

投稿類別：工程技術類

篇名：
擲骰子 從PLC到電子電路之探討

作者：
林鼎淵。臺北市立大安高級工業職業學校。電機二甲
宋立贏。臺北市立大安高級工業職業學校。電機二甲

指導老師：
黃啓銘老師

壹●前言

每逢過年團聚，親朋好友們都會來個擲骰子的餘興節目，骰子自然成為家家必備的娛樂用品。在看到擲骰子的過程中，促使我們想利用實習課所學，來設計電子骰子。因此，我們便利用實習課上的可程式控制器 PLC 利用外加燈泡的方式，在麵包板上，設計出一顆電子骰子。這顆骰子使用七顆 LED 燈泡，透過編碼，再用控制時間的程式碼來產生亂數。

此外，我們想透過其他的方法，來製作可以投出六個點的骰子。經過搜索，我們知道有現成套裝樂透電子骰子。經組合後的骰子，玩起來更具趣味性。這時，又激起我們的好奇心，想探索電子骰子的原理，以及探討電路板上各顆 IC 的功能(正文 2)。接著透過數位邏輯課所學的概念來做延伸，綜合比較骰子在 PLC 和電子電路設計上的差異。

貳●正文

一、PLC操作

(一) PLC的介紹：PLC具有通用性強、使用方便、適應面廣、可靠性高、抗干擾能力強、編程簡單等特點。PLC在工業自動化控制特別是順序控制中的地位，在可預見的將來，是無法取代的。

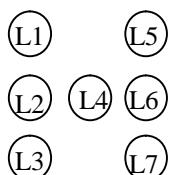
(二)PLC的用途：可程式控制器如【圖一】可以用來取代一般以傳統繼電器為主的工業配線控制電路，簡單的如馬達正反轉控制、自動順序控制等較複雜的有交通號誌、自動化生產線、停車鐵塔、自動倉庫儲系統等控制(謝進發，2008)都可以使用可程式控制器來控制。



圖一、PLC 機器

(三)PLC 程式設計

1、由 PLC 課本之各種介紹，並閱讀其他可程式控制器之週邊相關資料後，利用資料暫存器(D)的應用：「FX2 提供了大量的記憶體區來作為暫存器，讓使用者可以暫存資料。」(謝進發，2008) 我們以 MOV 指令輸入，再用 RORP 的特殊程式來製造亂數。利用「ROL 可以把指定的元件 16 位元的內容往左旋轉 n 位元，ROL 的旋轉包括進位旗標；而 P 為指定左旋轉的元件編號；K 為旋轉的位元數」，(雙象貿易股份有限公司編譯，2007) 我們將骰子的點數列出來，並將燈號的位置與骰子的六個點數對應，所設計出的燈號如【表一】



圖二、燈號位置圖

表一、控骰亮滅圖表

點數 ＼ 燈號	○	○	●	○	●	○	●	●	○	●	●	●
L1			✓		✓		✓		✓		✓	
L2											✓	
L3							✓		✓		✓	
L4	✓				✓				✓			
L5						✓			✓		✓	
L6							✓				✓	
L7	✓		✓		✓		✓		✓		✓	

由表一的顯示出 (L1、L7) 、(L2、L6) 、(L3、L5) 是一組，因為當 L1 亮的時候，L7 一定亮，L3 與 L5 和 L6 與 L2 關係也是如此，所以我們便將視為同一個輸出。



