

運動與 I O 控制晶片____E P C I O 系列報導

作者 工業技術研究院 陳東弘

前言：

有鑑於目前國內機械的控制市場多半受限於國外廠商的發展，國內的廠商受控於國外大廠，遲遲無法擺脫國外大廠的壟斷，導致於產品成本居高不下，進於喪失產品的競爭能力。爲了協助國內機械業者突破國外控制器大廠的市場壟斷，於是工研院機械所不斷的致力於控制器領域的開發與研究，更在於 7 年前成功開發運動控制專用的 I C 及 I/O 控制專用的 I C，而目前更發展出整合運動控制及 I/O 控制，具有強大功能的第二代晶片 E P C I O。以下將針對第一/二代 IC 及其控制器架構比較說明。

第一/二代 IC 比較



圖 1 MPCL1000B 外觀圖

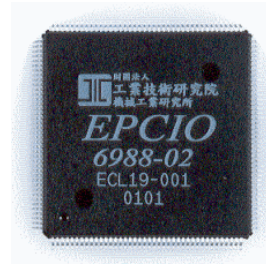


圖 2 EPCIO ASIC 外觀圖

Package	68-pin PLCC	160-pin QFP
Gate counts	10K	120K
Open/Close Loop	1	6
Encoder I/F	1 (24 bits)	9 (32 bits)
ADC I/F	--	8 (12 bits 解析度)
DAC I/F	--	8 (16 bits 解析度)
Digital I/O	--	28 local+768 remote(省配線型)
Interval Timer	--	Built-in
Watch-Dog Timer	--	Built-in
ISA Bus Interface	--	Built-in
Command Buffer	1	64
Control Registers (16bits)	12(R) +12 (W)	114 (R) +182 (W)

- ▲第二代 IC 比第一代 IC 具備了更高的彈性以強化競爭力
- ▲Control Registers 增加爲 182 筆寫入命令，具備高整合性
- ▲簡化架構以提供系統可靠度、維護性及降低成本
- ▲Command Buffer 增加爲 6×64 筆，滿足 Real time 需求

