

超級運動控制 ASIC-EPCIO

曾遠威、賴振國

前言

運動控制是精密加工機械上關鍵的核心技術，其應用範圍涵蓋了從僅需速度或定位控制的產業機械到高精密度的各類 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硬體技術而成的。對於系統使用者而言，除了系統功能的基本要求外、成本、穩定性、使用週期、售後服務、軟硬體的可擴充性及相容性等都是評估運動控制系統的因素。爲了達到系統使用者的要求、簡化本身工作、縮短開發時程及創造利潤，運動控制系統的提供者在做系統設計規劃時須將下列各點列入考慮以增加產品競爭力：整合現有技術以減少開發及驗證時程、可將設計包裝成不同產品、維修簡易、減少庫存空間、採用必要國際標準、通過相關認證等。

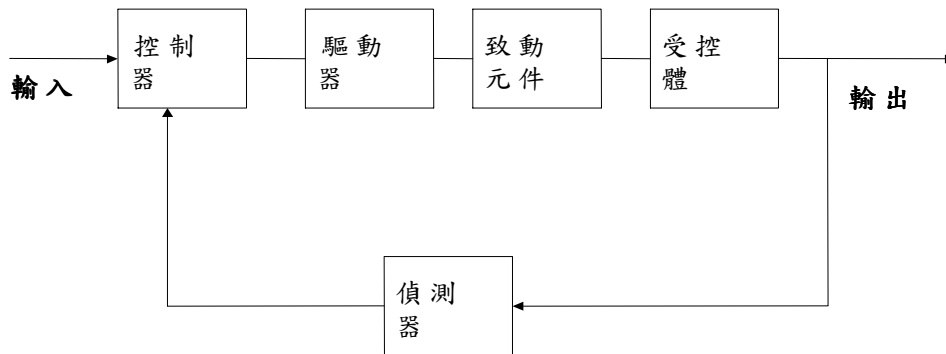
工研院機械所控制組投入於運動控制系統研發有年，根據累積的經驗、充分運用國內 PC 產業資源及提昇產品層次以掌握未來的發展趨勢，對於新控制系統的開發都將設計朝晶片化、PC-based 及 DSP 的運用上考慮。爲了配合趨勢，在運動控制系統的硬體設計上，我們都將部份必要數位電路整合於 ASIC 中，目前開發完成了整合多項常用運動控制模組的超級 ASIC-EPCIO。

EPCIO 是 Exquisite Position Control and Inputs/Outputs 的縮寫。由字義上可知它可以處理常用的位置控制及輸入輸出訊號 本篇的目的就是將此類 Motion Control ASIC 的功能及應用做一完整介紹，並探討它未來的發展方向。

運動控制系統硬體架構的簡介

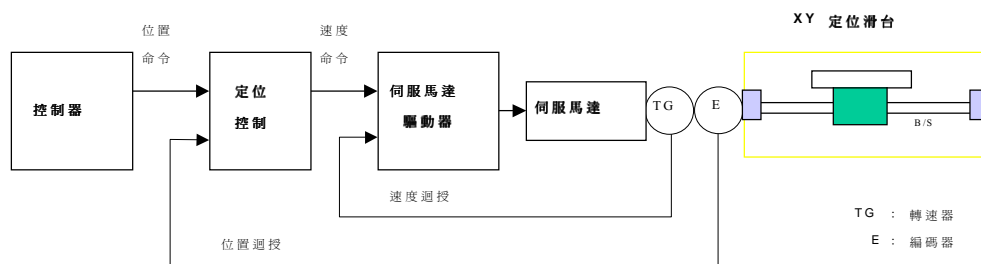
一完整運動控制系統包括由控制器(Controller)、驅動器(Drive)、致動元件(Actuator)、受控體(Plant)、偵測器(Sensor)所形成的閉迴路，如圖一所示。運動控制系統通常可針對應用需要設計，以控制受控體的位置、速度、加速度或運動軌跡。

圖一控制系統中，偵測器直接偵測受控體的運動並將此資訊回饋到控制器，所以稱爲閉迴路控制，性能最佳但價格昂貴且有時偵測器安裝不易，常用於受控體本身不穩定或是反應太慢的系統。本身不穩定的受控體，一旦受外部的激勵其反應在數學上會朝無限大發散而實際上則會造成系統結構或電路的毀壞。



圖一 全閉迴路控制系統方塊圖

一般的加工機械及產業機械常使用伺服馬達控制。它是使用馬達當致動元件推動受控體，馬達有編碼器可以將馬達轉動角度的資訊經編碼後傳回控制器。受控體則是本身穩定且反應迅速的機臺及傳動機構。只要適當地控制馬達即可控制機臺的運動，所以加工機械及產業機械通常採用如圖二所謂的閉迴路控制系統，在此架構下，馬達上的編碼器扮演了如同圖一中偵測器的角色。如此，除了可以達到性能要求外又可以降低成本。



