

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高職組 電子、電機及資訊科

091005

你省省吧!低耗能省電號誌燈

學校名稱：國立新化高級工業職業學校

作者：	指導老師：
職二 蔣明宏	鄭至焜
職二 王子杰	曾文圻
職二 黃進坤	
職二 徐振傑	

關鍵詞：節能、相對亮度、PWM

『你省省吧！』--低耗能省電號誌燈

摘要

根據行政院科技顧問組及能源會估算，全國交通號誌改成 LED 燈，可減少 1.6 億度的電力，以每度 3.5 元計算，每年可省下近 5 億元。本專題以 LED 燈為基礎，運用白天及夜間人們對光源相對亮度的視覺反應，提出低耗能號誌燈結構，達到省電的效果。目前的號誌燈，並未針對白天及晚上的周邊光度差異，在節能角度上作控制，故不論白天或黑夜所消耗的電能均相同，但因晚上的周邊光度較暗，較弱亮度的號誌燈，就能具有與白天相同的辨識效果，若能降低夜間 LED 燈的亮度，必能達到節能的效果。本專題製作一套低耗能省電號誌燈的雛型，經實際測量印證發現，比現今 LED 燈更節省近四成的電力，若以前述行政院的數據，全年可再減少近 0.59 億度的電力損耗，相當於 2 億元的電費支出。

壹、研究動機

白天上課看投影片時，總覺得投射的亮度太暗，不易看清楚影像；同樣亮度的機具設備在陰天或晚上時，可以清楚地顯現影片內容。本作品的構想來自於此。

全台交通號誌燈數量眾多，相對的耗電量也相當驚人，我們若能藉由周遭亮度的不同，調整交通號誌燈的亮度，使夜晚的交通號誌亮度比白天略為降低，不但不影響其功能，更可在節能上具有相當的成效。其教學單元與本作品相關性如下表：

表 1 教學單元與本作品相關性一覽表

教學單元	作品內容
基本電學	電壓表、電流表量測
基本電學實習	電壓表、電流表量測
電子學	脈波寬度調變、運算放大器、震盪器
電子學實習	脈波寬度調變、運算放大器、震盪器
可程式控制實習	微電腦控制器
數位邏輯	微電腦控制器
數位邏輯實習	微電腦控制器

貳、研究目的

日常生活中往往會在無形中消耗更多的電能，因為台灣是火力發電為主要，使用煤炭來燃燒發電會造成過多的消耗電力，需要的煤炭也越來越多，排放的二氧化碳，使得溫室效應日趨嚴重。為了提高電能效率，大幅減少二氧化碳的產量，同時控制其他溫室效應氣體排出，研究如何能讓電力更加節能，也是不可或缺的，若能在日常生活中，交通上用到的紅綠燈能

自動調節使用的電，使得晚上時需要的電比白天來的低，藉由交通號誌燈節能控制成品設計，讓交通號誌在不影響其功能上更加省電，以達到節能的目的。

參、研究設備及器材

表 2 研究設備

研究設備名稱	規格	數量	備註
電源供應器		1	
示波器		1	
電壓表	DC	1	
三用電表	類比型	1	
電流表	類比型	1	

表 3 研究器材

研究器材名稱	規格	數量	備註
電源供應器	110V/15V7.5V	1	
單晶片微電腦	89S51	1	
電晶體	2N 3055	2	
光敏電阻	PGM1201	1	
可變電阻	50K	1	
精密可變電阻		2	
運算放大器	HA17741	2	
LED	紅、黃、綠	數個	
二極體	1N 4001	數個	
電壓控制振盪器	LM 566	1	
電阻器		數個	
電容器	1000 μ F,0.1 μ F	數個	
麵包版		1	
電感器	4mH	2	
銅線	0.6mm	1 網	
繼電器	DC6V	6	
電晶體	9012	6	
陶瓷電容	30pF	2	
石英晶體	12M	1	
電容器	10pF	1	

肆、研究過程或方法

一、脈波寬度調變

脈波寬度調變，簡稱為 PWM (Pulse Width Modulation)。把變流器的輸出電壓斬波成爲脈衝，通過改變脈衝的寬度、數量或者分佈規則，以改變輸出電壓的數值和頻率的控制方法。

(一) PWM 動作原理

脈寬調變(PWM)是利用微處理器的數位輸出來對類比電路進行控制的一種非常有效的技術，廣泛應用在從測量、通訊到功率控制與變換的許多領域中。

(二) 類比電路

類比信號的值可以連續變化，其時間和幅度的解析度都沒有限制。9V 電池就是一種類比元件，因爲它的輸出電壓並不精確地等於 9V，而是隨時間產生變化，並可取任何實數值。與此類似，從電池吸收的電流也不限定在一組可能的取值範圍之內。類比信號與數位信號的區別在於後者的取值通常只能屬於預先確定的可能取值集合之內，例如在{0V, 5V}這一集合中取值。

類比電壓和電流可直接用來進行控制，如對汽車收音機的音量進行控制。在簡單的類比收音機中，音量旋鈕被連接到一個可變電阻。擰動旋鈕時，電阻值變大或變小；流經這個電阻的電流也隨之增加或減少，從而改變了驅動揚聲器的電流值，使音量相應變大或變小。與收音機一樣，類比電路的輸出與輸入成線性比例。

儘管類比控制看起來可能直觀而簡單，但它並不總是非常經濟或可行的。其中一點就是，類比電路容易隨時間漂移，因而難以調節。能夠解決這個問題的精密類比電路可能非常龐大、笨重(如老式的家庭立體聲設備)和昂貴。類比電路還有可能嚴重發熱，其功耗相對於工作元件兩端電壓與電流的乘積成正比。類比電路還可能對噪聲很敏感，任何擾動或噪聲都肯定會改變電流值的大小。