第一/二代 PC-Based 控制器架構比較

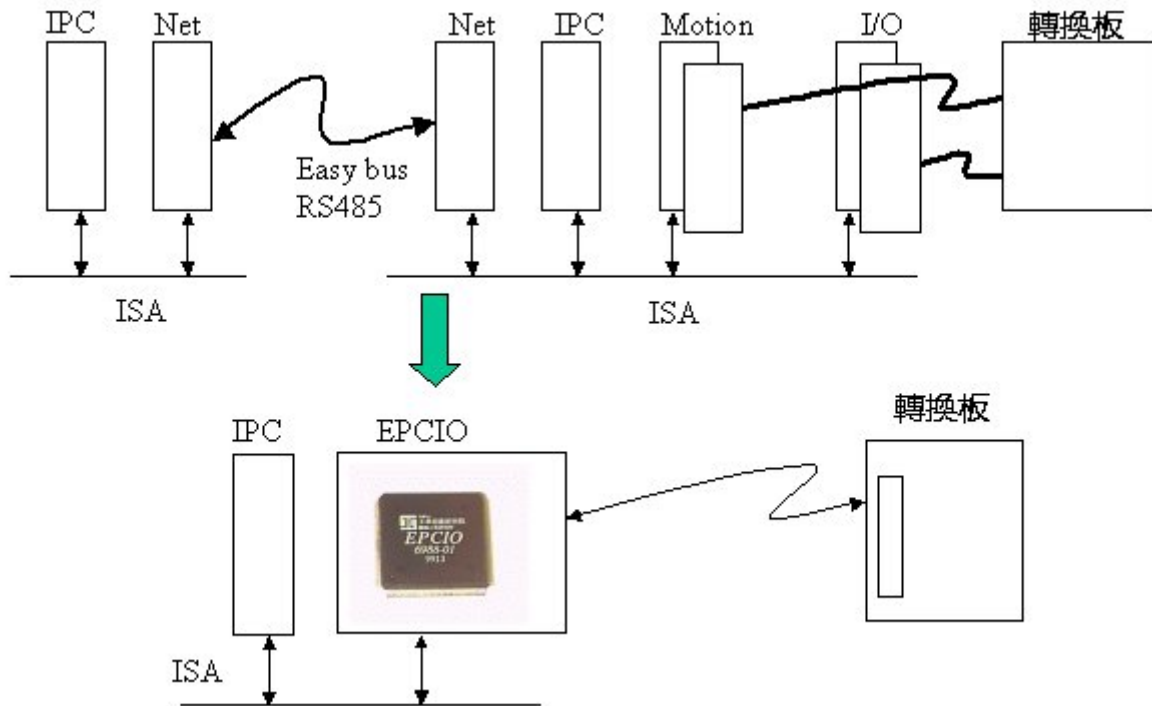


圖 3 第一/二代 PC-Based 控制器架構比較圖

- ▲ 8 片 PCB 減為 2 片 PCB，穩定度高
- ▲ 群組式串列 I/O，省配線，易維護
- ▲ 硬體成本降低達二分之一

運動控制是精密加工機械上關鍵的核心技術，其應用的範圍涵蓋了速度或定位控制的產業機械到高精密的各類 CNC 工具機與檢測機，運動控制系統的建立是必須整合多種軟體與硬體技術。工研院機械所資控組投入於運動控制系統的研發已行之有年，根據累積的經驗，充分運用了國內 P C 產業資源並不斷提升產品層次。新控制系統的開發目前已朝向晶片化，並應用至 PC-based 及 DSP 的產品上，為了配合整個控制系統開發的趨勢，在運動控制系統的硬體設計上，我們將部份必要數位電路整合於 ASIC 中，目前開發完成整合多項常用運動控制模組的 ASIC-EPCIO。

EPCIO（Exquisite Position Control and Input/Output）由字義上可以了解它可處理常用的的位置控制及輸入輸出訊號，本篇文章將詳細的介紹 EPCIO 的功能與 EPCIO 在產業界上的應用，並進一步探討未來的發展方向。



圖 4 EDIO 外觀圖

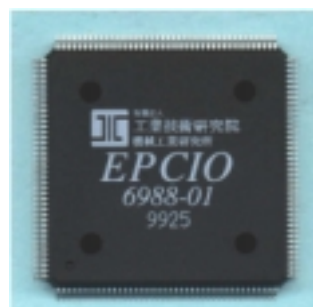


圖 5 EPCIO 外觀圖

PC-Based EPCIO 運動控制卡：

隨著半導體技術不斷的成熟進步，使原本複雜的 IC 線路可以容易的設計到一顆 IC 中，使得 PCB 線

路設計更為簡單，而體積也將減少許多，成本相對的也降低了。爲了因應趨勢，機械所成功的研發出 EPCIO-ASIC，這顆運動控制定位 ASIC 已經把運動控制大部分功能整合進來，具備了脈波輸出功能，類比輸出功能，編碼器回授輸入以及硬體閉迴路控制功能，控制軸數爲 6 軸，配合軟體閉迴路最大可達 12 軸控制能力，內建 FIFO 可降低系統即時性需求，具有位置命令及速度命令輸出給伺服驅動器連接使用，採用 DDA 法則使命令能均勻送出，以達到脈波輸出均勻化目的。並且以高速串列傳輸來達成省配線化的架構，最多可控制 768 點的遠端數位輸出入控制點。內建 24bit 計時器及 16bit 看門狗計時器，大幅簡化硬體模組的體積，更具備了高可靠度、高整合度、高可靠性、低生產及維護成本的特色。

隨著 EPCIO ASIC 的推出，工研院機械所更發展一系列的運動控制模組，其中包括 EPCIO-400 泛用型四軸運動控制卡，EPCIO-405 脈波型四軸運動控制卡，EPCIO-601 泛用型六軸運動控制卡，EPCIO-605 脈波型六軸運動控制卡，EPCIO-4000 泛用型 PCI -Bus 四軸運動控制卡，EPCIO-4005 脈波型 PCI -Bus 四軸運動控制卡，EPCIO-6000 泛用型 PCI -Bus 六軸運動控制卡，EPCIO-6005 脈波型 PCI -Bus 六軸運動控制卡等等。以上全部的運動控制卡皆以 EPCIO 爲基礎，而在功能及匯流排介面上做了部份調整。

