

# MCU Based 氣壓系統控制器設計

林柳絮<sup>1</sup> 陳育堂<sup>2</sup>

<sup>1</sup>德霖技術學院機械工程系講師

<sup>2</sup>德霖技術學院機械工程系副教授

## 摘要

各種工業機電控制應用中，在控制器之選用上，過去大多採用可靠性高、耐雜訊、與適應工廠惡劣環境之可程式控制器(PLC)；隨著科技與個人電腦產業的高度發展，開始有人採用 PC Based 控制器甚至使用數位處理器(DSP)進行各種工業上之機電控制。

相對於微控制器(MCU)而言，大多應用於消費性電子產品上，較少應用於工業上之機電控制，但近年來由於國內微控制器大廠盛群半導體公司的努力研發，已率先推出符合工業標準規格之微控制器，同時其開發工具功能強且操作容易，所以本研究嘗試使用盛群半導體公司之微控制器(MCU)，研究開發以微控制器為基礎之氣壓系統控制器，進而研究微控制器於各種工業機電控制應用上之可能性。

本研究所開發之「MCU Based 氣壓系統控制器」，經實際測試，結果良好，證實與開啟微控制器於各種工業機電控制應用上之可行性與新方向。

**關鍵詞：**微控制器，氣壓

# MCU Based Controller Design for Pneumatic System

Liu-Hsu Lin<sup>1</sup> Yu-Tang Chen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instructor, Department of Mechanical Engineering De Lin Institute of  
Technology

<sup>2</sup> Associate Professor, Department of Mechanical Engineering De Lin Institute of  
Technology

## Abstract

Traditionally the programmable logical controller (PLC) is usually used in controlling mechatronical systems in many industrial applications, and the micro controller unit (MCU) is popularly used in consumer's electronic products. Up to now, there is no a general purpose microcontroller available for industrial applications yet. However, the capabilities of the MCU have been greatly enhanced due to the constant improvement of semiconductor technology in last years. The Holtek Semiconductor Inc. based on many years' experiences present now a new MCU with industrial specifications. The purpose of this research is to develop a MCU based controller for the pneumatic system. The development of this controller includes firmware and hardware tasks. Finally we use a pneumatic system to test its performance.

**Keywords:** MCU, Pneumatic

## 壹、研究動機與目的

氣壓工程在產業自動化中，屬於低成本自動化的領域，對於省力化、少人化的自動生產系統，扮演著極重要且基本的角色，氣壓工程若搭配適當的機構及電動機控制即是機電整合 (mechatronics)；同時氣壓工程也是踏入自動化領域的入門技術，所以國內各大專院校機械與自動化學群之科系均有開設氣壓工程相關之課程，同時行政院勞委會於全國技術士技能檢定項目內亦有設置「氣壓乙、丙級技術士檢定」項目，目前每年參加氣壓乙、丙級技術士檢定者超過千餘人次，為一重要之技能檢定項目。

由於氣壓系統控制屬於工業機電控制，在過去大多採用可靠性高、耐雜訊、與適應工廠惡劣環境之可程式控制器(PLC)；隨著個人電腦產業的高度發展，開始有人採用 PC BASED 控制器進行各種工業上之機電控制應用與氣壓系統控制。

相對於微控制器(MCU)而言，大多應用於消費性電子產品上，較少應用於工業上之機電控制，所以截至目前為止，尚無人選用微控制器來進行氣壓技能檢定。但近年來由於國內微控制器大廠盛群半導體公司的努力研發，已率先推出符合工業標準規格之微控制器，同時其開發工具功能強且操作容易，所以本研究嘗試使用盛群半導體公司之微控制器(MCU)，研究開發以微控制器為基礎之氣壓系統控制器，進而研發微控制器於各種工業機電控制應用上之可能性。