(三) 數位控制

藉由以數位方式控制類比電路，可以大幅度降低系統的成本和功耗。此外，許多微控制器和 DSP 已經在晶片上包含了 PWM 控制器，這使數位控制的實現變得更加容易了。

簡而言之，PWM 是一種對類比信號電平進行數位編碼的方法。藉由高解析度計數器的使用，方波的佔空比被調變用來對一個具體類比信號的電平進行編碼。PWM 信號仍然是數位的，因爲在給定的任何時刻，滿幅值的直流供電要麼完全有(ON)，要麼完全無(OFF)。電壓或電流源是以一種通(ON)或斷(OFF)的重覆脈衝序列被加到類比負載上去的。通的時候即是直流供電被加到負載上的時候，斷的時候即是供電被斷開的時候。只要頻寬足夠，任何類比值都可以使用 PWM 進行編碼。

圖 1 顯示了三種不同的 PWM 信號。圖 1a 是一個佔空比爲 10% 的 PWM 輸出，即在信號周期中，10% 的時間通，其餘 90% 的時間斷。圖 1b 和圖 1c 顯示的分別是佔空比爲 50% 和 90% 的 PWM 輸出。這三種 PWM 輸出編碼的分別是強度爲滿度值的 10%、50% 和 90% 的三種不同類比信號值。例如，假設供電電源爲 9V，佔空比爲 10%，則對應的是一個幅度爲 0.9V 的類比信號。

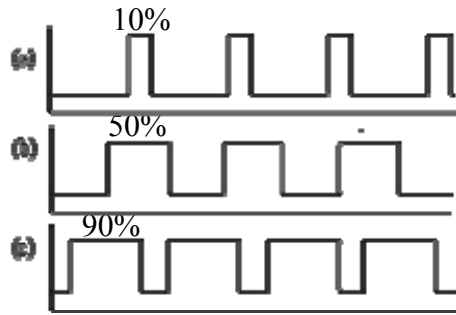


圖 1 三種不同的 PWM 訊號比較

圖 2 是一個可以使用 PWM 進行驅動的簡單電路。圖中使用 9V 電池來給一個白熾燈泡供電。如果將連接電池和燈泡的開關閉合 50ms，燈泡在這段時間中將得到 9V 供電。如果在下一個 50ms 中將開關斷開，燈泡得到的供電將為 0V。如果在 1 秒鐘內將此過程重覆 10 次，燈泡將會點亮並像連接到了一個 4.5V 電池(9V 的 50%)上一樣。這種情況下，佔空比為 50%，調變頻率為 10Hz。

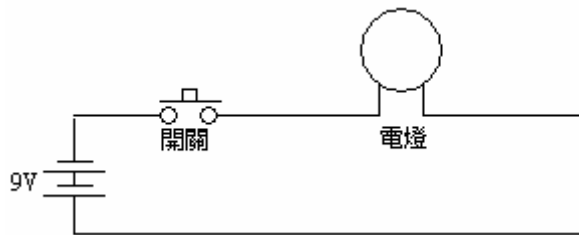


圖 2 PWM 驅動電路

大多數負載(無論是電感性負載還是電容性負載)需要的調變頻率高於 10Hz。設想一下如果燈泡先接通 5 秒再斷開 5 秒，然後再接通、再斷開。佔空比仍然是 50%，但燈泡在頭 5 秒鐘內將點亮，在下一個 5 秒鐘內將熄滅。要讓燈泡取得 4.5V 電壓的供電效果，通斷循環周期與負載對開關狀態變化的響應時間相比必須足夠短。要想取得調光燈(但保持點亮)的效果，必須提高調變頻率。在其他 PWM 應用場合也有同樣的要求。通常調變頻率為 1kHz 到 200kHz 之間。

(四) PWM 器件概述

PWM 器件是隨著開關電源的發展和半導體集成技術的發展而出現的。開關電源是一種高頻電源轉換電路，採用開關器件來控制未經穩壓的直流輸入電源，配合相應的濾波線路，產生穩定的直流輸出，輸出電壓的高低取決於開關器件的佔空比。早期的開關電源採用分立器件，但結構複雜，性能也不理想。隨著半導體技術的發展，開關電源控制所需的集成開關穩壓器控制晶片應運而生，這就是脈衝寬度調製 (PWM) 器件，而且功能不斷完善，性能不斷提高，而外接元件卻越來越少，這使得開關電源的設計大大簡化，同時性能逐步提高，促進了開關電源的發展。用 PWM 器件設計的開關電源以其體積小、重量輕、效率高、可靠性好等顯著優勢在民用和軍用電子產品中發揮著日益重要的作用。

(五) PWM 器件的功能

PWM 器件的種類比較多，功能上也有所差別。PWM 器件是根據輸出反饋，調節脈衝方波的佔空比，以此來驅動功率器件、高頻變壓器、整流、濾波等電路，從而得到穩定的直流輸出電壓，PWM 器件在開關電源中完成脈寬調製作用，大多數 PWM 器件還具有工作電壓的滯回、軟啓動、快速關閉、電流限制等輔助功能，只需外接少數阻容元件、分立器件和輸出高頻變壓器即可實現性能比較理想的開關電源。

(六) PWM 器件的測試

PWM 器件集成度高、結構複雜，這給它的性能、參數測試帶來了很大的難度。首先要了解 PWM 器件的工作原理、器件內部各部分的原理以及相互之間的關係，從而才能設計各個參數的測試原理和合理的測試方法。

對 PWM 器件內部各個相對獨立部分的相關參數進行測試，都需要有針對的專用測試線路。而且 PWM 器件的參數包含了不同類型的物理量，如頻率量、時間量、電壓量、電流量等，另外還包含某些需要掃描測試的閾值量。

在對器件某一部分的參數進行測試時，有可能受到其他電路的影響，這就要求在對某一部分的參數進行測試時，系統還要具備對器件的其他部分電路進行控制和設置的能力。

PWM 器件的某些參數測試信號比較微弱，要求測試相應測試線路與被測試量點之間的距離不能過大，否則會影響參數測試的精度和穩定性，要求測試線路必須採用緊湊的結構。同時要通過功能強大、切換靈活的測量矩陣來完成各個待測量點與各個專用測試線路之間的切換，以滿足測試系統對各種參數的測試要求。