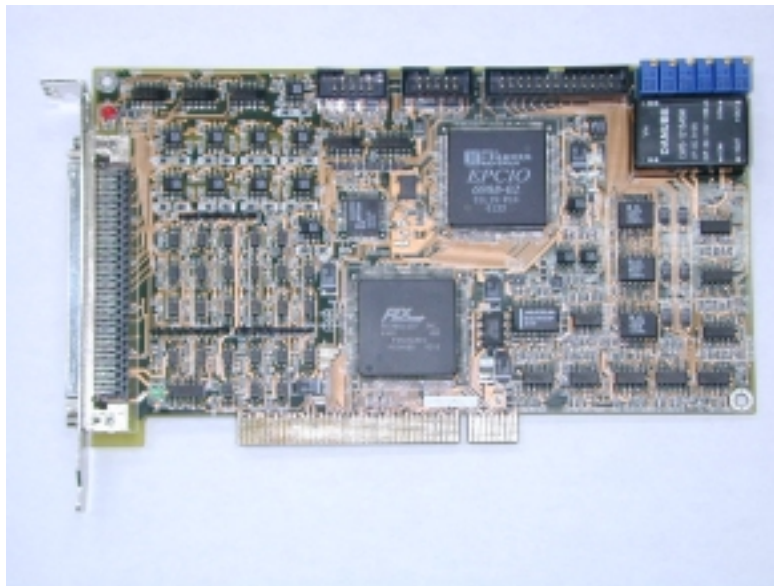


圖 6 EPCIO-6000 外觀圖

以上的運動控制卡，皆應用本所開發之 EPCIO ASIC，以 DDA(Digital Differential Analyzer)方式均勻送出各軸移動量，實現四軸或六軸伺服定位及同動控制。閉迴路控制採用 P 控制法則，以-10V 至 10V 之訊號驅動速度型伺服驅動器，可應用於多軸精密伺服控制；在脈波輸出控制時，亦可藉由編碼器輸入端讀回馬達編碼器值，應用在步進馬達控制；在每一軸控制中皆有一組 sensor 輸入點，包括了 Home 點、上行程極限點及下行程極限點，另外尚有禁制信號輸出點、Position Ready 輸出點及 Emergency Stop 輸入點；在其它輸出入點部份，使用機械所專利的遠端省配線化 IO 設計，最大可擴充至 128 點輸入點及 128 輸出點；此外亦可選配使用差動輸入型式之 6 channel A/D 轉換器。

