統地探討了嵌入式系統之整個發展歷程、方向、模式等；並且介紹了嵌入式系統形成之基本要素及架構；再則整理編譯了嵌入式系統之新興發展應用領域及嵌入式技術本身之發展趨勢。簡言之，嵌入式系統之應用及發展領域可謂『無遠弗屆』，而對吾人之生活影響關係愈形重要。因之，在

可見的未來，嵌入式系統定義界線勢將越來越模糊，但卻會一點一滴的不斷融入你我的生活當中。而未來的嵌入式技術更在於如何能夠更快速地讓人們適應這種變化所提供的融合—通信、奈米、生醫、雲端等新興技術領域，以製造及開發『超級』應用，繼續推進社會及人們之需求。展望預期吾人的未來生活亦將更綿密地嵌入於此嵌入式系統當中！

7. 參考文獻

- [1]R. Colin Johnson, Mark LaPedus, Rick Merritt and Junko Yoshida, “Hot applications in 2010”, EE Times Design, <http://www.eetimes.com/>.
- [2]Ramachandra Budihal, “Emerging trends in embedded systems and applications”, EE Times Design, <http://www.eetimes.com/>.
- [3]行動裝置嵌入式系統與軟體—S3C6410 Google Android 2.1開發應用實務，長高科技圖書。
- [4]Eric Heikkila, “Top 10 Embedded Trends for '10”, http://blog.vdcresearch.com/embedded_hw/2010/01/top-10-embedded-trends-for-10.html.
- [5]Sukriti Jalali, “Trends and Implications in Embedded Systems Development”, Tata Consultancy Services Limited.
- [6]Ahmed A. Jerraya, “Long Term Trends for Embedded System Design”, Proceedings of the EUROMICRO Systems on Digital System Design (DSD' 04).