

以 PIC 單晶片實現之分散式電梯控制系統

黃俊榮
義守大學機械與自動化
工程學系
tommo456yoho@yahoo.com.tw

顏勝煌
義守大學機械與自動化
工程學系副教授
shyen@isu.edu.tw

陳威良
義守大學機械與自動化
工程學系副教授
wlchen@isu.edu.tw

摘要

本研究以一顆 PIC 16F877A 為主控制晶片及三顆 PIC 16F84A 為單元控制晶片，並以電梯控制為實現的平台，建立分散式控制系統架構，運用邏輯真值表規劃動作程序，並以 Microchip 組合語言指令撰寫控制程式，載入各 PIC 單晶片，進行主控制動作和各控制單元之間實體溝通協調通訊，完成分散式控制系統主從架構，使設計流程化繁為簡，達到系統化和邏輯化的目的。

關鍵詞：PIC 單晶片、邏輯真值表、分散式控制、主從架構。

Abstract

In this paper, a PIC16F877A chip and three PIC16F84A chips are used as the host chip and unit controllers, respectively, to build the structure of a distributed control system. The logic of computer programming is completed through truth tables. The corresponding Microchip assembly codes are programmed and play the roles of master control actions and communications between the host chip and unit controllers. This distributed control system is implemented on an elevator system to demonstrate the simplification of the design procedures which in turn accomplishes the systematic and logical purposes of design processes.

Key words : PIC single chip, truth table, distributed control system, master-slave structure

1. 前言

目前電梯控制可使用 PLC 或微電腦實現之，但使用 PIC 單晶片的實例則付之闕如，PIC 單晶片是一部具體而微的微電腦，用以實現電梯控制具有成本價格的優點，規劃清楚控制邏輯後，使用組合語言撰寫電梯控制程式，而將

電梯動作的順序邏輯一一呈現，日後若有修改程式或增加功能的需要時，可增加程式適用彈性。

本研究估計以一顆 PIC16F877A 主控制單晶片的能力可從事七樓層電梯之控制，以一般家居住宅狀況而言，有其應用性，若要應用於七樓層以上的大樓可擴充主從架構，適當地增加單元控制晶片即可，所以運用分散式系統架構進行控制，可增加系統功能擴充性。

2. 系統架構

本研究的硬體架構係由一顆 PIC16F877A 為主控制晶片和三顆 PIC16F84A 為單元晶片，組成分散式控制系統(參見圖一)，其擔任的功能分述如下：

2.1 電梯主控制晶片：PIC16F877A (Host)

匯集和記憶電梯各樓層內外部的按鈕感應訊號，以分析電梯車廂需進行上樓或下樓的動作和判斷電梯門需開啟或關閉的處理，並且將所需的控制訊號傳送至相對應的單元控制晶片以執行相關動作，達成主從控制架構。

2.2 電梯門控制單元：PIC16F84A (Unit 1)

接受由主控制晶片傳來的開門控制訊號，則將電梯門打開，並執行設定的動作，直到電梯門再度關閉，再回傳完成訊號至主控制晶片，讓主控制晶片繼續往下一個副程式執行，其中並規劃互鎖作動機制以加強安全性，即當電梯門開啟時，就鎖住控制上下樓的步進馬達，必須等到電梯門完全關閉後，才能再讓步進馬達作動，使電梯車廂執行上下樓動作。

2.3 步進馬達控制單元：PIC16F84A (Unit 2)

接受主控制晶片傳送來的上升、下降或停止的控制訊號，以執行電梯車廂相對應的動作，而在執行動作之前，必須先確認電梯門是處於關閉狀態，所以設計互鎖作動機制以確保電梯的安全性。

2.4 七段顯示控制單元：PIC16F84A (Unit 3)

主控制晶片根據各樓層微動開關的感應

訊號判斷電梯所在的樓層位置，並將此樓層位置訊號傳送給七段顯示控制單元晶片，以顯示電梯目前抵達的樓層位置。

3. 主控制程式邏輯

主控制晶片內部的控制程式設計是先運用邏輯真值表進行動作分析，本研究實體為一部四樓層電梯(參見圖二)，而此邏輯規劃方式在理論上可適用於更多樓層的控制，只須選用更具強能力的單晶片即可，使用邏輯真值表規劃分析可以使電梯作動順序邏輯更清楚呈現。