L4	\iff	S1
L2、L6	\iff	S2
L1、L7	\iff	S3
L3、L5	\iff	S4

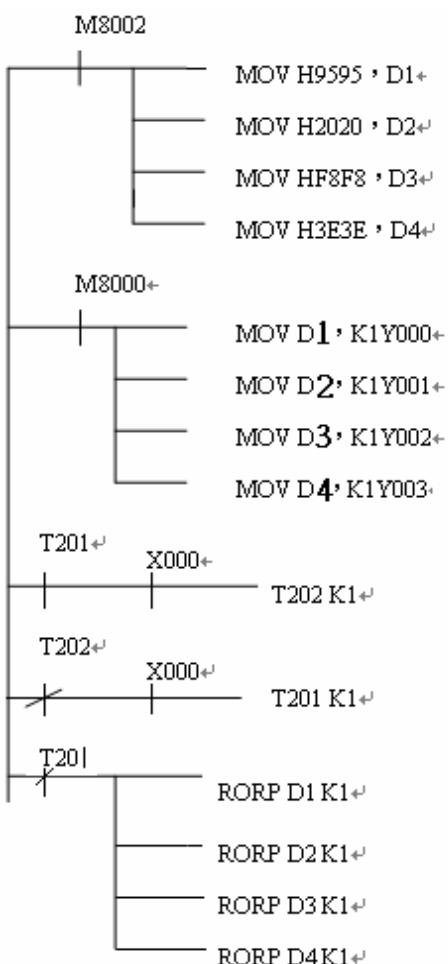
圖三、燈號控制

表二、真值表

骰子點數 控制按鍵	2	2	4	3	5	6	1	3	2	2	4	3	5	6	1	3	HEX
D1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	H9595
D2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	H2020
D3	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	HF8F8
D4	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	H3E3E

以上是我們的編碼，我們利用數位邏輯 16 進位的概念來進行骰子六個點數個別的編碼，在編碼完成後我們便開始設計電路與思考程式碼

表三、PLC 設計階梯圖

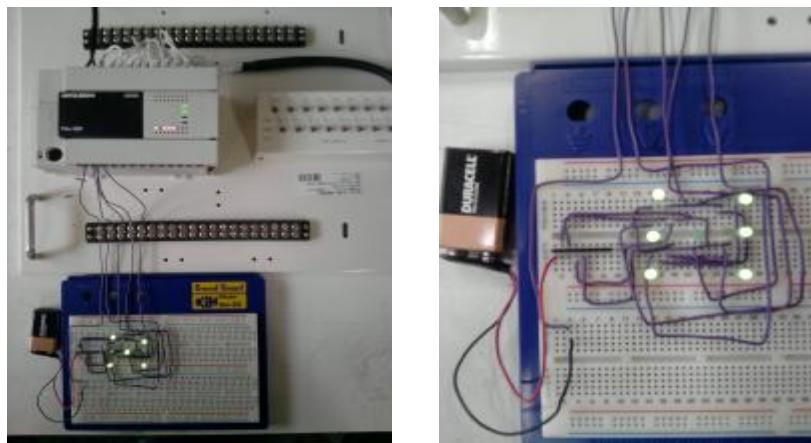


2、在設計程式的過程中，原本應該要用七個點來控制，但因過於繁瑣，所以我們將骰子設成四個點 S1、S2、S3、S4，因為七個燈只需四個點就可控制。接著利用數位邏輯所學的觀念，1 代表燈亮，0 代表不亮，依此設計出上表的結果。但是有個小瑕疵，就是二點跟三點各會出現兩種（見上表）不同的狀況，導致出現的頻率會增加，產生了不公平的情況。但是考慮亮左邊或亮右邊時，八種情況出現的機率是一樣的。

表四、PLC 材料表

項目	使用零件規格	數量
1	排阻	1
2	LED	7
3	書寫器	1
4	PLC 可程式控制器	1
5	單芯線	1 囍

3、PLC 的呈現：在尚未外接 LED 燈時，當按鈕按下後，PLC 機器上的燈號呈現亂數閃爍後停止，詳細影片請連結至【You Tube】網站。網址：<http://www.youtube.com/watch?v=K2zD1ZjcQHs>
當 PLC 機器外接 LED 燈後，閃爍的圖形如下【圖四】所示。