## 貳、HT46R24 MCU 簡介

### 一、MCU 介紹

『微控制器 (Micro controller Unit ; 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的內嵌式處理器 (Embedded Processor)與『Embedded Microcontroller』功能相近(例如數位相機的影像控制晶片就導入了 MCS-51 與 R3000 晶片核心，也由有廠商採用 IBM 的 Power PC MPU 作為數位攝影機的內部處理器)，因此「微控制器」與「微處理器」已經越來越難以界定！微控制器除了內含 ROM 或 Flash Memory 的基本配備之外，近些年來微控制器製造廠商更是將一些常用的周邊元件，如 A/D、D/A、Timer、PWM、串列傳輸埠…等等，整合到 MCU 晶片內部，更擴展了微控制器的應用領域。

微控制器發展，歷經 4 位元、8 位元、到現在的 16 位元及 32 位元，甚至 64 位元，產品的成熟度及投入廠商之多，應用範圍之廣，真可謂之空前。同時由於製程的改進，8 位元 MCU 與 4 位元 MCU 價差相去無幾，8 位元已漸成為市場主流；針對 4 位元 MCU，大部份供貨商採接單生產，目前 4 位元 MCU 大部份應用在計算器、車表、車用防盜裝置、呼叫器、無線電話、CD Player、LCD 驅動控制器、LCD Game、兒童玩具、磅秤、充電器、胎壓計、溫濕度計、遙控器及傻瓜相機等；8 位元 MCU 大部份應用在電表、馬達控制器、電動玩具機、變頻式冷氣機、呼叫器、傳真機、來電辨識器（Caller ID）、電話錄音機、CRT Display、鍵盤及 USB 等；16 位元 MCU 大部份應用在行動電話、數位相機及攝錄放影機等；32 位元 MCU 大部份應用在 Modem、GPS、PDA、HPC、STB、Hub、Bridge、Router、工作站、ISDN 電話、激光列印機與彩色傳真機；64 位元 MCU 大部份應用在高階工作站、多媒體互動系統、高級電視游樂器（如 SEGA 的 Dreamcast 及 Nintendo 的 GameBoy）及高級終端機等。

盛群半導體公司為國內專業微控制器設計公司，專注於通用型與嵌入式微控制器開發。除了消費性、電腦週邊、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 等通用型微控制器。不同於國內其他微控制器製造商，該公司的定位是以微控制器為核心技術的 IC 設計公司，其行銷網路遍及全球，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。目前以提供八位元的 OTP 與 Mask 型式的微控制器為主，未來則朝向可重複讀寫的 E<sup>2</sup>PROM 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 MCU 相當的完整，其主要 MCU 請參考【表 1】，其中 8-Bit 微控制器就有十餘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。本研究將以「HT46R24」A/D Type MCU 為主體，研究開發以微控制器為基礎之氣壓系統控制器。