圖二 閉迴路 伺服馬達控制系統

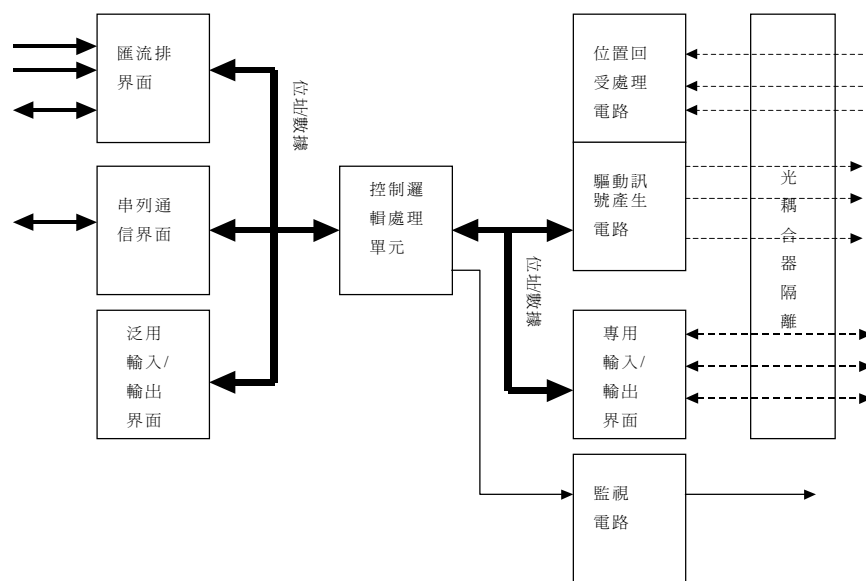
因為數位系統有雜訊免疫力強、可靠度佳等優點，所以目前工業控制器大

多已經數位化。但是所有自然界的訊號皆是類比訊號。因此，控制器必須有類比/數位界面處理外界輸入的類比訊號。另外數位控制器還需要數位/類比輸出界面，例如圖二中的馬達伺服驅動器通常只接受類比訊號。控制器內部處理好的數位訊號須經數位/類比界面轉換成類比訊號，然後送至驅動器，驅動器將訊號放大後就可驅動馬達以傳動機臺，使機臺達到期望的運動。整個伺服馬達控制系統通常有三個迴路，由內向外分別是電流迴路、速度迴路、位置迴路。現在已有微處理機可以直接處理經數位化的這三種迴路，因為驅動器通常已經包含了電流迴路及速度迴路，所以一般控制器以處理位置迴路為主。以工業上應用而言，定位控制是很廣泛及重要的一環，例如表面黏著技術取置機、電池點焊機等。一般 PC-based 定位控制器的硬體架構如圖三所示，在此分別對其中各模組做更進一步的探討。

- 1.控制邏輯處理單元：它可說是運動控制器的心臟，其功能有位置伺服迴路、產生路徑命令、數位差動分析脈衝輸出(Digital Differential Analyzer(DDA) Pulse Outputs)、內建順序邏輯控制、指令解譯、控制外部週邊設備及輸出輸入界面等。
- 2.匯流排界面：其功能是與主電腦溝通，主電腦將處理完成的指令解譯、運動定位插值、DDA 規劃、加減速會透過匯流排界面交給定位控制器執行。
- 3.串列通訊界面：它的傳遞距離比並列通訊遠，所以適合於工廠作業環境。其功能是從 Host PC 或程式編輯盒取得系統參數及工作程式。常見的電器規格是 RS232、RS422、RS485。
- 4.泛用輸入/輸出界面：控制邏輯處理單元與外界溝通的界面，通常俱備光耦合器隔離外部雜訊的數位輸入/輸出電路。此界面可根據輸入/輸出的需要來規劃。
- 5.專用輸入/輸出界面：已規劃好的輸入/輸出界面。這亦是俱備光耦合器隔離外部電源雜訊的數位輸入/輸出電路。其功能有連接機器本體邏輯動作、連接外部 PLC、連接控制面板、啟動馬達驅動器、接收馬達故障訊號、接受機臺過行程開關及原點復歸開關的訊號。
- 6.位置回授信號處理電路：其功能是接收經光耦合隔離、再經放大處理馬達編碼器傳回的脈衝信號，該信號進入計數器後成為回授位置資料以待微處理機的固定讀取。
- 7.驅動訊號產生電路：微處理機每隔固定時間會讀取經主電腦執行插值、DDA、加減速後送出的位置命令，並將它與回授位置資料比較後得到位置誤差。位置誤差經驅動訊號產生電路中的 DAC，產生放大的類比電壓以驅動馬達來推動機臺。
- 8.監視電路：它基本上是一充放電電路，正常時充電一定時間後微處理器會進行放電。所以微處理器故障或程式錯誤時，此電路將無法放電，當持續充電至某預設電壓準位時，系統會利用此訊號做緊急停止處理。

以上各模組電路都是運動/定位控制器上所必需的，但是它們一般都

是分開設計。另外，在使用多組之編碼器和手輪輸入時，系統中的定位控制電路各自獨立，所以電路複雜、不同控制目標無法相連、故障時維修不易及成本高。而且使用元件多會造成控制器本身密佈線路，因此系統可靠度差和改良裕度小。隨著 VLSI 製程技術的發展，各模組的數位電路部份都可以考慮設計整合至 ASIC 中以減少電路面積、提高可靠度、降低成本、增加運用彈性。所以工研院機械所控制組開發了可同時控制多組伺服驅動系統及處理相關輸入輸出的 EPCIO ASIC 以供運動控制系統使用。



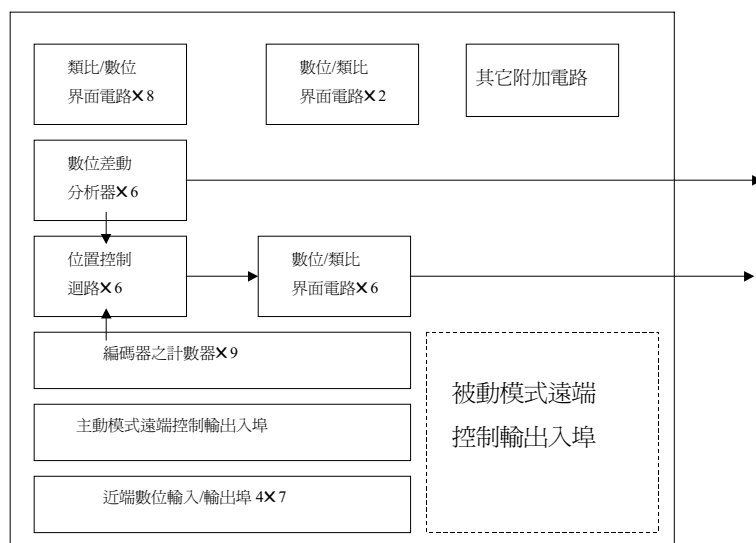
圖三 運動定位控制器硬體架構

EPCIO 功能說明

EPCIO 為一運動及輸出入控制高整合性 ASIC，此 ASIC 是將六軸伺服馬達定位控制電路、九軸 Encoder 計數器電路、最多七百六十八點的分散式數位輸出入控制電路、八組 ADC 控制電路及八組 DAC 控制電路整合到一個十二萬 Gate 的 ASIC 之中，並配合開發 EPCIO-300、EPCIO-600 等模組，以整合運動及輸出入控制於一個模組中，開發此 ASIC 的目的如下：