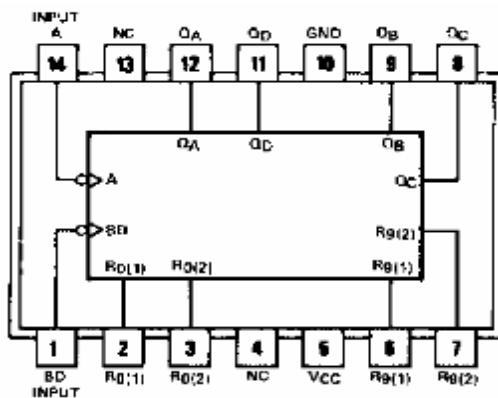
圖四、PLC 機器外接 LED 燈圖

二、電子電路板上的 IC 及元件

(一)關於 IC7490

1、IC7490之介紹：如【圖五】之IC7490，是一個除十的非同步計數

器。內部包含兩組計數器，「如果計時脈波加到A 輸入端，由Q_A輸出為除二記數器，如果計時脈波加到B點輸入端，由Q_DQ_CQ_B輸出為除五計數器」。(註四)R₀(1)與R₀(2)為清除輸入，當R₀(1)=R₀(2)=1時，輸出Q_DQ_CQ_BQ_A=0000；而R₉(1)與R₉(2)為預設輸入，當R₉(1)=R₉(2)=1時，輸出Q_DQ_CQ_BQ_A=1001。R₀與R₉具有較高的優先權，即R₀(1)=R₀(2)=R₉(1)=R₉(2)=1時，輸出Q_DQ_CQ_BQ_A=0000。



圖五、IC7490 構造圖

2、IC7490之原理：「7490集極電路計數到達它的輸入脈衝的數量。

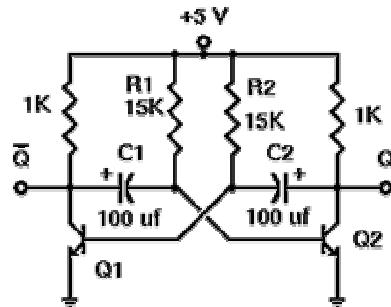
脈衝的數量計數，由9決定出現在集極電路的四個pin的二進制形式」。http://www.play-hookey.com/digital/experiments/rtl_astable.html 當第十脈衝到達輸入時，二進制產品被重新設置到零(0000)，並且唯一脈衝出現於另一個積的引線。因此為十脈衝有一脈衝在這個pin外面。7490除輸入的頻率為十。如果脈衝被運用於輸入第二7490那麼這條第二條集成電路將計數從第一條集成電路的脈衝。它在100脈衝以後將給一脈衝被供應了於第一條集極電路。

(二)多諧振盪器

1、多諧振盪器的介紹：根據多諧震盪器的定義，將主動元件工作於非線性區域內，「讓兩個放大元件交替工作於飽和與截止區，使得他的輸出造成極為嚴

重的失真，致使輸出波形中富含諧波」。(陳清良，2007)

2、非穩態多諧振盪器 (astable multivibrator)