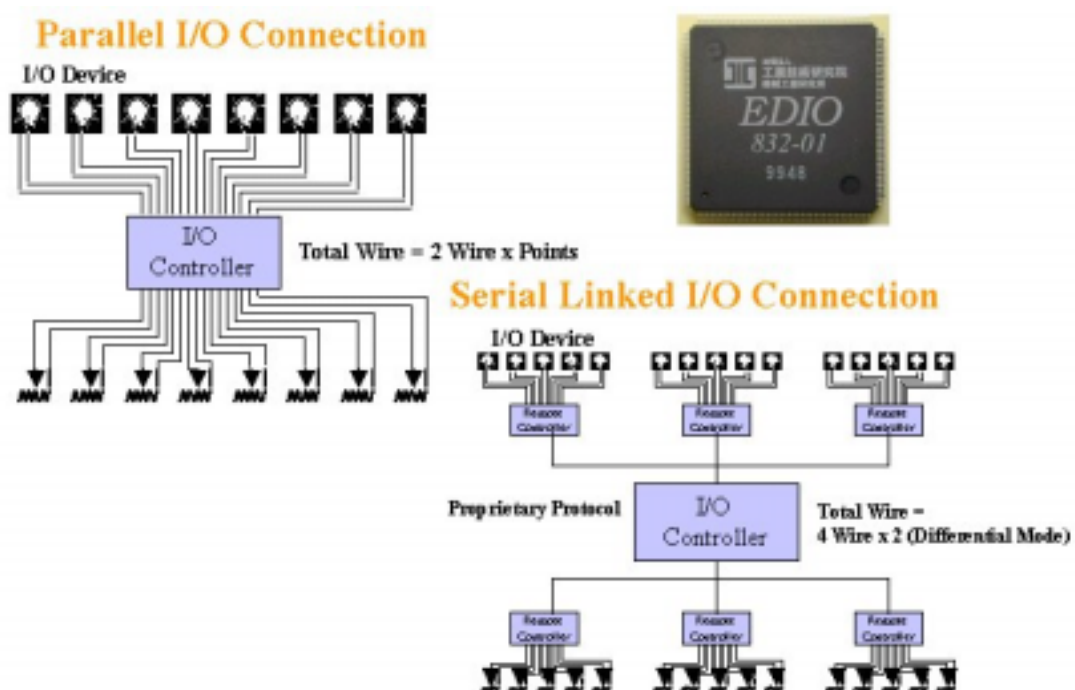


圖 7 省配線化設計圖

▲使用省配線化設計使得維護性提高、成本降低、複雜度減低

DSP-Based EPCIO 運動控制卡：

工研院機械所更發展出一系列內含 DSP 的 EPCIO 運動控制模組，其中包括 PMC32-600 ISA Bus DSP 泛用型六軸運動控制卡，PMC32-6000 PCI Bus DSP 泛用型六軸運動控制卡，PMC32-60000 c-PCI Bus DSP 泛用型六軸運動控制卡。

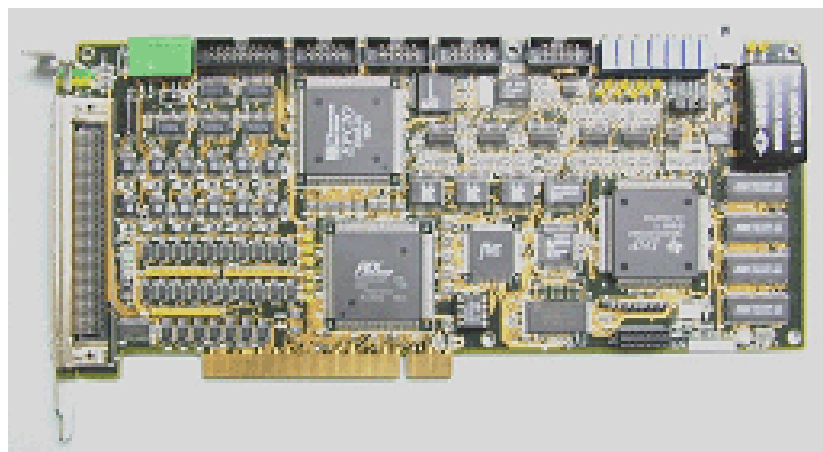


圖 7 PMC32-6000 外觀圖

以上的運動控制模組皆以 32 位元 DSP (TMS320C32) 為核心，並整合機械所開發之定位與 I/O 控制專用晶片 (EPCIO ASIC)，是一架構簡潔，功能強大之運動控制模組。由於 EPCIO 已整合運動控制的主要電路，可大幅降低控制系統的複雜度，加入 DSP 運算晶片後，一方面形成可獨立運作 (Stand alone) 的嵌入式 (Embedded) 系統，另一方面，搭配 IPC 由 PC 端負責運動控制命令的下達、資料的蒐集及分析、系統的監控、人機畫面的顯示，而 PMC32-600/6000/60000 則負責控制命令的解譯、運動軌跡的規劃、伺服控制的執行。如此的系統架構，運作彈性且功能強大，並解決現階段 PC 上的作業系統缺乏強即時性 (Hard Real Time) 的缺點。除此之外在 PMC32-6000 與 PMC32-60000 中同時也應用 PCI 介面的優點，除可提高與 IPC 間資料傳輸之速度外，與 IPC 間溝通的初始化將由軟體自動設定，可減少使用者之負擔及因不當手動設定所造成的困擾。

運動控制核心軟體：

EPCIO 控制卡在 PC-Based 工業控制的領域上，所採用的作業系統具多元性，其中包含：DOS / Win95 / Win98 / Win 2000 / Win NT / Win CE 等，發展工具則有 VB、VC、C++ Builder、LabVIEW 等。