3.1 電梯外部按鈕訊號之邏輯真值表規劃

(1) 若電梯車廂在最頂樓只需往下停靠樓層，邏輯真值表請參見表 1。

表 1. 電梯車廂下降判斷

真值表				
1F	2F	3F	4F	說明
0	0	1	0	電梯下降到 3F 停。
0	1	0	0	電梯下降到 2F 停。
1	0	0	0	電梯下降到 1F 停。
0	1	1	0	下降到 3F 停完在下降 2F 停。
0	1	1	0	3F_down 鈕在電梯從 3F 已經往下下降了才按，沒停 3F 只有停 2F。 動作二
1	0	1	0	下降到 3F 停完在下降 1F 停。
1	0	0	0	3F_down 鈕在電梯從 3F 已經往下下降了才按，沒停 3F 只有停 1F。 動作二
1	1	0	0	下降到 2F 停完在下降 1F 停。
1	1	0	0	2F_down 鈕在電梯從 2F 已經往下下降了才按，沒停 2F 只有停 1F。 動作二
1	1	1	0	電梯下降到 3F 停完在下降到 2F 停完在往 1F 停。 動作一
1	1	1	0	3F_down 鈕在電梯從 3F 已經往下下降了才按，所以 3F 沒停直接往 2F 停，在停 1F。 動作二
1	1	1	0	2F_down 鈕在電梯從 2F 已經往下下降了才按，所以先停 3F 在往 1F 停，沒有停 2F。 動作三
1	1	1	0	2F_Down、3F_Down 鈕在電梯從 2F 已經往下下降了才按，所以電梯沒有停 2F、3F 只有停 1F。 動作四

(2) 若電梯廂在頂樓與一樓中間時，運用各樓層的感測器判斷電梯廂在那一樓層，再依邏輯真值表判斷上升或下降，請參見表 2。

表 2. 頂樓與一樓間上下樓判斷

真值表								
電梯廂				外部按鈕				說明
1F	2F	3F	4F	1F	2F	3F	4F	
0	0	1	0	0	0	0	1	上升到 4 樓停。
0	0	1	0	0	0	1	0	3F 電梯門打開。
0	0	1	0	0	1	0	0	下降到 2 樓停。
0	0	1	0	1	0	0	0	下降到 1 樓停。
0	1	0	0	0	0	0	1	上升到 4 樓停。
0	1	0	0	0	0	1	0	上升到 3 樓停。
0	1	0	0	0	1	0	0	2F 電梯門開。
0	1	0	0	1	0	0	0	下降到 1 樓停。

(3) 電梯廂在最底樓層，則只需往上停靠樓層，邏輯真值表請參見表 3。

表 3. 電梯廂上升判斷

真值表				
1F	2F	3F	4F	說明
0	0	0	1	電梯上升到 4F 停。
0	0	1	0	電梯上升到 3F 停。
0	1	0	0	電梯上升到 2F 停。
0	0	1	1	上升到 3F 停完在上升 4F 停
0	0	1	1	3F_UP 鈕在電梯從 3F 已經往上升才按，沒停 3F 只有停 4F。 動作二
0	1	0	1	上升到 2F 停在上升到 4F。
0	1	0	1	2F_UP 鈕在電梯從 2F 已經往上升了才按，沒停 2F 只有停 4F。 動作二
0	1	1	0	上升到 2F 停在上升到 3F 停。
0	1	1	0	2F_UP 鈕在電梯從 2F 已經往上升才按，先沒停 2F 只有停 3F。 動作二
0	1	1	1	電梯上升到 2F 停完在上升到 3F 停完之後在往 4F 停。 動作一
0	1	1	1	電梯上升到 2F 停完後，3F_UP 鈕在電梯從 3F 已經往上升了才按，3F 沒停到 4F 停。 動作二
0	1	1	1	2F_UP 鈕在電梯從 2F 已經往上升了才按，所以先停 3F 在往 4F 停，沒有停 2F。 動作三