PWM 器件工作時會有高頻脈衝產生，在測試 PWM 器件的頻率、佔空比參數時也需要有高頻的時鐘信號，這些高頻信號會干擾和影響參數測試，因此測試系統從原理設計、結構設計到 PCB 板佈局、布線都必須充分考慮系統的抗干擾問題。

基於上面的原因和其他的一些因素，目前國內尚沒有一套比較理想的系統能夠比較全面地對 PWM 器件的參數進行測試。國外的一些大型測試系統，還要配置一些專門的硬體模塊並單獨開發較為複雜的軟體包才能測試 PWM 器件，而一般用戶難於自行開發相應的硬體和軟體。有些測試系統雖然有用於 PWM 器件測試的可選模塊和相應的程式編輯軟件平臺，但僅能提供十幾個參數的測試，無法很好地滿足 PWM 器件生產和應用單位的測試要求。

二、微電腦控制器

單晶片微電腦(single chip microcomputer)主要用於控制方面，所以亦被稱為微控制器(microcontroller)。單晶片微電腦就是將微電腦的結構安置於同一個晶片而成的微電腦。換句話說，單晶片微電腦就是把微電腦的結構製造在同一個 IC 內而形成的微電腦。

功能較強的單晶片微電腦，內部除了 CPU、記憶體、I/O 等基本結構外，更將計時器、計數器、串列傳輸介面、A/D 轉換器、D/A 轉換器等都製作在內部，真可謂麻雀雖小，五臟俱全，已足可滿足大部份應用上的需求。

(一) 8051 單晶片的內部結構

8051 為 Intel 公司所推出的 MCS-51 系列產品之一，其內部結構如下圖 3：

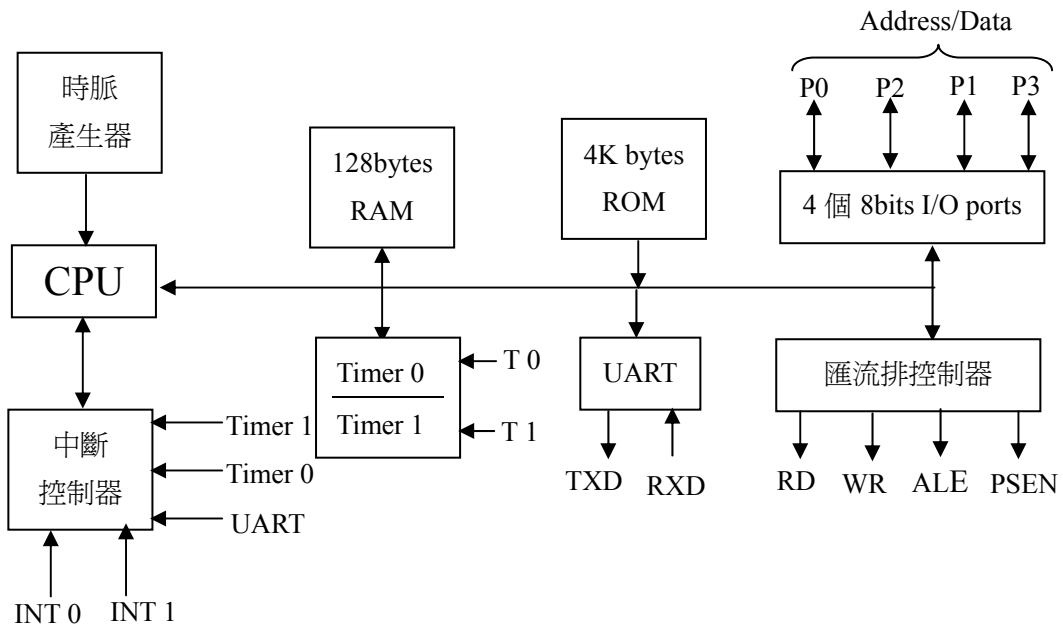


圖 3 單晶片內部結構圖

(二) 8051 單晶片具有的特性

1. 專為控制使用所設計的 8 位元單晶片。
2. 具有位元邏輯運算能力。
3. 具有 128 位元的 RAM，以及 4K 位元的 ROM。
4. 具有 4 個 8 位元 I/O 埠。
5. 具有 2 個 16 位元的計時/計數器。
6. 具有全雙工的非同步式串列介面(UART)。
7. 具有 5 個中斷源及兩層中斷優先權結構。
8. 具有時脈產生電路。
9. 具有外部電路擴充 64 位元程式記憶體的能力。

(三) 8051 單晶片的接腳

8051 為 40 支接腳之單晶片，其接腳圖與功能說明如下圖 4

P1.0	1	8 0 5 1 單 晶 片	40	Vcc
P1.1	2		39	P0.0/AD0
P1.2	3		38	P0.1/AD1
P1.3	4		37	P0.2/AD2
P1.4	5		36	P0.3/AD3
P1.5	6		35	P0.4/AD4
P1.6	7		34	P0.5/AD5
P1.7	8		33	P0.6/AD6
R5T	9		32	P0.7/AD7
RXD/p3.0	10		31	\overline{EA}
TXD/P3.1	11		30	ALE
$\overline{INT0}$ /P3.2	12		29	\overline{PSEN}
$\overline{INT1}$ /P3.3	13		28	P2.7/A15
T0/P3.4	14		27	P2.6/A14
T1/P3.5	15		26	P2.5/A13
\overline{WR} /P3.6	16		25	P2.4/A12
\overline{RD} /P3.7	17		24	P2.3/A11
XTAL2	18		23	P2.2/A10
XTAL1	19		22	P2.1/A9
GND	20		21	P2.0/A8