1. 整合工研院機械所於運動控制上的成熟技術以降低產品生產及維護成本。
2. 簡化控制器架構以提高系統可靠度及維護性。
3. 提供使用彈性以強化競爭力。

圖四為 EPCIO 中各模組的電路方塊連接圖，由此圖可窺見其架構。EPCIO 可以規劃成主動/被動(Master/Slave)二種模式。EPCIO 上有一模式選擇接腳(Mode Pin)，採主動模式時，Mode Pin 接 Vcc，此時圖四中之只有被動模式遠端控制輸出模組不被啟用，採被動模式時，Mode Pin 接 GND，此時圖四中只有被動模式遠端控制輸出模組被啟用，詳細原理將於後敘述。它整合了圖三中專用輸入/輸出界面、驅動訊號產生電路、位置迴授信號處理電路的數位部份於 ASIC 中，因此可大幅簡化控制器的電路。



圖四 EPCIO主電路方塊連接圖

EPCIO 中各模組的功能及關係解說如下：

圖四中，關於輸入部份，EPCIO 可以配合外部類比/數位轉換器，然後透過其 8 個類比/數位界面電路將外部感測器輸入之類比訊號轉換成數位訊號在 EPCIO 內部處理或是經工業標準結構匯流排(ISA Bus)傳至主電腦處理。此外，輸出部份共有 8 個數位/類比界面電路可配合外部數位/類比轉換器，將來自控制迴路的數位訊號轉成類比訊號供外界連接電路運用。另外，數位差動分析器 (Digital Differential Analyzer, DDA)的功能是從工業標準結構匯流排，接受經主電腦下達的位置命令，並將該命令波形轉為脈衝型式後輸出至位置控制迴路。

位置控制迴路除了接受來自於數位差動分析器的脈衝指令外，還可以接受來自於編碼器的迴授脈衝，將它們的差值經增益調整後送至數位/類比界面電路。關於編碼器之計數器，其主功能為記錄馬達編碼器所輸出的信號，如此可得馬達正確的轉動位置。編碼器之計數器的結果亦會經工業標準結構匯流排傳到主電腦，做為進一步控制的依據。7 個近端數位輸入/輸出埠模組共可控制 28 個數位輸入/輸出電路。而主動模式遠端控制輸出埠，則執行來自工業標準結構匯流排之命令，並將訊號經編碼後，以串列方式輸出至遠端。遠端輸入之數

位訊號則依相反流程傳至工業標準結構匯流排，以執行輸出入控制。

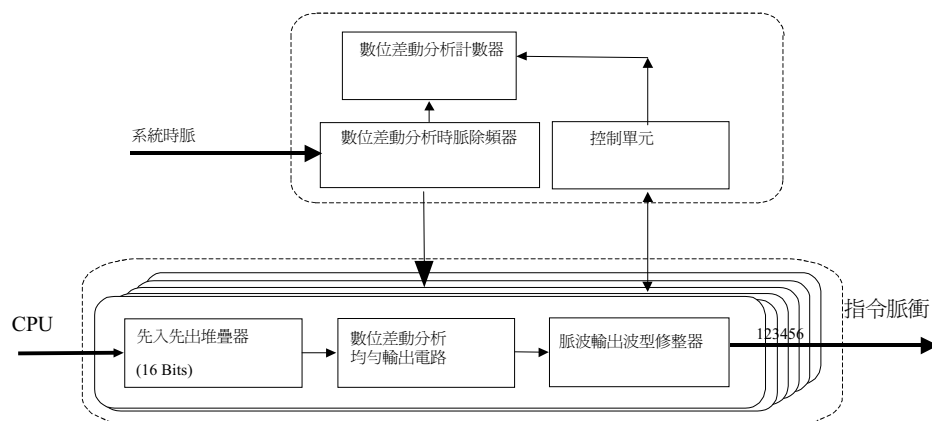
各模組功能介紹

以下就圖四中各模組的功能及結構做較進一步的敘述：

-數位差動分析器(DDA)與其控制電路：

圖五是數位差動分析器的內部電路方塊圖與其控制電路的連接情形。控制電路中包括一控制單元以控制該數位差動分析器之電路控制流程。與控制單元相連的數位差動分析計數器具有記錄數位差動分析器運算次數的功能。數位差動分析時脈除頻器的功能是提供一經過除頻的時脈給數位差動分析器。

數位差動分析器中共有 6 個相同模組，每個模組包括有 64 組 16 位元的先入先出堆疊器，其功能為儲存多達 64 筆 DDA 命令，於二次中斷間均勻送出，如此不但插值效果佳，中斷次數亦減少。先入先出堆疊器的輸出先連接到數位差動分析均勻輸出電路，以將數位差動分析器所規劃輸出的脈波命令作均勻輸出後，由脈波輸出波型修整器，將最終輸出波型格式選擇修飾成 CW/CCW、PULSE/DIR、A/B Phase 或 inhibit。這就是指令脈衝。

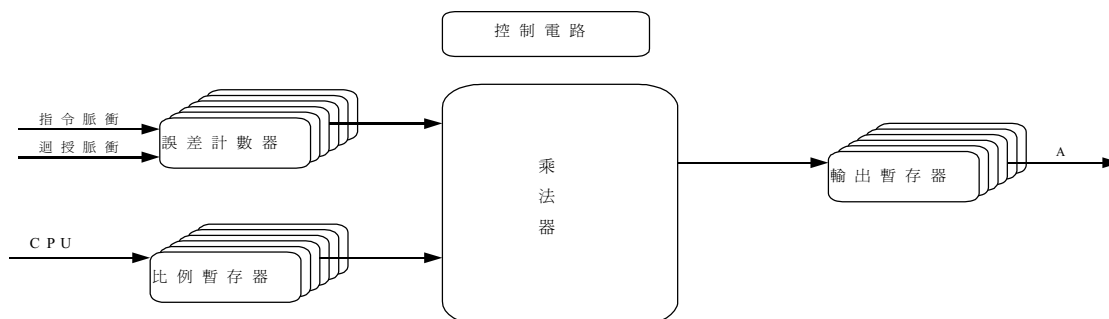


圖五 數位差動分析器與其控制電路

-位置控制迴路：

圖六是位置控制迴路的電路方塊圖，圖中的控制電路擔任協調其它電路方塊的工作。比例暫存器共有 6 組，專司記錄各軸位置迴路增益。相同的，誤差計數器亦有 6 組，可計數指令脈衝與迴授脈衝的誤差。乘法器的功能則是計算出 6 組比例暫存器與誤差計數器輸出的乘積，該乘積即為誤差補償結果。6