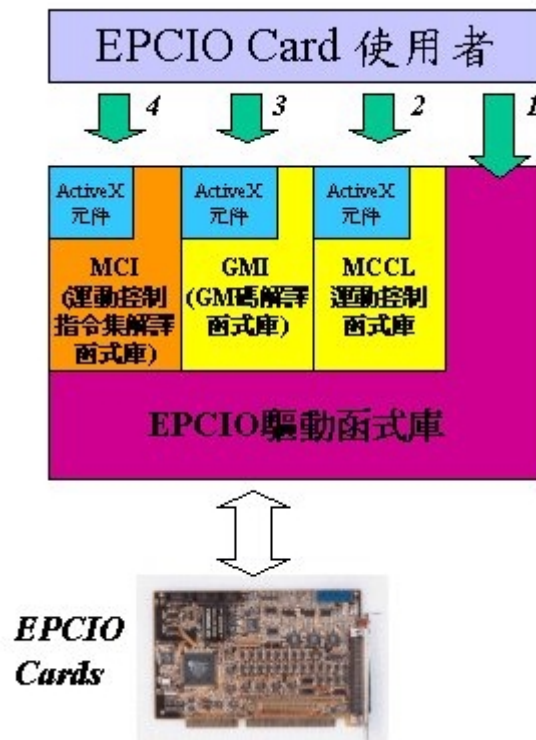


圖 8 使用者開發 EPCIO-Based 控制卡流程圖

(一) EPCIO 驅動函式庫共有超過 150 個函式可供使用者直接呼叫，可直接對 EPCIO 晶片作更細微之操作，創造出不同於標準 MCCL 之獨特性功能，EPCIO 驅動函式庫分成八大部份，分別驅動控制卡上八個功能模組：

▲Bus Interface	設定板基址，中斷及重致功能設定
▲DDA Control Interface	設定運動脈波輸出控制
▲Encode Counter Interface	負責有關編碼器輸入或一般計數器輸入之規劃
▲Remote Digital I/O Interface	設定遠端輸出入點控制
▲ADC Control Interface	設定類比轉數位輸入控制
▲Local I/O Control Interface	設定近端輸出入點控制
▲PCL Control Interface	設定硬體位置閉迴路設定
▲DAC Control Interface	設定數位轉類比輸出控制

(二) MCCL(Motion Control C Library)運動控制函式庫共有超過 100 個函式可提供控制器之開發者呼叫，快速達成基本運動控制功能之開發，MCCL 在運動控制上提供點對點、直線、圓、圓弧等軌跡的定位控制，並提供運動延遲、手輪輸入、運動空跑、原點復歸、單步 / 脈衝 / 連續 JOG、運動暫停、運動棄置等動作。運動規劃可接受同動 / 不同動加減速時間、加減速曲線設定、進給速度設定，另外針對系統需求亦可設定軟體過行程保護、連續路徑、動態強制調整速度及錯誤訊息處理。在定位控制部份，提供使用者設定定位比例增益、可接受之定位誤差範圍、定位確認、最大速度設定、最大加速度設定、齒輪齒隙、間隙補償等功能。使用者使用 MCCL 函式庫不需深入運動控制中複雜的軌跡規劃、定位控制、即時多工環境，透過 MCCL 函式庫直接呼叫函式即可快速開發整合系統。

(三) GMI(GM 碼解譯函式庫)輸入標準 G/M 碼即能完成基本的運動控制功能。以 GM 碼編輯程式，編寫容易、相容性高、簡單易懂、表格輸入式的工件程式編輯器，使用者不需具備撰寫程式語言的能力（如 C 或 C++ 語言），只需輸入運動控制指令或 G/M 碼即能完成基本的運動控制功能，使客戶能快速發展人機操作介面，並整合其他開發工具（例如 CAD/CAM 軟體）。