圖 4 單晶片接腳圖

1. Vcc：+5 電源供應接腳。
2. GND：接地接腳。
3. P0.0~P0.7：埠 0，為開洩極(Open Drain)雙向 I/O 埠。在做為外部擴充記憶體時，可低八位元位址線(A0~A7 address line)與資料匯流排(data bus)雙重功能。在做為一般 I/O 埠時必須加上如下圖 5 之外部提升電路。

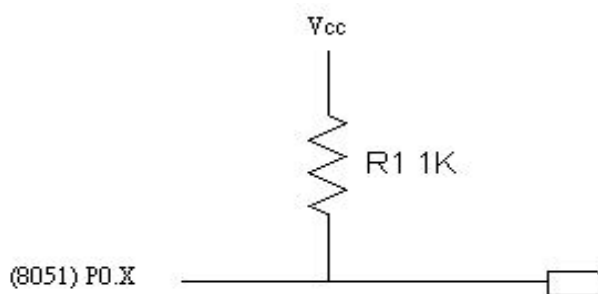


圖 5 I/O 埠之外部提升電路

4. P1.0~P1.7：埠 1，為具有內部提升電路的雙向 I/O 埠。
5. P2.0~P2.7：埠 2，為具有內部提升電路的雙向 I/O 埠。在做為外部擴充記憶體時，可為高八位元位址線(A8~A15 address line)。
6. P3.0~P3.7：埠 3，為具有內部提升電路的雙向 I/O 埠。此外，埠 3 的每支接腳都具有另一特殊功能，其功能如下：
 - (1)RXD(P3.0)：串列傳輸的接收端。
 - (2)TXD(P3.1)：串列傳輸的輸出端。
 - (3) $\overline{INT}0$ (P3.2)：外部中斷輸入端。
 - (4) $\overline{INT}1$ (P3.3)：外部中斷輸入端。
 - (5)T0(P3.4)：計時/計數器外部輸入端。
 - (6)T1(P3.5)：計時/計數器外部輸入端。
 - (7) \overline{WR} (P3.6)：外部資料記憶體寫入激發信號(Strobe)。
 - (8) \overline{RD} (P3.7)：外部資料記憶體讀取激發信號(Strobe)。
7. RST：重置信號(Reset)輸入端。在單晶片工作時，將此腳保持在“Hi”兩個機械週期，CPU 將重置。
8. ALE：位址鎖住致能(Address Latch Enable)，在每個機械週期都會出現，可做為外部電路的時脈源。
9. \overline{PSEN} ：程式激發致能(Program Strobe Enable)，可輸入外部程式記憶體的讀取信號。
10. \overline{EA} ：外部存取致能(External Access Enable)，當 EA 接腳為“LO”時，則讀取外部程式記憶體執行。
11. TAL1：反相震盪放大器的輸入端。
- 12.TAL2：反相震盪放大器的輸出端。其基本電路連接如下圖 6

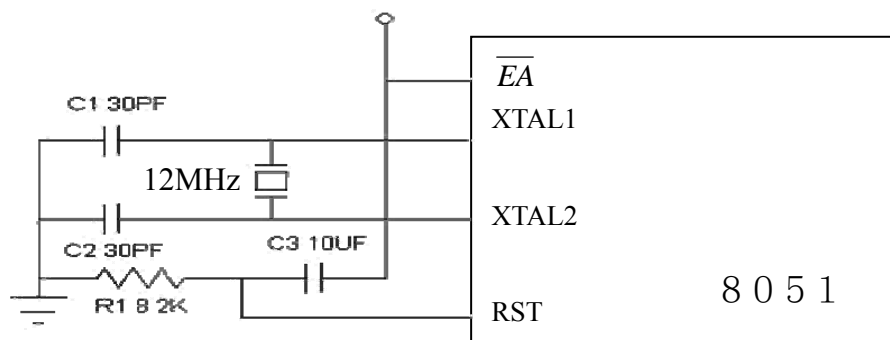


圖 6 反向震盪放大器的基本電路連接圖

(四) 程式編寫流程

1. 8051 組合語言程式的流程

8051 單晶片應用於控制上時，整體系統的設計包括軟體程式及硬體電路兩方面。硬體電路設計是依受控系統之不同而異，雖然有時候系統的某些功能可以採用軟體或硬體來完成，但在考量硬體成本及 8051 單晶片運算能力所及程度，以軟體程式來完成為較佳方法。對於 8051 單晶片之編譯流程如下圖 7