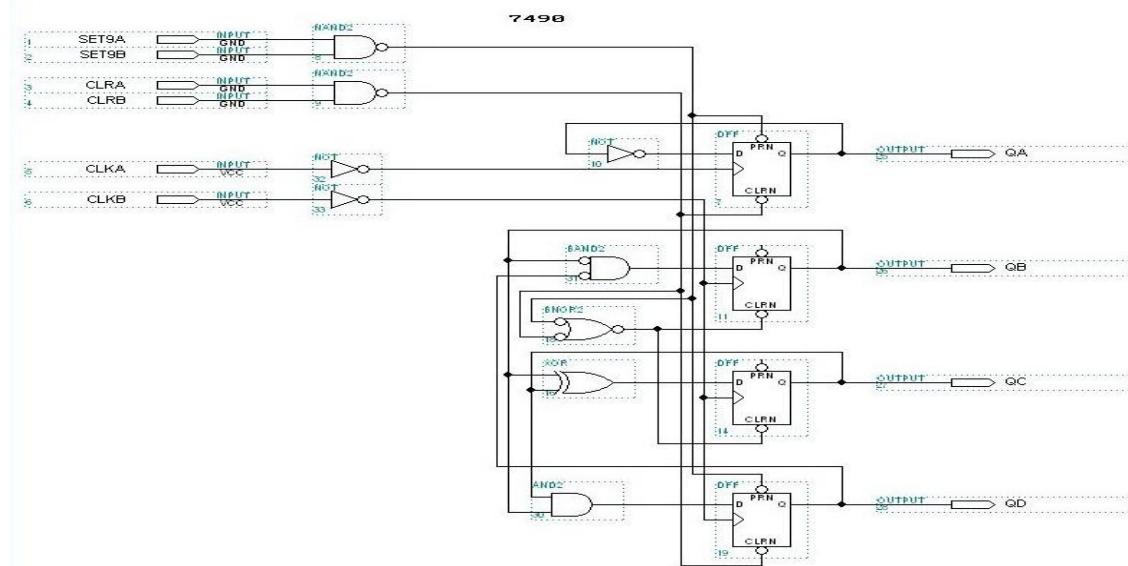


圖六、非穩態多諧振盪器簡圖

如上【圖六】所示，非穩態的多諧振盪器擴大轉換雙穩態多諧振盪器電路的一個單穩態的版本修改。現在，兩支晶體管通過電容器互相結合。晶體管隨時關掉不可能無限地保持；它的基極將變成正偏，再往 5 伏特的電容器充電。接著，將晶體管打開，關閉另一個。經過測試，當 Q1 OFF，Q2 時 ON，則 C2 的左端在 -5 伏特；當 C2 通過往 +5 伏特的 R2 充電使消極電壓減少。然而，過了一段時間，C2 充電後提供正向偏壓對 Q1 基極，Q1 打開，並且在 Q1 集極電壓的 5 伏特下通過對 Q2 基極的 C1 被結合，反應時間大約 1 秒。

(三)電子骰子的呈現

1、電路原理：本電路【圖七】「利用一個非穩態多諧振盪器產生方波去觸發計數器，當 S1(START)鍵按住時方波會開始觸發 IC 7490 重複計數」。(睿意科技股份有限公司)IC 7490 是一個十進制的計數器，因為我們只需要六個不同的隨意數字來計數，所以在這裡是將計數器改變為 0~5 的六進制計數器。改變的方法為將 7490 的 R0(1)；R0(2)接到 QB；QC 會為高電位，始 7490 輸出為 0，使 7490 重複在 0~5 之間計數，再利用 7400 組合成邏輯閘，使計數器 0~5 對應骰子的 1~6 點數排列。



【圖七】 IC7490 電路圖

2、使用材料如下列【表五】

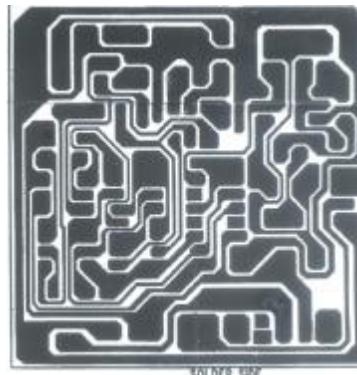
表五、電子骰子所需材料表（註五）

項目	使用零件規格	數量
1	積電腳座 DIP14Pin	3
2	電池盒 3*4	1
3	蜂鳴器 12NP120	1
4	0.1uF	2
5	LED	7
6	二極體 1N4118	2
7	0 歐姆	5
8	C1815	3
9	1K	11
10	22K	1
11	100K	2
12	Tack Switch	1
13	6P 開關 SS-22F06G5	1
14	7400	2
15	7490	1

3、操作過程：利用 LED 的排列來模擬骰子，當 S1(START)鍵按住時，LED 燈會照骰子從 1~6 點數來變化，同時蜂鳴器也會發出聲音，當放開 S1(START)鍵時，LED 會停止閃爍，並且停在 1~6 點數其中任