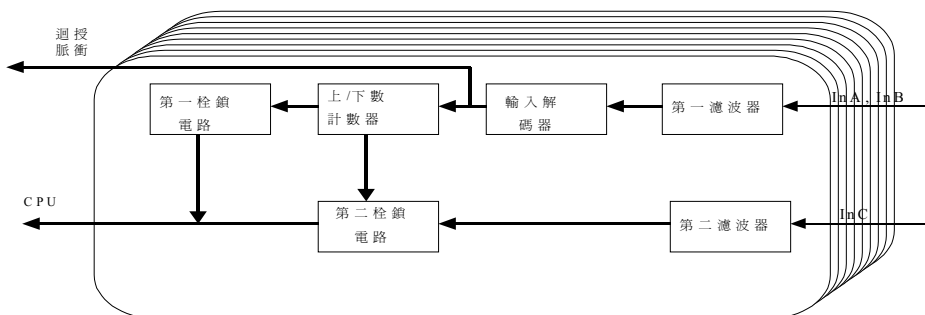
組誤差補償結果將透過輸出暫存器輸出至數位/類比界面電路(圖八)加以處理，實現 6 軸位置控制迴路。



圖六 位置控制迴路方塊圖

編碼器之計數器電路

圖七為接收編碼器脈衝訊號的計數器電路方塊圖。從馬達編碼器傳來的訊號 InA、InB，經第一濾波器作數位濾波後將傳入解碼器，進行解碼後，選擇作×1、×2、×3、×4 的輸出，其輸出再連接至一可作上/下計數動作的計數器。計數器則可將訊號分別向第一栓鎖電路或第二栓鎖電路輸出。其機制為當主電腦中央處理單元(CPU)欲讀取計數器的資料時，第一栓鎖電路才會栓鎖計數器內的資料，然後向主電腦輸出。而當 InC 輸入時，會先經第二濾波器作數位濾波後則成為第二栓鎖電路的觸發信號，然後第二栓鎖電路會栓鎖計數器的資料，然後向主電腦輸出，這個功能有效地縮短回歸機械原點所耗費的時間。圖七中，相同模組共有 9 個，因此共可以連接 9 組馬達編碼器或手輪機的訊號輸入，進而完成多軸位置控制。

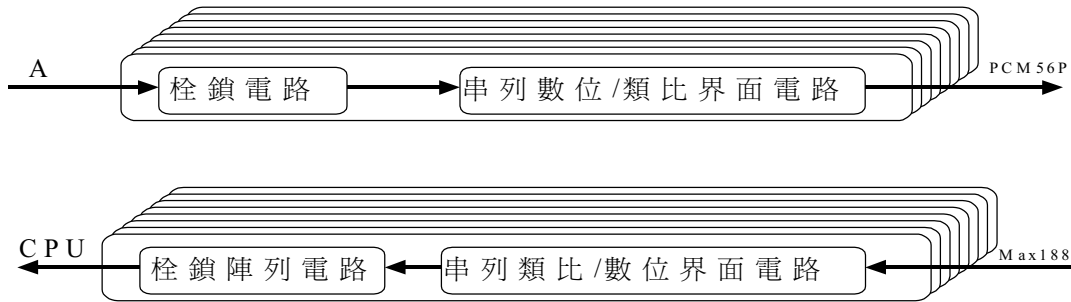


圖七 編碼器之計數器電路

-數位/類比界面電路與類比/數位界面電路

圖八為數位/類比界面(PCM56P Format)與類比/數位界面電路(Max188 Format)連接方塊圖。其中數位/類比界面電路有一栓鎖電路，用以栓鎖從位置控制迴路(圖六)傳來欲進行數位/類比轉換的資料。界面資料的轉換則由與栓鎖電路連接的串列數位/類比界面電路執行，此電路的功能是將由栓鎖電路傳來的並列數位資料轉換成串列數位資料，經外部連接的數位/類比轉換器轉換得到類比輸出。數位/類比界面電路分為二組，其中一組包括 2 個數位/類比界面電路，負責執行主軸馬達的速度或位置控制。另一組包括 6 個數位/類比界面電路，可以執行伺服馬達的位置迴路控制。

8 組類比感測器偵測到的訊號，經類比/數位轉換器轉換得到的串列數位訊號後，可以經串列類比/數位界面電路轉換成並列數位訊號，然後栓鎖電路可將轉換完成的並列數位訊號栓鎖住，將供 CPU 作進一步處理。

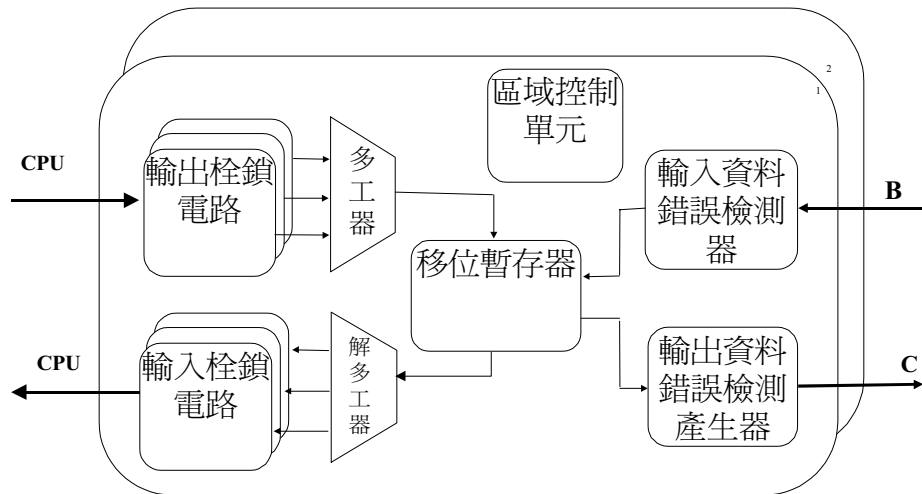


圖八 數位/類比界面與類比/數位界面電路

-主動模式遠端控制輸出入埠 (EPCIO 作用於 Master Mode)