0 1 1 1	2F_UP、3F_UP 鈕在電梯從 3F 已經往上升了才按，所以電梯沒有停 2F、3F 只有停 4F。
動作四	

3.2 電梯內部按鈕訊號之邏輯真值表規劃

(1) 當電梯先感測外部按鈕，抵達目的樓層後，使電梯門打開，再度關閉後，內部按鈕一直未被按下，則判斷為無人搭乘狀況，程式會先回到優先感應外部按鈕，此時若感應到內部按鈕被按下，則表示車廂內部是有人的狀況，程式將根據各樓層的感應器判斷電梯廂所在位置，再依表 4 的邏輯真值表以執行上升或下降的動作，避免程式回到優先感應外部按鈕後，忽略內部按鈕的感應訊號，而使乘客受困於電梯的狀況。

表 4. 避免受困在電梯內部上下樓邏輯真值表

真值表											
電梯廂				內部按鈕				說明			
1F	2F	3F	4F	1F	2F	3F	4F				
0	0	0	1	0	0	0	1	4F 電梯門打開。			
0	0	0	1	0	0	1	0	下降到 3 樓停。			
0	0	0	1	0	1	0	0	下降到 2 樓停。			
0	0	0	1	1	0	0	0	下降到 1 樓停。			
0	0	1	0	0	0	0	1	上升到 4 樓停。			
0	0	1	0	0	0	1	0	3F 電梯門打開。			
0	0	1	0	0	1	0	0	下降到 2 樓停。			
0	0	1	0	1	0	0	0	下降到 1 樓停。			
0	1	0	0	0	0	0	1	上升到 4 樓停。			
0	1	0	0	0	0	1	0	上升到 3 樓停。			
0	1	0	0	0	1	0	0	2F 電梯門打開。			
0	1	0	0	1	0	0	0	下降到 1 樓停。			
1	0	0	0	0	0	0	1	上升到 4 樓停。			
1	0	0	0	0	0	1	0	上升到 3 樓停。			
1	0	0	0	0	1	0	0	上升到 2 樓停。			
1	0	0	0	1	0	0	0	1F 電梯門打開。			

(2) 當判斷電梯外部按鈕是三種邏輯狀況其中之一或上述前一種內部按鈕狀況後，抵達目的樓層，將電梯門打開，之後再度關閉，若感應到內部按鈕被按下，確定乘客欲往之樓層，則程式以內部為優先處理上下樓層的停靠順序，再判斷外部按鈕停靠，邏輯真值表請參見圖三。

4. 程式規劃

依照各晶片所擔負的工作，分別規劃其所需的控制程式(參見圖四)，中間部分為主控制流程，紅色箭頭表示主控制晶片傳送至各單元晶片的控制訊號，藍色箭頭表示電梯門單元晶片動作完成之回傳訊號，綠色箭頭表示主控制晶片傳送至步進馬達的控制訊號，紫色箭頭表示各按鈕之感測訊號，各控制程式的規劃邏輯分述如下：

4.1 電梯感應主動作流程:PIC16F877A (Host)

依數位邏輯規劃分成三部份作動：

(1) 先感應電梯外部上下樓的按鈕，依各樓層微動開關判定電梯是上升或下降，當到達樓層執行開門動作，直到 Unit 1 電梯門控制回傳訊號才能再執行下一步副程式。

(2) 當人進入電梯內部，門已經關閉之後，若沒有按電梯內部到各樓感應鈕，電梯會判斷沒有人進入電梯內部，程式將會跳回檢查電梯外部感應鈕，所以在檢查外部感應鈕後，再檢查電梯內部感應鈕，避免人困在電梯裡面，這時程式一直在檢查電梯內外部按鈕訊號，所以當人按下電梯內部各樓感應鈕，先經由各樓層微動開關判定電梯位置，再依邏輯判斷進入電梯內部副程式執行上升或下降的動作。

(3) 當人進入電梯後，按下電梯內部各樓感應鈕，再依邏輯規劃，以電梯內部感應為優先，上下層樓停靠都是先感應電梯內部按鈕後，再做外部按鈕感應動作。

4.2 電梯門動作流程：PIC16F84A (Unit 1)