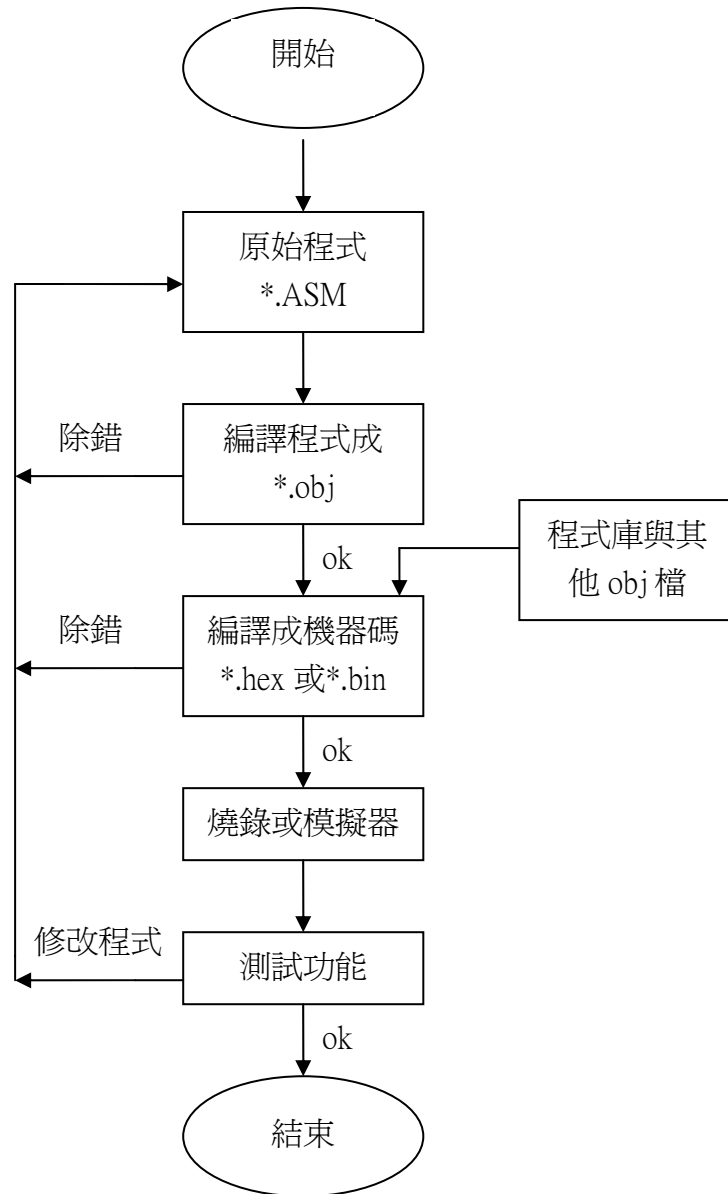


圖 7 8051 單晶片之編譯流程

2. 8051 組合語言程式的格式

8051 組合語言程式是由一系列一系列的敘述(statement)所組成，而程式的執行則須先經 8051 組譯器編譯後，並經燒錄器燒錄至 8051 單晶片中方可執行。而 8051 組合語言的格式則是由 4 個欄位所構成，其格式如下：

{ Label }	{ Mnemonic }	{ Operand }	{ Comment }
標記欄	指令欄	運算元欄	註解欄

(1)標記欄 (Label)

標記的功用是用以替代繁複的記憶體位址計算，以方便程式的編寫、分析與維護。標記的編寫必須從文書編輯軟體的第一格開始，標記可以由英文字母、阿拉伯數字、問號及底線字元組合而成，長度最多可以達 32 個位元，最後必須以冒號來結束。

(2)指令欄 (Mnemonic)

指令可分為兩種，一種是 8051 單片指令，另一種則是編譯程式的虛指令，用以通知編譯器對程式作某些特定的處理。如果一列指令開頭沒有標記時，則指令前必須保留一個以上的空格。

(3)運算元欄 (Operand)

運算元依指令決定需要與否，且其需要長度亦依指令而異。

(4)註解欄 (Comment)

註解欄是以分號起頭的一段說明文字，直到該行結束。可提供程式設計師註解說明。

三、運算放大器

運算放大器 (Operational Amplifier, 簡稱 OP、OPA、OPAMP) 是一種直流耦合，差模 (差動模式) 輸入、通常為單端輸出的高增益電壓放大器。

通常使用運算放大器時，會將其輸出端與其反相輸入端連接，形成一負反饋組態。原因是運算放大器的電壓增益非常大，範圍從數百至數萬倍不等，使用負回授方可保證電路的穩定運作。但是這並不代表運算放大器不能連接成正反饋組態，相反地，在很多需要產生震盪訊號的系統中，正回授組態的運算放大器是很常見的組成元件。

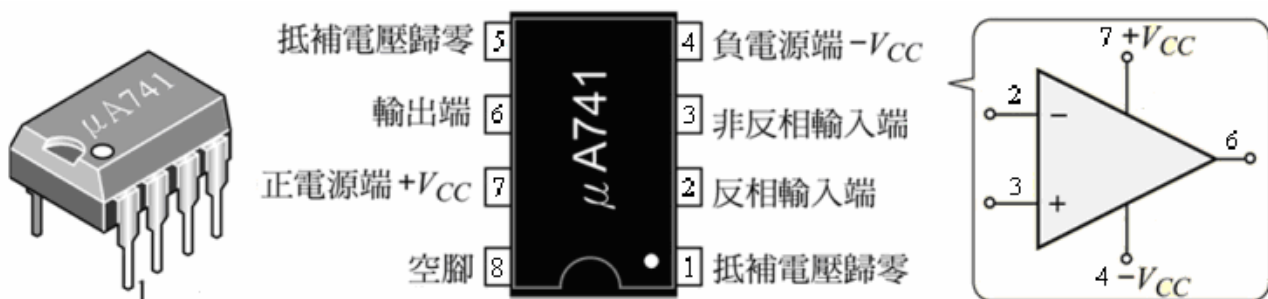


圖 8 運算放大外部接點圖

(一) 一個理想的運算放大器 (ideal OPAMP) 必須具備下列特性

1. 無限大的輸入阻抗 ($Z_{in}=\infty$): 理想的運算放大器輸入端不容許任何電流流入，即上圖中的 V_+ 與 V_- 兩端點的電流訊號恆為零，亦即輸入阻抗無限大。
2. 趨近於零的輸出阻抗 ($Z_{out}=0$): 理想運算放大器的輸出端是一個完美的電壓源，無論流至放大器負載的電流如何變化，放大器的輸出電壓恆為一定值，亦即輸出阻抗為零。
3. 無限大的開迴路增益 ($A_d=\infty$): 理想運算放大器的一個重要性質就是開迴路的狀態下，輸入端的差動訊號有無限大的電壓增益，這個特性使得運算放大器十分適合在實際應用時加上負回授組態。
4. 無限大的共模排斥比 ($CMRR=\infty$): 理想運算放大器只能對 V_+ 與 V_- 兩端點電