【表 1】 盛群半導體公司 MCU 一覽表

8-Bit MCU	Display Driver	Memory
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Cost-Effective I/O Type MCU Series</li> <li>* I/O Type MCU Series</li> <li>* LCD Type MCU Series</li> <li>* A/D Type MCU Series</li> <li>* A/D with LCD Type MCU Series</li> <li>* R-F Type MCU Series</li> <li>* Remote Type MCU Series</li> <li>* Phone Controller MCU Series</li> <li>* Dot Matrix LCD MCU Series</li> <li>* Data Bank MCU Series</li> <li>* Voice MCU Series</li> <li>* Music MCU Series</li> <li>* Keyboard/Mouse/Joystick MCU Series</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* RAM Mapping LCD Controller &amp; Driver Series</li> <li>* Telephony LCD Driver Series</li> <li>* VFD Controller &amp; Driver Series</li> <li>* Dot character VFD Controller &amp; Driver</li> <li>* OLED Driver Series</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Mask ROM Series</li> <li>* OTP EPROM Series</li> <li>* SPI OTP EPROM Series</li> <li>* 3-wire EPROM Series</li> <li>* I<sup>2</sup>C EPROM Series</li> </ul>
Remote Controller	Power Management	Voice/Music
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Remote Type MCU Series</li> <li>* 2<sup>12</sup> Encoder/Decoder Series</li> <li>* 3<sup>9</sup> Encoder Series</li> <li>* 3<sup>12</sup> Encoder/Decoder Series</li> <li>* 3<sup>18</sup> Encoder/Decoder Series</li> <li>* Learning Encoder Series</li> <li>* TV Remote Controller Series</li> <li>* RFID Series</li> <li>* Doorbell Series</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 30mA Regulator Series</li> <li>* 100mA Regulator Series</li> <li>* 300mA Regulator Series</li> <li>* Negative Voltage Regulator Series</li> <li>* Voltage Detector Series</li> <li>* 100mA Step-up DC/DC Converter Series</li> <li>* Charge Pump DC/DC Converter Series</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Voice MCU Series</li> <li>* Music MCU Series</li> <li>* Q-Voice Series</li> <li>* EasyVoice Series</li> <li>* Sound Effects Series</li> <li>* Piano Series</li> </ul>
Computer	Communication	Analog
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Keyboard/Mouse/Joystick MCU Series</li> <li>* Mouse Series</li> <li>* Keyboard Series</li> <li>* Multimedia Series</li> <li>* 16-Bit Audio DSP Series</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Phone Controller MCU Series</li> <li>* Dual Mode Caller ID Phone Single Chip</li> <li>* Telecom Peripheral Series</li> <li>* Basic Dialer Series</li> <li>* IDD Lock Dialer Series</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* D/A Converter Series</li> <li>* Amplifier Series</li> </ul>
Miscellaneous		
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Timepiece Series</li> <li>* Clinical Thermometer Series</li> <li>* Camera Peripheral Series</li> <li>* PIR Controller Series</li> <li>* Alphanumeric Recognition Series</li> </ul>		

## 二、HT46R24 微控制器之特點

HT46R24 MCU是盛群半導體公司所推出的八位元A/D Type微控制器，此IC採用先進的COMS技術製造，因此具有低功率消耗、高執行速度的特性。其內含看門狗計時器、可程式計數器、類比—數位轉換介面（Analog to Digital Converter）、PWN輸出介面、I<sup>2</sup>C-Bus介面、省電模式（HALT Mode）、低電壓自動重置電路（Low Voltage Reset Circuit; LVR）及雙向I/O等強大功能，其電氣特性如【表 2】。

【表 2】 HT46R24 電氣特性

Part No.	VDD	System Clock	Program Memory	Data Memory	I/O	Timer		Interrupt		Stack	A/D	PWM
						8-bit	16-bit	Ext.	Int.			
HT46R24 HT46C24	2.2V~5.5V	400kHz~8MHz	8Kx16	384x8	40	--	2	1	4	16	10-bitx8ch	8-bitx4

## 參、MCU Based 氣壓系統順序控制設計法

順序控制系統的設計工作，基本上必須先對整個控制動作的邏輯全盤了解之後，再著手進行程式的設計工作。若是一開始就依據經驗進行程式設計，而忽略了分析規劃的作業將會產生以下的問題：

- 1.沒有一套固定的法則，很難了解整個系統動作流程。
- 2.程式修改偵錯困難。
- 3.教育訓練不易，技術傳承困難，經驗不易累積。
- 4.機電人員溝通不良，經常需要作工程變更。

傳統上氣壓系統順序控制設計方法有『直覺法』、『串級法』、『移位暫存器法』、『布林代數法』與『狀態控制設計法』。本研究在氣壓系統順序控制設計上採用『狀態控制設計法』，其理由為：『狀態控制設計法』可針對上述缺點提供一種解決方法，讓程式設計師先理解控制系統的動作邏輯，並且能以狀態圖來表現控制邏輯，同時在計劃開發設計過程中，機電工程雙方可以透過充分的溝通以減少不必要的工程變更。接著再根據狀態遷移圖進行程式設計，而在測試階段，因為每個控制狀態流程都非常清楚，因此可以很容易發現錯誤並加以修改。最後，整個控制系統動作說明文件亦可以狀態遷移圖清楚的表達，對技術移轉，經驗累積，人員的訓練都有很大的幫助。同時更值得注意的是『狀態控制設計法』有其固定的邏輯法則與類似電腦語言的結構化組織，所以不會因問題的複雜度不同或不同的設計者而產生不同的設計觀點。