圖九為主動遠端控制輸出入埠模組內部電路連接方塊圖。共有二個相同電路模組，每個模組分別控制三群輸出入埠，因此，共可以處理六群輸出入埠。其中各方塊動作的控制由區域控制單元執行。輸入資料錯誤檢測器則用來檢測來自於 EPCIO-Slave 之資料是否發生傳輸錯誤。移位暫存器則用來暫存遠端 EPCIO-Slave 傳輸來的資料。移位暫存器亦連接一輸出資料錯誤檢測產生器，其功能是產生錯誤檢測資訊連同輸出資料一起送出給 EPCIO-Slave。輸出栓鎖電路則可栓鎖三組經由主電腦 CPU 處理完成並透過 ISA Bus 傳遞來的資料，然後經多工器選擇一組訊號傳至移位暫存器內暫存，最後傳送給遠端的 EPCIO-Slave。移位暫存器中也可以暫存遠端 EPCIO-Slave 傳回的複數組資料，該複數

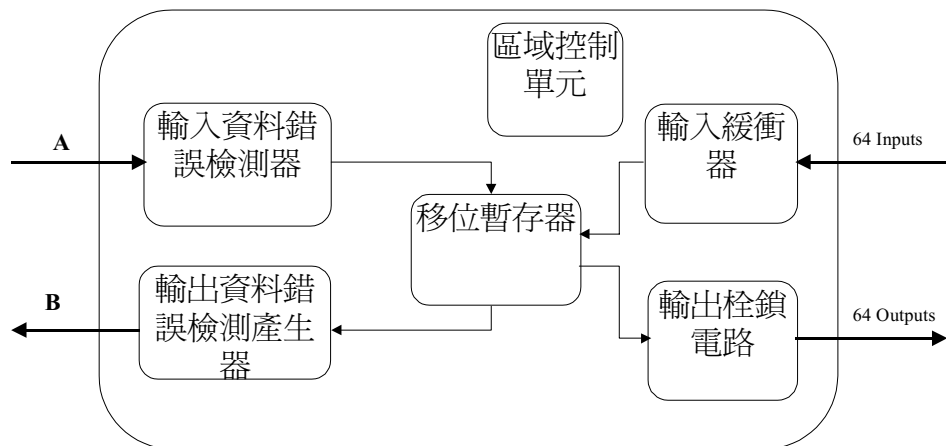
組資料可經連接的一解多工器解多工為三組訊號被栓鎖於輸入栓鎖電路中，然後透過 ISA Bus 傳回主電腦 CPU 處理。



圖九 主動模式遠端控制輸出入埠模組內部電路(EPCIO-Master Mode)

-被動控制輸出入埠

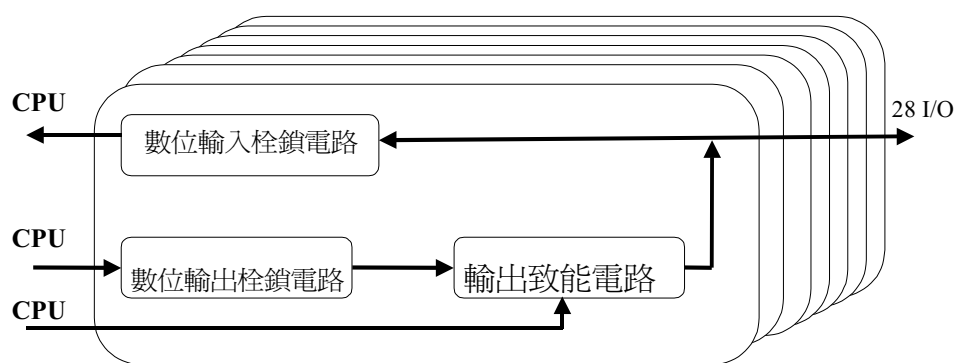
圖十為被動模式遠端控制輸出入埠模組內部電路連接方塊圖。將 EPCIO 設定在被動模式(Slave Mode)時，EPCIO-Slave 內部只有此模組作用，EPCIO-Slave 必須搭配 EPCIO-Master 才能作用。EPCIO-Slave 是擔任 EPCIO-Master 與外部連接裝置間的溝通橋樑。其中各方塊動作的控制由區域控制單元執行。外部連接裝置輸入的資料先進入輸入緩衝器，然後才進入移位暫存器暫存。輸入資料錯誤檢測器則用來檢測來自 EPCIO-Master 中輸出資料錯誤檢測產生器的資料是否發生傳輸錯誤，輸入資料錯誤檢測器的輸出亦接至移位暫存器暫存。移位暫存器之輸出連接一輸出栓鎖電路及一輸出資料錯誤檢測產生器，輸出栓鎖電路用來栓鎖欲輸出至外部連接裝置的資料，而輸出資料錯誤檢測產生器則用來產生輸出資料所俱備的錯誤檢測資訊，該資訊最終將傳遞至 EPCIO-Master 中的輸入資料錯誤檢測器作處理。



圖十 被動模式遠端控制輸出入埠模組內部電路(EPCIO-Slave)

-近端數位輸入/輸出埠電路

圖十一為近端數位輸入/輸出埠電路模組方塊圖。相同的電路模組有 7 組，每組連接 4 個輸入/輸出電路，每組都可由程式規劃為輸入或輸出。因此，共可處理 28 個輸入/輸出電路。其中的數位輸入栓鎖電路可以將輸入的數位資料加以栓鎖。相對的，數位輸出栓鎖電路則可以將輸出的數位資料加以栓鎖後，由輸出致能電路控制其輸出動作。



圖十一 近端數位輸入/輸出埠電路

-其它附加電路

圖十二為其它附加電路方塊圖。匯流排界面的規格是工業標準結構匯流排 (ISA Bus)，此界面電路掌管 EPCIO 與主電腦中央處理單元間的資料傳輸。中斷控制器負責主電腦中央處理單元之中斷向量控制，中斷種類包括各種 DDA 中斷、Encoder 中斷、2 組遠端輸入輸出模組的中斷、近端輸入輸出模組的中斷、DAC 中斷、ADC 中斷及位置迴路控制中斷。主電腦中央處理單元的等待時間則由等待狀態產生器來設定，最多可規劃 8 個等待狀態。位址解碼器則執行 EPCIO 與中央處理單元間所有位址解碼的動作，它可設定 16 個不同基本位址 (Base Address)，而每個基本位址有 16 個位址空間。