當 PIC16F84A (Unit 1) 電梯門控制單元晶片的 ra0 腳位必須接收到 PIC16F877A (Host) 主控制晶片的 rc2 腳位所輸出的 low 訊號和步進馬達 PIC16F84A (Unit 2) 的 ra2 腳位所輸出的 low 訊號，才能執行電梯開門，以確保安全性。

在執行開門邏輯設計再分三種，第一種是電梯內部開門鈕感應到訊息使門再打開。第二種是接到外部按鈕有訊號感應再執行打開門動作。第三種是避免關門過程，夾到人員或物品的防夾處理。

電梯門完全關閉後，PIC16F84A (Unit 1) 的 ra1 傳送訊號給電梯主控制晶片 PIC16F877A (Host) 及步進馬達控制單元 PIC16F84A (Unit 2)，這兩顆單晶片才可以執行下個動作。

4.3 步進馬達動作流程：PIC16F84A (Unit 2)

運用步進馬達一相激磁方式來控制激磁

一圈的時間可以讓馬達速度變化，使電梯上升和下降速度適中。

PIC16F84A (Unit 2) 控制步進馬達用來輔助 PIC16F877A(Host)，激磁 PORT B I/O 腳位依順序轉換激磁以控制正反轉。

PIC16F84A (Unit 2) 的 ra0 和 ra1 腳位接受 Host 主控制晶片傳送訊號，當 ra0 感到 high 電位時，讓電梯上升，ra1 感到 high 電位時，讓電梯下降，當電梯上升或下降時壓觸到目的樓層的極限開關，將使主控制晶片改傳 low 電位而使馬達停止。

4.4 七段顯示動作流程：PIC16F84A (Unit 3)

把 PIC16F84A (Unit 3) 的 Port A 腳位，連接到 PIC16F877A(Host) 主控制晶片的各樓層的極限開關的腳位。用 loop 循環感應是否壓觸到極限開關，當 PIC16F84A (Unit 3) 的 Port A 腳位感應到訊號，則執行 segment_1、segment_2、segment_3 或 segment_4 相對應的副程式，使七段顯示器顯示車廂目前停靠的樓層。

5. 結果與討論

本研究主要建立分散式控制系統架構，以電梯控制為實現平台，其電路圖參見圖五，依邏輯判斷使電梯上下樓作動，而使用 Microchip PIC 單晶片雖然有其優點，但還是有改善的空間。

1. 腳位 I/O 運用控制

PIC 單晶片還可以做到同時讓腳位擁有 I/O 功能，減少腳位的使用，避免腳位不足的困擾，設定方法在 Bank0 Port 腳位設為輸入腳，Bank1 Tris 腳位設為輸出腳，因為 Tris 是 Port 資料方向暫存器，做 Port 資料的存取。

將這個用法使用於感應電梯內外部按鈕，當按鈕按下(輸入)指示燈亮起(輸出)，輸出的指示燈可以告知有感應，並可以當記憶功能。

2. 多重互鎖保護控制

主控制晶片與單元控制晶片可以做到多重互鎖，增加控制機械作動的安全性。

當主控制晶片還沒有傳送電梯廂上下樓訊號，與電梯門控制單元 PIC16F84A (Unit 1) 傳送電梯門已完全關閉訊號前，步進馬達控制單元 PIC16F84A(Unit 2) 不能啟動上下動作。

3. PortB、PortC 和 PortD 的 I/O 控制

PortB 成功執行程式，使用於 PortC 和 PortD 卻不一定能成功，經過多次測試 PortC 和 PortD 同時有 2 支腳位做輸出控制，再多一個輸出控制就會造成動作錯步。要使用多個輸出控制需用 PortA 和 PortB，而將輸入控制設定於 PortC 和 PortD 才不會出現問題。