狀態遷移圖(State Diagram)是一種順序邏輯(Sequential Logic)的圖形表示法，如圖 1 所示，其基本

單元包括：狀態、移行條件及驅動處理三部份，其中

- 1.狀態：表示氣壓系統控制的狀態。氣壓系統開機後的第一個狀態稱起始狀態，一般以雙重方框表示。狀態將會因控制條件的改變而產生狀態遷移。
- 2.移行條件：表示狀態改變所需要的條件，也就是在每一狀態下，當移行條件成立時，狀態遷移的動作才會發生，這些條件一般為輸入訊號、計時器或計數器的完成訊號等。
- 3.驅動處理：表示氣壓系統控制狀態相對應的輸出動作，一般為電磁閥的激磁動作。

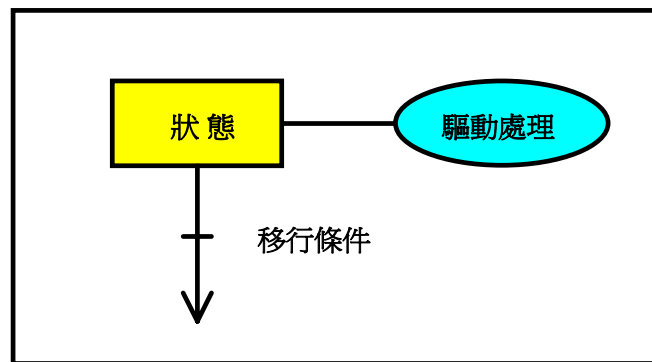


圖 1 狀態遷移圖的基本單元

『狀態控制設計法』原理係根據控制系統的動作邏輯繪出系統狀態遷移圖，再根據系統狀態遷移圖寫出控制器之程式。過去在工業機電控制上大多採用可程式控制器(PLC)作為控制器，所以針對 PLC 控制器，使用『狀態控制設計法』發展出之程式邏輯-步梯指令相當成熟與完備，其程式撰寫範例如下，本例使用的可程式控制器為三菱 FX2。

```

STL   S0       狀態
OUT   Y0       驅動處理
LD     X0       移行條件
SET   S1       下一個狀態

```

由於過去並沒有使用盛群半導體公司之微控制器(MCU)，研究開發以微控制器為基礎之氣壓技能檢定用控制器的案例存在，所以本研究創新開發以 MCU 為控制器，根據『狀態控制設計法』發展出來之程式邏輯，在 MCU 程式設計上，採用盛群 C 語言來撰寫控制邏輯，其相對應於狀態遷移圖之程式語法為：

While( 移行條件 )

{

    驅動處理

}

使用一 While 迴圈來對應狀態遷移圖的基本單元，在迴圈內執行該狀態對應之驅動處理，直到移行條件成例立，才跳出迴圈進入下一個狀態(While 迴圈)。

## 肆、系統架構與控制器電路

本『Holtek Mcu Based 氣壓控制系統』主要是一以 HT46R24 MCU 為核心之控制器主體，搭配一具光耦合隔離之訊號輸出、入模組來與外界氣壓系統溝通，系統方塊圖如圖 2。