圖十二 附加電路方塊圖

EPCIO 與其它類似運動控制 ASIC 之比較

表一是 EPCIO 與其它運動控制 ASIC 的比較表。表中除了 EPCIO 外，還包括了日本 NOVA Electronics 公司的 MCX314 和 MCX305、日本 Cosmo 的 PMC530、美國 PMD 公司之 MC1401A、及由工研院機械所開發的上一代產品 MIRL1000B 等俱代表性的運動控制 ASIC。表一中共提供十三項一般資訊以供讀者參考。以下就表一內容作進一步探討。

關於第一項控制軸數(Axial Control)，EPCIO 以同時可控制 6 軸為最高。第二項操作模式(Operation Modes)，EPCIO 可以選擇開迴路控制或俱比例增益閉迴路控制二種模式操作。至於日本 NOVA Electronics 公司的 MCX314 和 MCX305 僅俱開迴路控制模式。美國 PMD 公司之 MC1401A 使用二種性能較佳的閉迴路控制模式，包括比例、積分、微分增益迴授控制(Proportional, Integration,

Differential Feedback Control ; PID Control) , 以及虛擬微分前饋控制(Pseudo Differential Feed Forward Control ; PDFF Control) 。MIRL1000B 則有開迴路控制或俱比例增益閉迴路控制等二種模式供選擇。

第三項是比較脈衝輸出(Pulse Output)的型式、軸數與速度。我們可發現 EPCIO 提供 6 軸脈衝輸出，為最多者。此外，還俱備 CW/CCW, Pulse/Direction 及 A/B Phase 等 3 種脈衝輸出型式，因此，EPCIO 脈衝輸出的功能最完善。

第四項是編碼器計數器(Encoder Counter)的比較，EPCIO 之編碼器計數器不論在數目(9 個)及解析度(32 位元)上都優於其它運動控制 ASIC。第五項是數位/類比轉換界面(Digital/Analog Converter Interface ; DAC) , 僅有 EPCIO 與美國 PMD 公司之 MC1401A 俱備此種界面。至於第六項類比/數位轉換界面(Analog /Digital Converter Interface ; ADC)則只有 EPCIO 單獨俱備。

第七項脈衝寬度調變(Pulse Width Modulation ; PWM)功能，惟有美國 PMD 公司之 MC1401A 俱備。但是使用 PWM 時，MC1401A 的 DAC 輸出功能將被抑制。相對的，MC1401A 使用 DAC 輸出功能時，PWM 的輸出功能將被抑制。

第八項為輸入輸出數目(I/O Channel Number)比較，單獨一個 EPCIO 共有 4 個可分別規劃成輸入或輸出的模組，每個模組共有 7 輸入或輸出，因此一個 EPCIO 最多可規劃 28 輸入或是 28 輸出。另外 EPCIO 可規劃成主、僕(Master/Slave) 二種模式。最多可規劃 2 組串列輸入輸出，每組含 1 個 master 模組及至多 3 個 slave 模組，共可分別處理 384 組輸入及 384 輸出。其它運動控制 ASIC 因缺乏這種主僕模式的彈性，輸入輸出數都遠較 EPCIO 少。至於第九項工業標準結構匯流排(ISA Bus)界面則僅有 EPCIO 擁有。第十項資料匯流排(Data Bus)的位元數比較上，EPCIO 與 MCX314、MCX305 皆可處理 16 位元資料。

第十一項為是否須搭配專屬中央處理單位元(CPU) 使用，其中只有 MC1401A 須搭配一專屬的數位訊號處理器(DSP)才能使用。其它運動控制 ASIC 皆可直接受主電腦的控制。

第十二項為價格(Price)比較。此項對國內技術轉移廠商而言，EPCIO 以其強大多樣化的功能但價格卻遠低於國外產品，是十分理想的選擇。

至於最後一項是各運動控制 ASIC 的包裝(Package) , 在此提供作為參考。

表一 運動控制 ASIC 比較表

Items Objects	Axial Control	Operating Modes (Control Algorithms)	Pulse Output	Encoder Counter Channels	DAC Interface	ADC Interface
EPCIO	6	Closed Loop (P control) or Open Loop	6 Ch, >4Mpps <small>I/O: cw/ccw , pulse/dir, A/B phase</small>	9 Ch , 32 bits	8 Ch, 16-bit serial	8 Ch, 12 bits
MCX314 <small>(Nova elec. Japan)</small>	4	Open Loop	4 Ch, 4Mpps, <small>Out: cw/ccw or pulse/dir In: A/B phase or Up/Down</small>	4 Ch, 32 bits	none	none
MCX305 <small>(Nova elec. Japan)</small>	1	Open Loop	4 Ch, 4Mpps, <small>Out: cw/ccw or pulse/dir In: A/B phase or Up/Down</small>	4 Ch, 32 bits	1 Ch, 8 bits	none
PMC530 <small>(Cosmo, Japan)</small>	1	N/A	1 Ch, 6.25MPPS <small>In: Up/Down</small>	4 Ch, 28 bits	none	none
MC1401A <small>(PMD, USA)</small>	4	Closed Loop (PID, PI with Velocity Feed Forward)	none	4 Ch, 16 bits	6 Ch <small>16- bit Serial, 12 or 16 bit Parallel (PWM inactive)</small>	none
MIRL1000B	1	Closed Loop (P control) or Open Loop	1 Ch, 4Mpps <small>In: A/B phase, Out: cw/ccw, pulse/dir</small>	1 Ch, 24 bits	1 Ch <small>12-bit parallel</small>	0

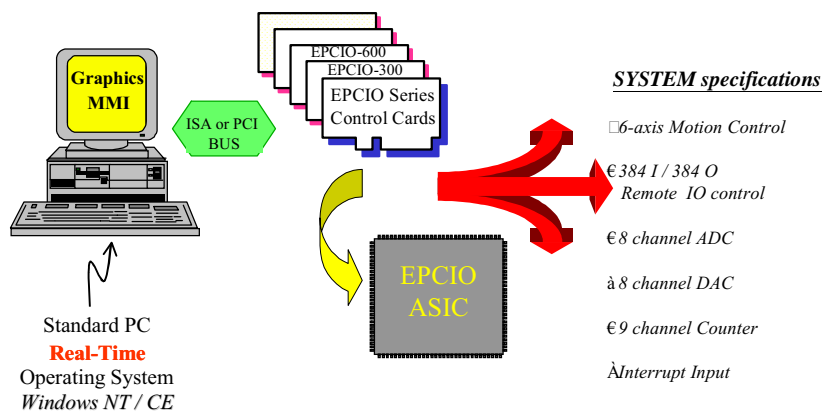
表一 運動控制 ASIC 比較表 (續)