4. Sink 和 Source 的電源控制

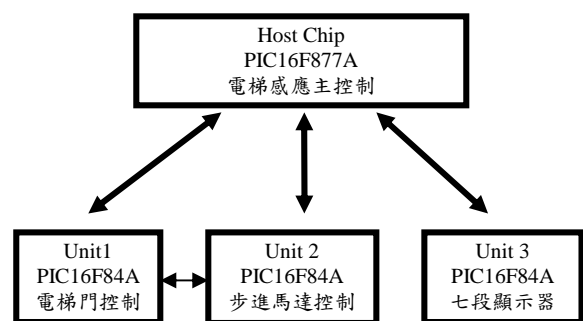
使用 Sink 電源做同時輸出輸入腳位控制時，只能做到一個腳位同時輸入輸出控制，要再做同時兩個腳位輸入輸出控制，前一個輸出訊息消失還會造成程式錯步，必須使用 Source 電源才不出現這樣問題，使用這種控制方法用於 PortA 和 PortB 執行才能有效控制。

5. 分散式系統的主從架構

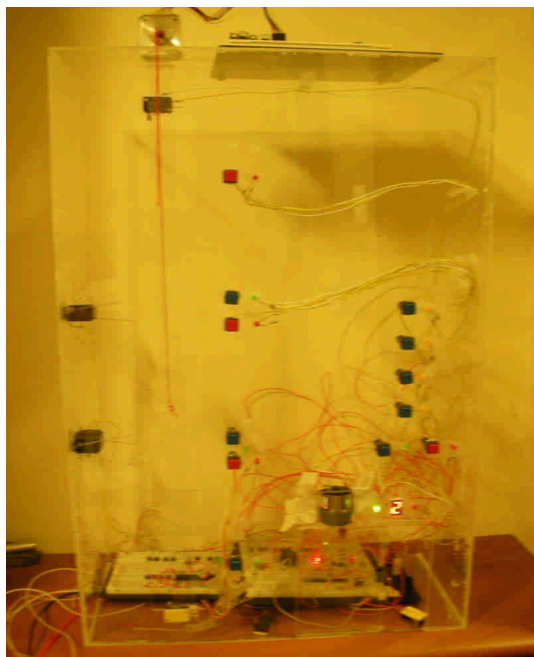
本研究主要是藉由 PIC 晶片實現分散式電梯控制系統，著眼點不在於系統的複雜度，而是希望以電梯控制為平台，運用分散式系統主從架構的控制邏輯方式，以擴展單晶片的應用能力。

參考文獻

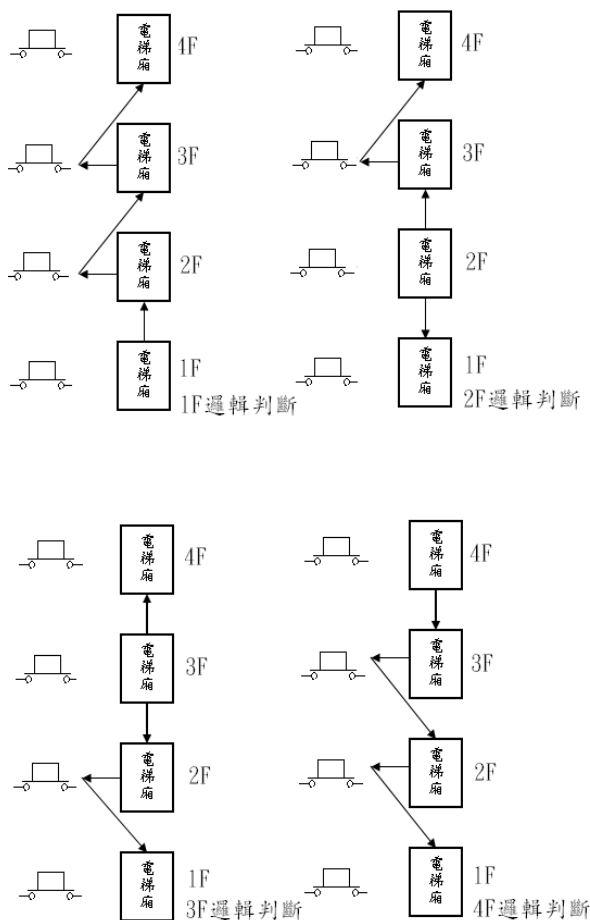
- [1] Peatman, John B. , " *Design with PIC microcontrollers* " , Prentice Hall, 1998.
- [2] 楊旺枝, " *PIC 單晶片機器人專題製作* " , 台科大圖書股份有限公司, 2007.
- [3] 洪正瑞, " *詳細解析 PIC 16F 877 原理與應用* " , 台科大圖書股份有限公司, 2005 年.
- [4] 趙春棠, " *PIC 單晶片學習秘笈* " , 高立圖書股份有限公司, 2007.
- [5] 吳一農, " *PIC 16F 84 單晶片微電腦入門實務* " , 全華科技圖書股份有限公司, 2006.
- [6] 謝澄漢、余耀銘, " *PIC 單晶片理論與實作* " , 臺北市圖書股份有限公司, 1995.
- [7] 陳文伎, " *數位邏輯設計含數位邏輯實習* " , 新文京開發出版股份有限公司, 2007. .