(四) MCI(運動控制指令集解譯函式庫)輸入本所自訂的運動控制指令，即能完成基本的運動控制功能。
 自訂運動控制指令集：

一、Error Control Commands	
Description	Command
Backword software limit	EBL
Error limit	EER
Forward software limit	EFL
二、I/O Command	
Clear bit	ECB
Enable interrupt	EEI
Output port	EOP
三、Independent MotionCommands	
Acceleration	EAC
Deceleration	EDC
Find Edge	EFE
Find Index	EFI
Home	EHM
Halt execution	EHX
Increment position	EIP
Smoothing time constant	EIT
Jog mode	EJG
Position absolution	EPA
Position relative	EPR
Speed	ESP
四、Interrogation Commands	
Tell error code	ETC
Tell dual encoder	ETD
Tell error	ETE
Tell position	ETS
Tell velocity	ETV
五、Servo Motor Commands	
Analog feedback	EAF
Acceleration feedback	EFA
Velocity feedback	EFV
Derivative constant	EKD
Integrator constant	EKI
Proportional constant	EKP
Servo Here	ESH
六、Step Motor Commands	
Report commanded position	ERP
七、System Configure	

Burn paramters	EBN
Configure switches	ECN
Gear ratio for gearing	EGR
Independent smoothing	EIT
Motor off	EMO
Reset	ERS
八、Trippoint Commands	
Motion complete	EMC
Wait for time	EWT
九、Vector/Linear Interpolation	
Circular interpolation move	ECR
Linear interpolation segment	ELE
Linear interpolation segment	ELI
Linear interpolation mode	ELM
Stop motion	EST

（五）ActiveX 元件為提供更快速方法給程式開發者使用。ActiveX 是由 Microsoft 所開發建立的一種開放性標準（COM）Component Object Model，ActiveX 最引人注意的是提供許多的 ActiveX Controls 可以直接呼叫使用，只要設定一些參數或配合就能做出強大的功能，可縮短人機介面的開發時程。

運動控制卡在產業界上的應用：

本所所研發的 EPCIO 系列運動控制卡應用在 PC-Based 工業控制器、工具機控制、產業機械控制、半導體設備定位控制等。其成功案例有光纖對光平台、黏晶機控制器、線切式放電加工機控制器、PCNC-300Series Controller、M2000H 高速高精度 CNC 控制器、全自動光譜檢測機台、XY Θ 定位技術、拉力測試機、智慧型高速點膠機、貼片機、高爾夫球桿頭、焊接機、機械人控制系統、彈簧機、包裝機、張力控制繞線副機、雙球桿量測平台(球面量測)、自動控制教學實驗平台、精密定位控制實驗平台、即時影像伺服追蹤控制、倒單擺控制系統、PCB 板塗錫機....等。

本所所研發的 PMC32 系列運動控制卡應用在 PC-Based 工業控制器、工具機控制、產業機械控制、半導體設備定位控制等，其成功案例有快速射出成型機、汽車玻璃裁切機數值控制器、潔淨成型射出機控制器、汽車玻璃磨邊機控制器，即時影像伺服追蹤控制、線性伺服控制系統、3D 磁場自動化量測系統、異常負載轉矩估測器實現平台、DVD 認證測試設備、Color Filter 噴嘴定位控制、五軸運動控制平台、磨床控制器、五軸運動控制平台、線型馬達 XY 平台控制、飛行平台模擬器....等。

結論：

EPCIO 以其整合同時控制多軸馬達及處理多個輸入輸出的能力於一顆 ASIC 中，可以有效的簡化控制器的電路，進而提高了控制器的可靠度與降低了電路本身的成本，而由於成本低，所以其價格低於國外產品，所以非常適合國內自動化相關產業廠商採用以提高其產品性能、降低產品的成本，進而增加產品在國際與國內市場的競爭力。目前工研院機械所正致力於將 EPCIO 與其開發的 DSP-Based 控制器相整合並搭配 Windows NT/CE 環境下所執行的即時(Real-Time)控制軟體及圖形化人機界面，整合出相當完善的 PC-Based 工業控制系統，並提供了更多的服務與技術，使得國內廠商能取得更多的商機進而創造更多的利潤。

參考文獻：

1. 陳文泉、劉永欽，PC-Based 運動控制技術之現況與趨勢
2. 曾遠威、賴振國，超級運動控制 ASIC-EPCIO
3. <http://www.epcio.com.tw>