壓的差值有反應，亦即只放大 $V_+ - V_-$ 的部份。對於兩輸入訊號的相同的部分（即共模訊號）將完全忽略不計。

5. 無限大的頻寬：理想的運算放大器對於任何頻率的輸入訊號都將以一樣的差動增益放大之，不因爲訊號頻率的改變而改變。

(二) 電壓隨耦器

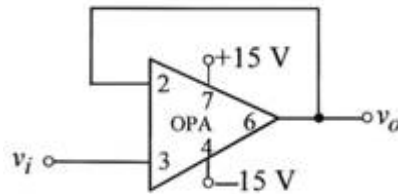


圖 9 電壓隨耦器

1. 電壓增益 $A_v=1$
2. 輸出信號大小與相位都和輸入信號相同
3. 具有極高的輸入阻抗和極低的輸出阻抗
4. 輸出信號全部接回反相輸入端,爲 100%負回授

(三) 比較器

不具回授電路的 OPA 電路就是最基本的比較器 (comparator) 如圖 15，比較器是利用 OPA 開迴路增益 A_{vol} 無限大的特性，當 OPA 兩個輸入端之間有爲小電壓差存在時，經過 OPA 的放大後，使 OPA 的輸出電壓 V_o 呈現飽和的電壓。即當 $V_- > V_+$ 時，輸出電壓 V_o 爲負飽和 ($-V_{sat}$)，當 $V_+ > V_-$ 時，輸出電壓 V_o 爲正飽和 ($+V_{sat}$)，一般而言， $+V_{sat} = +V_{cc}$ ， $-V_{sat} = -V_{cc}$ ，如圖 10、11 所示是非反向輸入零準位比較器。

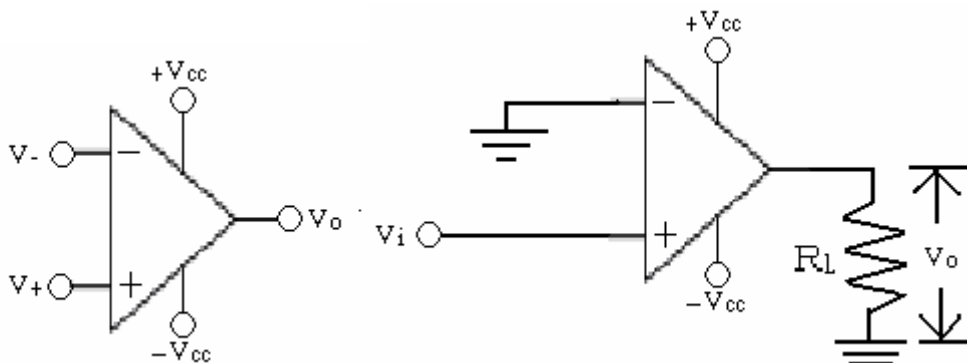


圖 10 比較器的電路符號

圖 11 非反向輸入零準位比較器

非反向輸入零準位比較器是將輸入信號接至非反向輸入端，而反向輸入端則接地。當 $V_i > 0$ 時，輸出電壓 $V_o = +V_{sat} = +V_{cc}$ ；反之，當 $V_i < 0$ 時，輸出電壓 $V_o = -V_{sat} = -V_{cc}$ ，電路的波形與轉換曲線，如圖 12

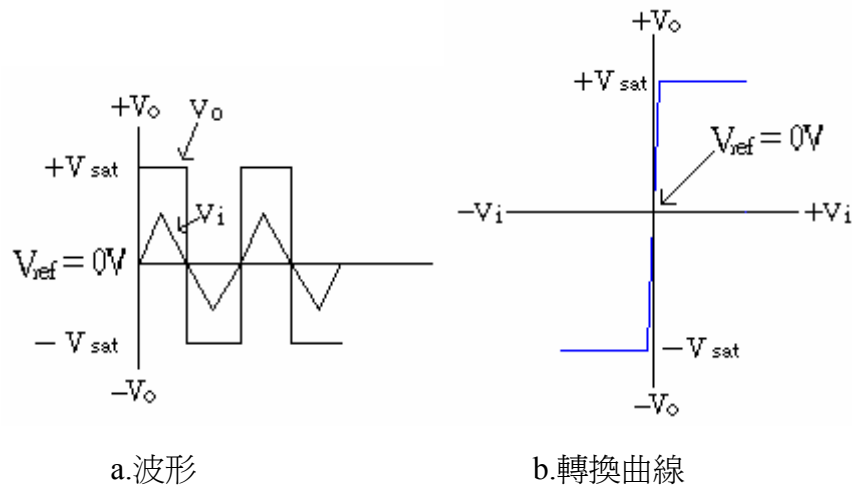


圖 12 非反向輸入零準位比較器

四、震盪器

(一) 震盪電路

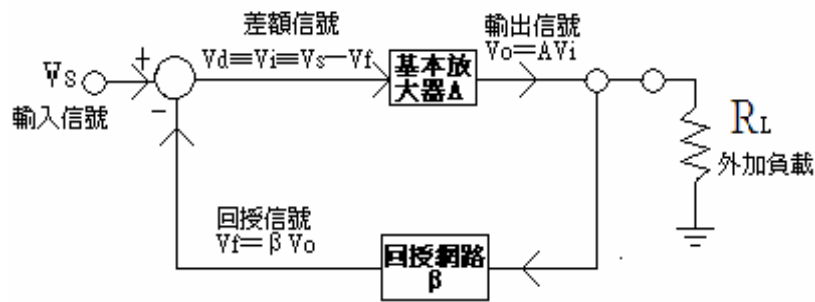


圖 13 震盪電路回授圖

1. 差額信號 $V_d \equiv V_i \equiv V_s - V_f$
2. 基本放大器開迴路增益 $A_v \equiv V_o / V_d \equiv V_o / V_i$
3. 回授因數 $\beta \equiv V_f / V_o$
4. 基本放大器閉迴路增益 $A \equiv V_o / V_s$
 - (1) 當 $|1 + A\beta| > 1$ 時，使得 $|Af| < |A|$ ，回授放大器的增益下降。
 - (2) 當 $|1 + A\beta| < 1$ 時，使得 $|Af| > |A|$ ，回授放大器的增益提高。