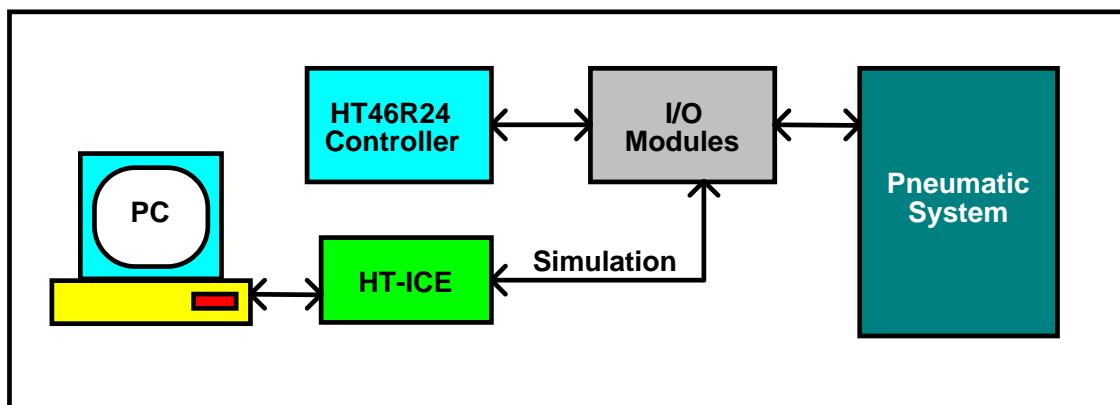


圖 2 系統方塊圖

### 一、控制器主體

Holtek Mcu Based 控制器主體是以 HT46R24 MCU 為核心，並規劃 HT46R24 微控制器 PA 埠為輸入埠，PB 與 PC 埠為輸出埠，此三埠透過 28 Pin 排線與輸出、入模組連接進行資料之溝通，HT46R24 控制器主體線路圖如圖 3。

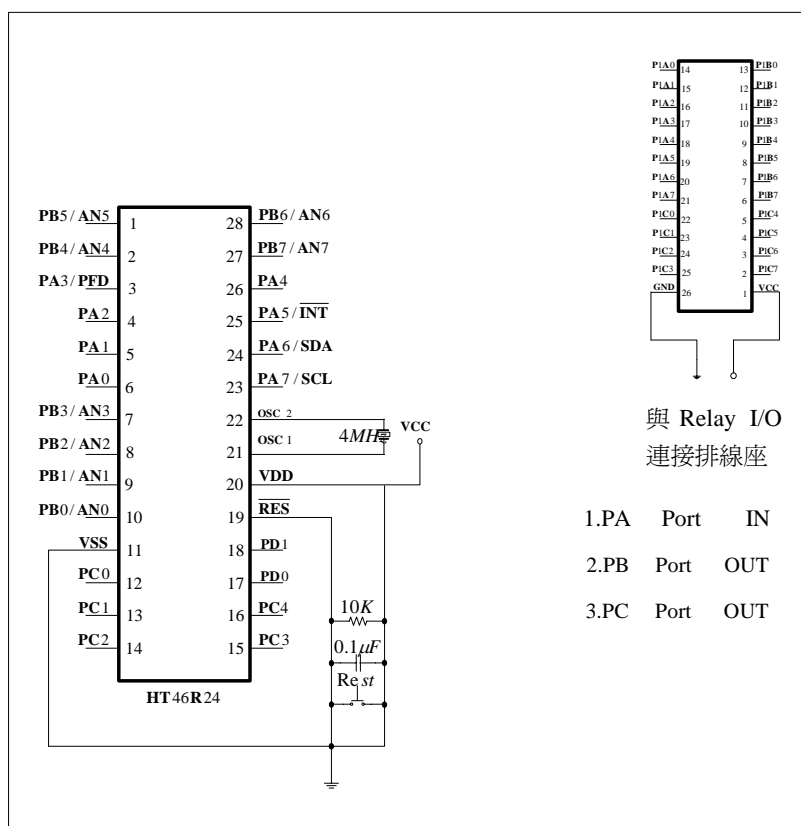


圖 3 控制器主體線路圖

## 二、輸出、入模組：

本『Holtek Mcu Based 氣壓控制系統』中之輸出輸入模組係採用益眾公司之 Relay I/O 卡，本卡輸入與輸出均有 LED 顯示信號準位，輸入電壓 DC 5 ~ 12 V，輸出電壓 AC 0 ~ 120 V，輸出可控制 16 組繼電器的常開(NO)與常閉(NC)，輸入接點 8 組，輸出接點 16 組，採用光耦合器隔離，可降低雜訊的干擾。