Items Objects	PWM Channels	I/O Channels	ISA Interface	Data Bus	Comes With CPU	Price (NT)	Package
EPCIO	none	28In/28Out (Master) 384In&384Out (6 Slaves)	Yes	16 bits	No	800 (技轉廠商)	QFP160
MCX314 <small>(Nova elec. Japan)</small>	none	32 Outputs	No	8/16 bits selectable	No	6000	QFP144
MCX305 <small>(Nova elec. Japan)</small>	none	8 Outputs	No	8/16 bits selectable	No	1500	QFP80
PMC530 <small>(Cosmo, Japan)</small>	none	8 Outputs 4 Inputs	No	N/A	No	1700	QFP80
MC1401A <small>(PMD, USA)</small>	6 Ch 10 bits (DAC inactive)	8 Inputs	No	8 bits	Yes (DSP)	3000(CPU) +3000(I/O)	2 Chips, 1 I/O, 1CPU PLCC68
MIRL1000B	0	0	No	16 bits	No	200 (技轉廠商)	PLCC68

EPCIO 應用說明

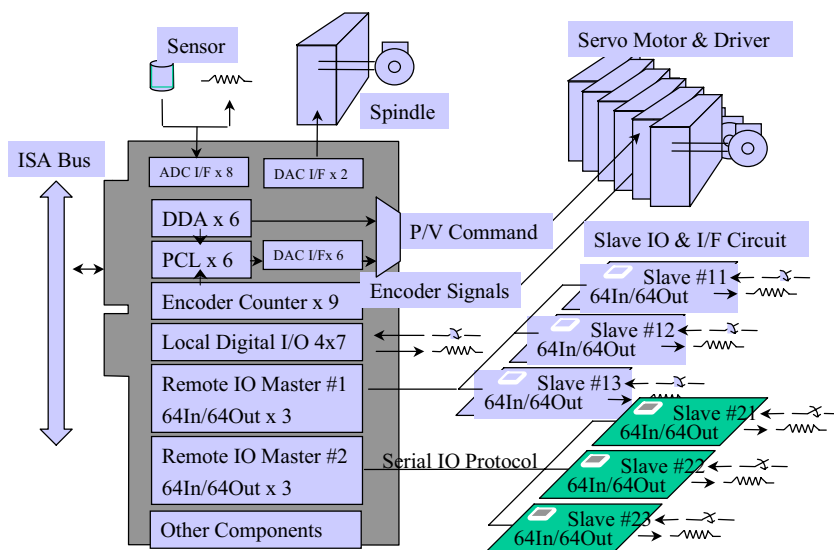
EPCIO 的開發是針對 PC-based 運動控制系統的需要，EPCIO 將成為運動控制器的核心以處理運動控制及輸入輸出的工作。一個俱有 **EPCIO-Based** 的控

制系統架構如圖十三所示，圖中 EPCIO 將視需要使用在各控制器上，主電腦與控制器透過工業標準結構匯流排(ISA Bus)或周邊元件界面匯流排(Peripheral Component Interface Bus；PCI Bus)作命令及資料傳遞。主電腦則在 Windows NT/CE 的環境下作即時(Real Time)控制的處理及提供圖形化人機界面。整個控制系統除了可以達成 6 軸的運動控制外，亦俱備 8 個數位/類比轉換管道以向馬達送出命令、8 個類比/數位轉換管道以接收偵測器傳回的類比訊號，還可以處理多至各 384 個遠端輸入及遠端輸出及接收來自 9 個編碼器的訊號輸入。



圖十三 EPCIO-Based 控制系統架構

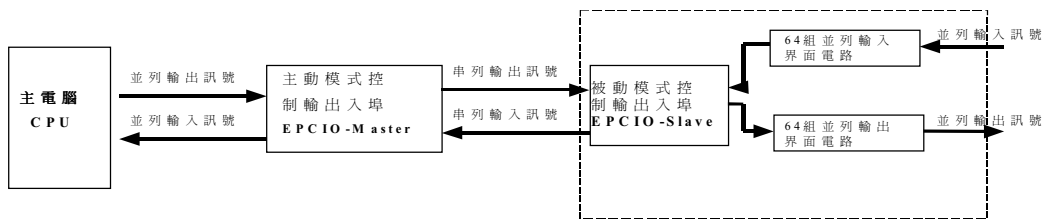
關於 EPCIO-based 控制器與外部裝置連接的功能方塊圖請參閱圖十四。圖中可以看到 EPCIO-Master 與 EPCIO-Slave 相互搭配的工作情形。EPCIO-based 控制器最多共可控制 2 個主軸馬達和 6 個伺服馬達，使用 9 個編碼器計數器，還可處理 8 個偵測器所傳回的類比訊號。此外，EPCIO-Master 與 6 個 EPCIO-Slave 可相互搭配處理遠端數位輸入輸出。



圖十四 EPCIO-based控制器與外部裝置連接示意圖

EPCIO-Master 與 EPCIO-Slave 的搭配

對於遠端輸入輸出的處理，EPCIO-based 控制系統中 EPCIO-master 與 EPCIO-Slave 必須搭配使用。圖十四中，控制器上的 EPCIO-Master 可以控制 6 個完全相同的 EPCIO-slave 模組。關於主電腦 CPU 如何透過 EPCIO-master 與 EPCIO-Slave 的搭配，來接收遠端輸入及傳送遠端輸出？則以圖十五之功能方塊圖來說明。圖中之被動模式遠端控制輸出埠(EPCIO-slave)是主管遠端數位之輸出入控制，所連接的 64 組輸入界面電路可接收來自外部裝置的並列輸入訊號。另外，所連接的 64 組輸出界面電路則可輸出並列訊號給外部裝置。因此圖十四中之 EPCIO-based 控制器最多可處理 384 個輸入或輸出。EPCIO-Slave 所接收的遠端輸入資料先以串列方式傳送到 EPCIO-Master 中，EPCIO-Master 再將該資料以並列方式透過 ISA Bus 傳送給主電腦 CPU 處理。經主電腦 CPU 處理後所下達的命令則依相反程序輸出遠端裝置。