巴克豪森準則：結合回授信號 V_r 的相位比須與輸入信號 V_r 維持同相位的觀念。

(二) RC 相移震盪器

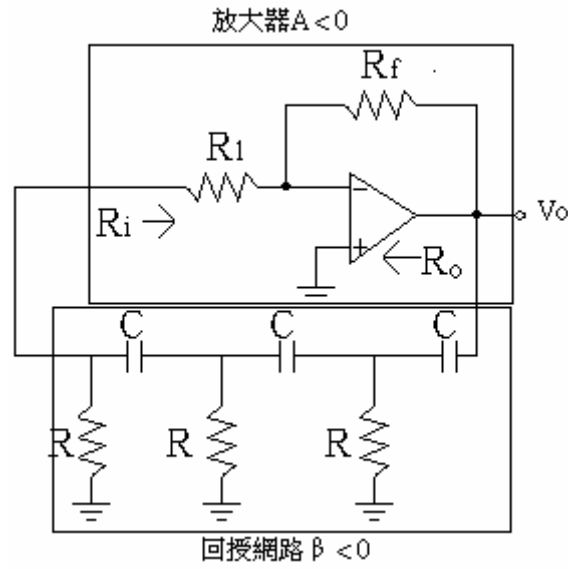


圖 14 RC 相移震盪器

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{6}RC}$$

$$\beta = \frac{1}{29} \text{ (負號代表反向)}$$

(三) 樞密特觸發電路

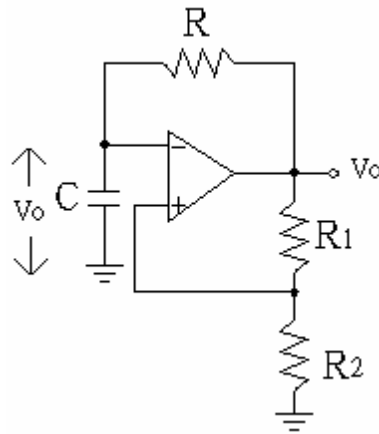


圖 15 樞密特觸發電路圖

$$f = \frac{1}{2RC \ln \frac{2R_2}{R_1}}$$