## 三、輸入訊號電路：

輸入訊號首先經過 ULN2003IC，當輸入訊號為大電流訊號時其功能為電流緩衝器，當輸入訊號為小電流訊號時其功能為訊號放大，再來訊號流經 PC817 光耦合器，其功能為將外界訊號作一隔離避免外界訊號直接衝擊 MCU 本體，PC817 光耦合器輸出訊號流經 74LS14IC 施密特觸發反向器，其功能為訊號緩衝整形，最後經由排線送入 MCU，輸入訊號電路圖，如圖 4。

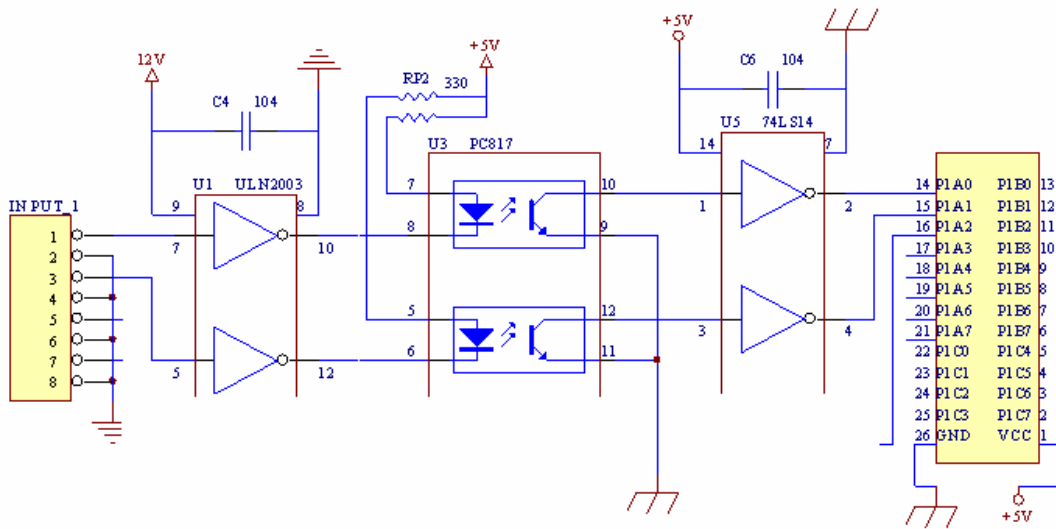


圖 4 輸入訊號電路圖

#### 四、輸出訊號電路：

輸出訊號首先經過 PC817 光耦合器，其功能為隔離外界電動機的突波避免外界訊號直接衝擊 MCU 本體，PC817 光耦合器的輸出訊號再驅動一繼電器，再由繼電器控制大功率之驅動器，其中飛輪二極體其作用為消除繼電器之反電動勢，輸出訊號電路圖，如圖 5。