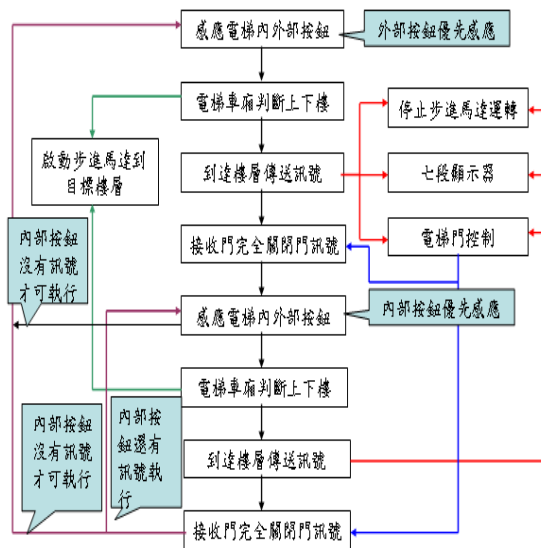
圖一. 系統架構圖



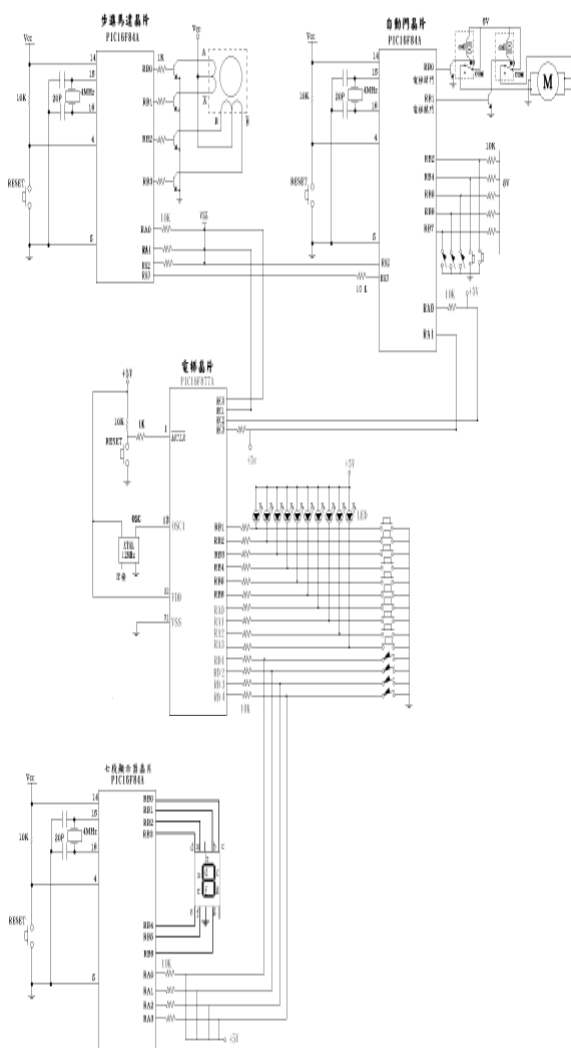
圖二. 電梯實體圖



圖三. 電梯內部按鈕邏輯判斷



圖四. 動作流程圖



圖五. 電路圖