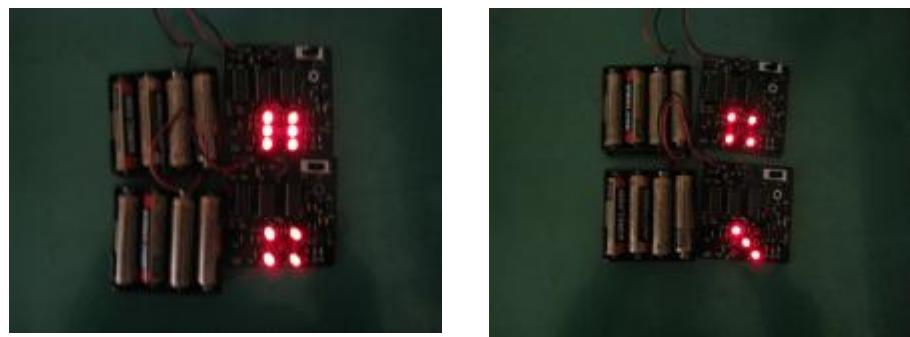
何一個數字。

4、電子骰子電路圖如【圖八】



圖八、電子骰子電路圖（睿意科技股份有限公司）

5、電子骰子效果呈現如【圖九】



圖七、電子骰子亮燈圖

參●結論

一、 在操作 PLC 與數位電路的過程中，我們發現兩者之間各有便利性與優缺點，其比較過程如下【表六】

表六、PLC 與數位電路操作之比較表

性能 名稱	PLC	數位電路
組件	內含 Timer、MC、燈等	零件較瑣碎
操作	操作容易	配線費時

檢查	檢查快速	檢查耗時
功能	可作遠端連線監控	須有晶片輔助
成品	1 到 6 點不平均	1 到 6 點較平均

二、在各操作 500 次的 PLC 與數位電路骰子，其點數出現的次數累積紀錄如下表【表七】

表七、在各擲 500 次中 PLC 與電子電路骰子出現次數累積表

工具 點數	PLC	電子電路
1 點出現次數	76 次	78 次
2 點出現次數	103 次	90 次
3 點出現次數	129 次	88 次
4 點出現次數	68 次	101 次
5 點出現次數	71 次	81 次
6 點出現次數	53 次	62 次

上表是我們的實驗結果，照理說，六種點數出現的次數應該相近，但由此表看出，用 PLC 來控制骰子，二點和三點出現的機率會比較高；用電子電路出現較平均，不過這一切都是機率使然。

三、進階設計與期許

(一) PLC 功能很多，可以用來控制各種馬達需求。經過這次的實驗，我們很高興可以利用十六進位的編碼與 Timer 控制亂數停止的時間，以 PLC 來控制電子骰子。但是我們發現有個小瑕疵，就是二點和三點燈亮的機率會比其他四個燈還高。

(二) 後來買了現成電子骰子套件組裝完成，在為研究它的原理，驅使我們尋找有關電子、數位邏輯書籍及透過網路搜尋，無形中增長了不少過去所欠缺的專業知識。

(三) 為了增加投擲兩骰子的趣味性，想要作出電子骰子比大小的功能，於是我們又利用數位邏輯電路的比較器概念做延伸，在 ttl 系列當中找出 7490 這顆 ic(異步計數器)，因為它的速度快、有圖騰形輸出、工作電壓低，可以作出除二除五除十的電路，來控制骰子的亮滅。依此設計出兩顆六個燈的骰子作比較：當 A 組燈數較大時亮紅燈，

B 組燈數較大時亮紅燈，一樣大時亮黃燈，我們更想利用單晶片 8051 來燒製所設計出的邏輯電路，但是因為超出能力範圍，所以有待我們往後學習更多專業技能，將此製作完成。

肆●引註資料

- 一、謝進發（2008）。**可程式控制實習**。台北縣新莊市：台科大圖書股份有限公司。
- 二、雙象貿易股份有限公司編譯（2007）。**三菱可程式控制器 Q 系列 PLC 基本指令篇**。台北市：雙象貿易股份有限公司。
- 三、http://www.play-hookey.com/digital/experiments/rtl_astable.html
- 四、陳清良（2007）**電子學 II**。台北縣：龍騰文化。
- 五、自睿意科技股份有限公司 <http://www.aviosys.com.tw>
- 六、鄒宏基、蘇國和、劉韻意（2000）。**數位邏輯**。台北市：儒林圖書有限公司。
- 七、張克正、楊劍華（1986）。**數位原理與應用**。台北市：超級科技圖書股份有限公司。
- 八、王進賢（2003）。**VLSI 電路設計**。台北縣五股：高立圖書有限公司。
- 九、<http://www3.ee.nihs.tp.edu.tw/plc/01/1-1-main.htm>下載 PLC 可程式控制器模擬教學課程。