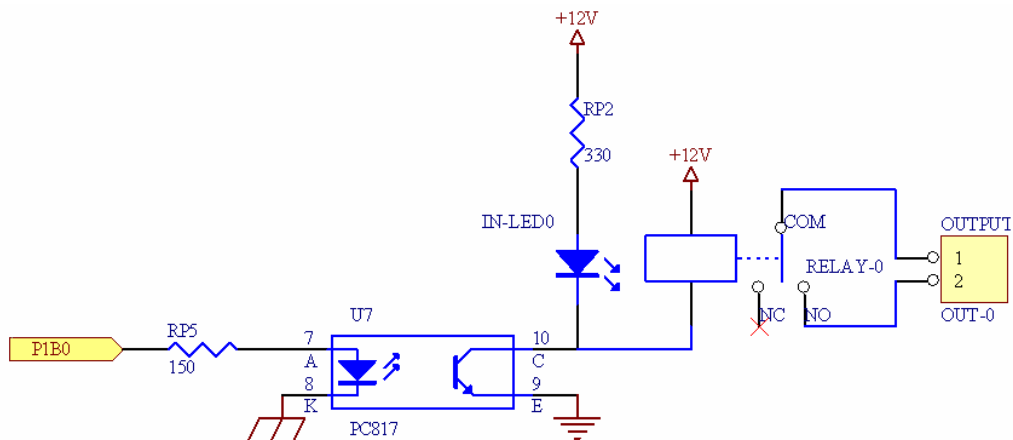


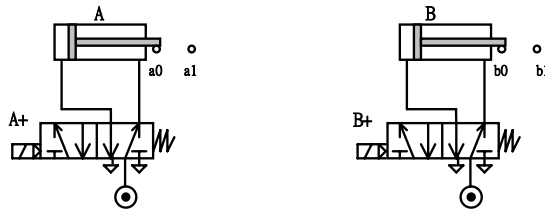
圖 5 輸出訊號電路圖

## 肆、實例測試

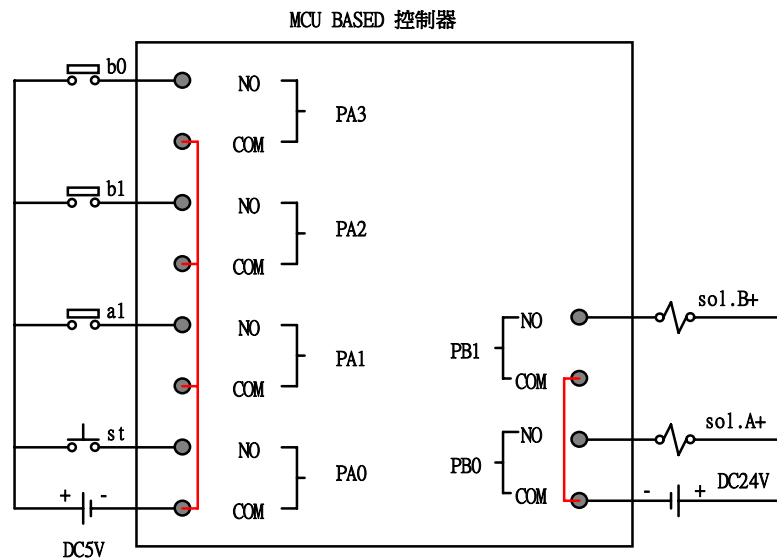
利用 HOLTEK MCU 來控制氣壓系統的各種順序動作，是以一 HT46R24 MCU 為核心之控制器主體搭配一具光耦合隔離之訊號輸出入模組與外界氣壓系統溝通。其中 HT46R24 MCU Based 控制器主體用來執行邏輯、運算、計時、計數等功能，並透過數位或類比輸出入模組控制氣壓系統進行各種順序動作。訊號輸出入模組擔任控制器主體與氣壓系統之間的介面，必須能隔絕外部機器所產生之雜訊進入控制器主體及驅動外部高壓交、直流機具。

為了測試本『Holtek Mcu Based 氣壓控制系統』的功能，本研究以實際氣壓系統進行測試，整個 HOLTEK MCU BASED 氣壓控制--順序控制流程如下：