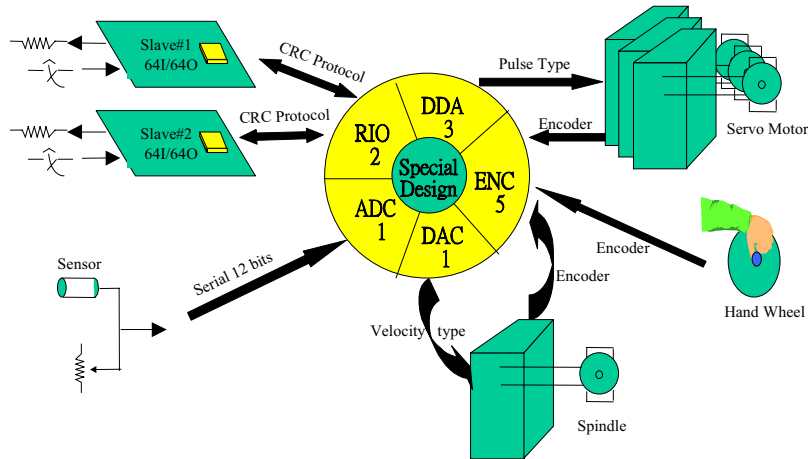
圖十五 CPU, EPCIO-Master與EPCIO-Slave間訊號傳遞方塊圖

EPCIO-300 與 EPCIO-600

工研院機械所在開發 EPCIO 的過程中，也充分利用 EPCIO 功能，針對潛在市場需要規劃出適合車銑床的控制板 EPCIO-300 及適合線切割機的控制板 EPCIO-600。

EPCIO-300 的功能裝置連接圖請參考圖十六，EPCIO-300 使用 3 顆 EPCIO ASIC，其中 1 顆 EPCIO 規劃為 master，另 2 顆規劃為 slave 以專門處理 2 組遠端輸入輸出(Remote In/Output；RIO)。EPCIO-300 可輸出一類比電壓(DAC)控制 1 個主軸馬達(Spindle)，三組數位差動分析脈衝(DDA)以控制 3 個伺服馬達，5 個編碼器計數器除了處理 1 個主軸馬達、3 個伺服馬達驅動器上所傳回的編碼器脈衝外，還可以接受一個手輪編碼器的脈衝輸入。EPCIO-300 外部連接了一個偵測器，它所傳回的類比訊號可以經類比/數位訊號轉換器(ADC)轉為數位信號作處理。此外，EPCIO-300 上的 EPCIO-master ASIC 可以控制兩組 EPCIO-slave ASIC，以處理 128 個遠端輸入及 128 個遠端輸出。

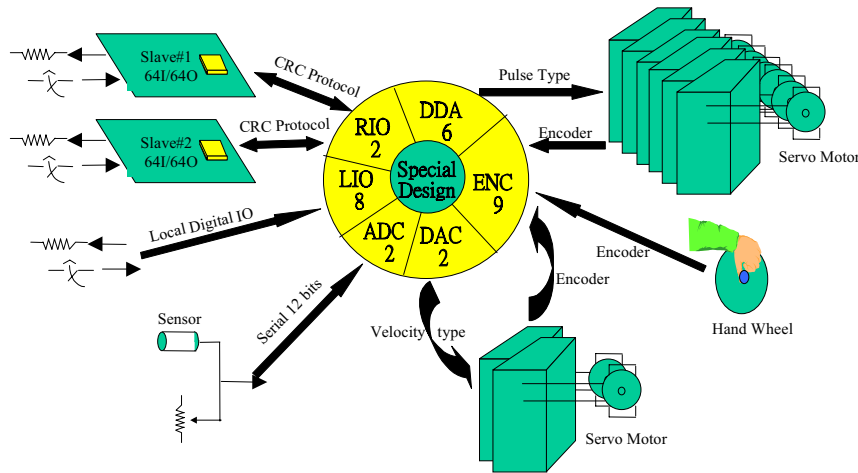
EPCIO-300 車銑床專用板



圖十六 EPCIO-300車銑床控制器功能裝置連接圖

圖十七是 EPCIO-600 的功能裝置連接圖。EPCIO-600 也使用 3 顆 EPCIO ASIC，同樣的 1 顆 EPCIO 規劃為 master，另 2 顆規劃為 slave。除了處理遠端輸入輸出的能力與 EPCIO-300 相同外，EPCIO-600 擴充了更多的功能。EPCIO-600 共可控制 2 個主軸馬達和 6 個伺服馬達，並使用了 9 個編碼器計數器，還可處理 2 個偵測器所傳回的類比訊號。此外，增加了處理額外 8 個近端數位輸入輸出(Local In/Output；LIO)的功能。因此，EPCIO-master ASIC 的性能在 EPCIO-600 線切割機控制板上有較多的發揮。

EPCIO-600 線切割專用板



圖十七 EPCIO-600線切割機控制器功能裝置連接圖

EPCIO 的未來展望

綜合以上所述，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 ASIC 中，可以有效簡化控制器電路，進而提高了控制器可靠度及降低了電路本身及其維修、庫存成本，加上其價格低於與國外產品，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、降低成本，增加產品在國際及國內市場的競爭力。

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在 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，一舉整合出完善的 PC-based 工業控制系統，提供給國內廠商，使國內廠商能掌握更多商機創造更多的利潤。

參考資料

1. 賴振國，"EPCIO ASIC 設計報告書"，工研院機械所文件編號：E1-PD-8705。
2. 何昌祐、許明景，"DSP-Based 運動控制架構說明"，電機月刊，1997 年 5 月號，153-162 頁。
3. 何昌祐、彭志誠，"定位控制技術與應用"，電機月刊，1995 年 5 月號，105-114 頁。
4. 陳祖型、王茂慶，"工業控制器~運動控制技術及應用案例"，電機月刊，1996 年 6 月號，148-154 頁。