- 一、動作順序: A+B+B-A-
- 二、訊號流程：st→A+→a1→B+→b1→B-→b0→A-
- 三、氣壓迴路圖：

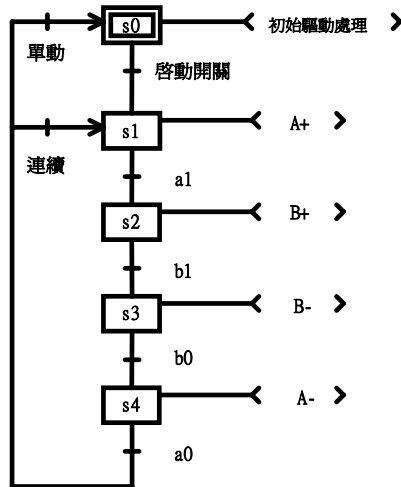


- 四、MCU BASED 控制器輸入輸出配線圖：



控制器核心採用 HT46R24

#### 五、氣壓系統狀態遷移圖：



### 伍、結論

本研究『HOLTEK MCU BASED 氣壓系統控制器』，目前為具有氣壓系統控制功能性之原型機 (prototype)，僅證明可以使用 MCU 來進行各項工業機電控制之可行性，尚必須進行多項改善才能使該作品具有商業競爭力，未來擬以『泛用型 HOLTEK MCU BASED 控制器』為標的進行開發研究並就下列方向進行改善：

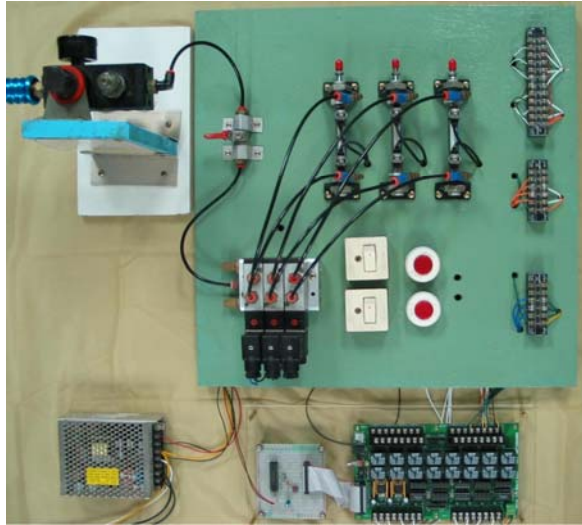
- 1.電子元件間之搭配與電路板 layout 設計之電子電路性能改善增進。
- 2.HT46R24 微控制器主體與輸出、入模組之外型設計必須符合工業機電控制要求，提供更方便簡易的配線、安裝。
- 3.開發設計更多具有不同功能之輸出、入模組，使工業機電控制設計人員在使用 MCU Based 控制器更具彈性與方便性。
- 4.研究開發更多 MCU Based 控制器之 C 語言程式範例，提供工業機電控制設計人員參考。

### 參考文獻

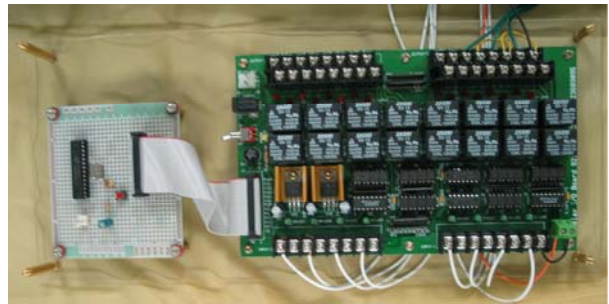
1. 鍾啓仁，“HT46XX 微控制器理論與實務寶典”，全華圖書。
2. 林宗賢，“氣壓工程學”，文京圖書。
3. 陳聰敏、吳文誌，“可程式控制器原理與應用”，全華圖書。
4. “HT-IDE3000 使用手冊”，盛群半導體公司。
5. “HT46R24 Handbook”，盛群半導體公司。

6. “Relay I/O 卡使用手冊”，益眾公司

## 附錄



Holtek Mcu Based 氣壓控制系統



Holtek Mcu Based 控制器



Holtek Mcu ICE 氣壓控制系統



Holtek Mcu ICE