(四) 韋恩電橋震盪器

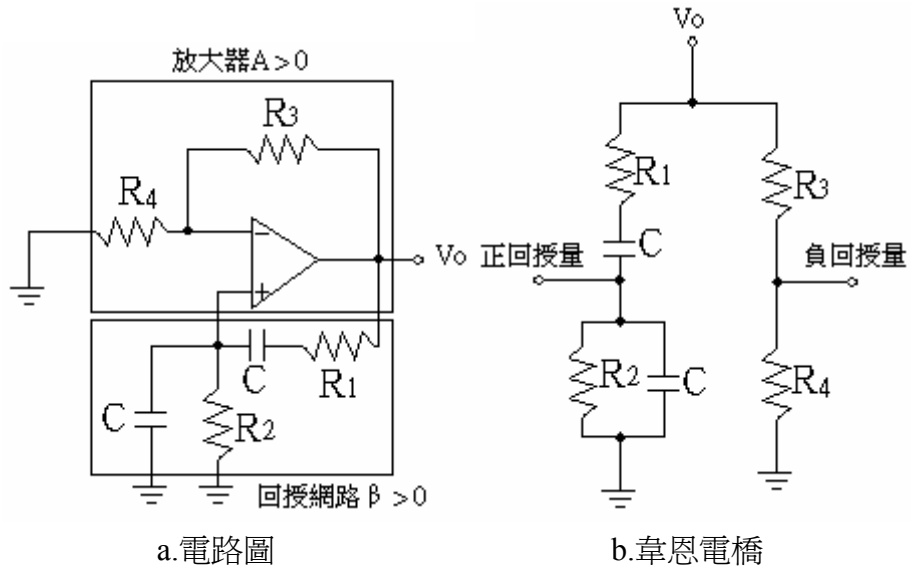


圖 16 韋恩電橋震盪器

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{C_1 C_2 R_1 R_2}}$$

本專題結合高職課程專業相關理論推演，加以實際設計與驗證，研究過程如圖 17 所示。

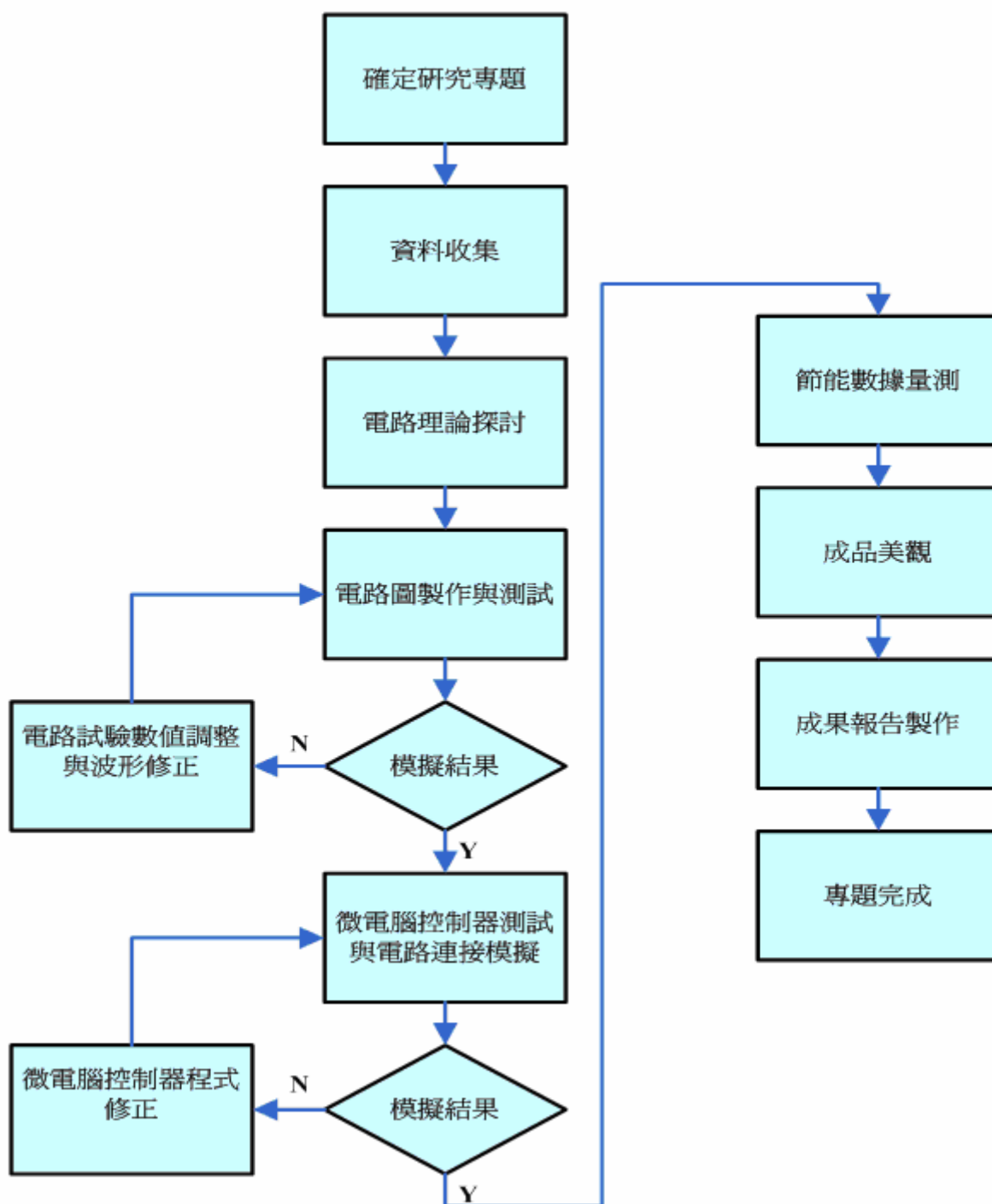


圖 17 研究流程圖

伍、研究結果

一、PWM 電子電路電路圖設計如下：

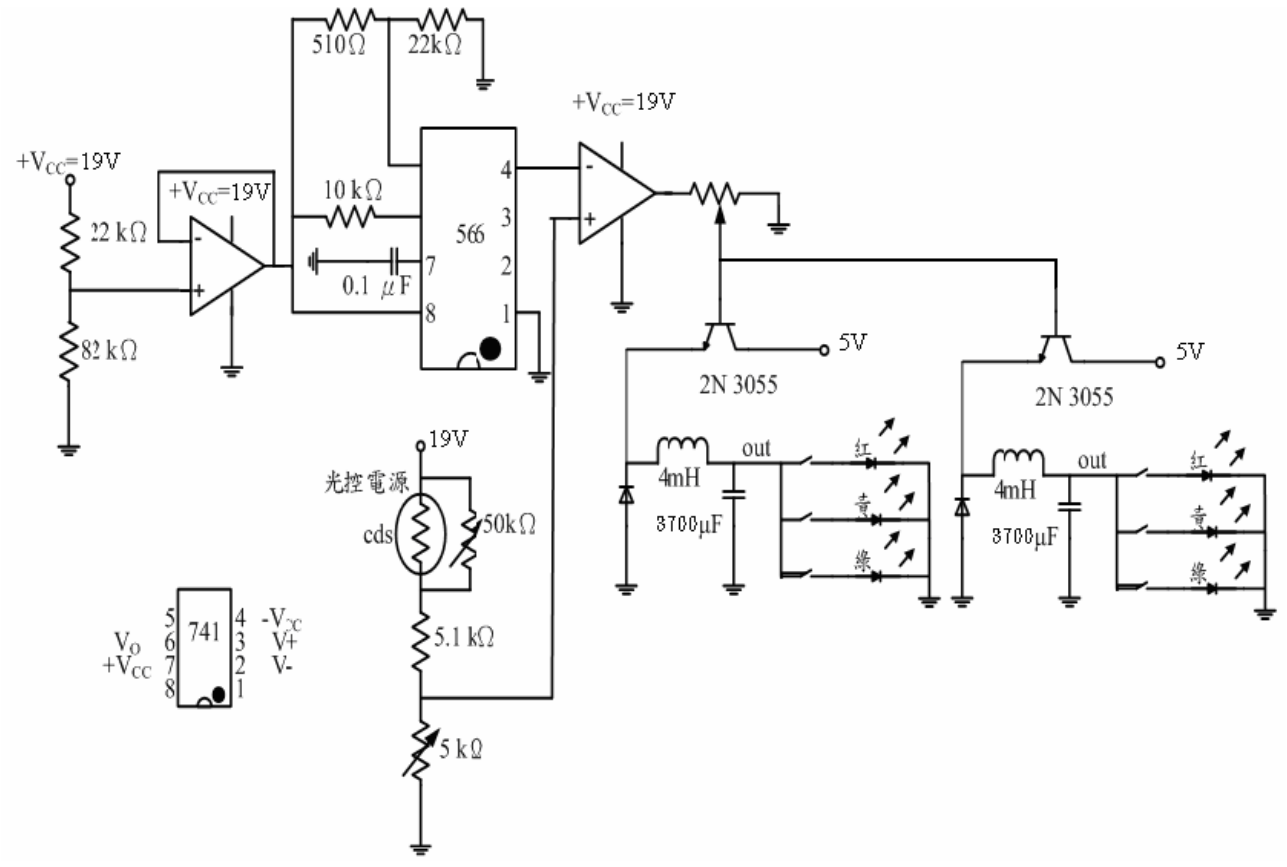


圖 18 電子電路電路圖

二、微電腦控制器外部硬體電路圖設計如下：

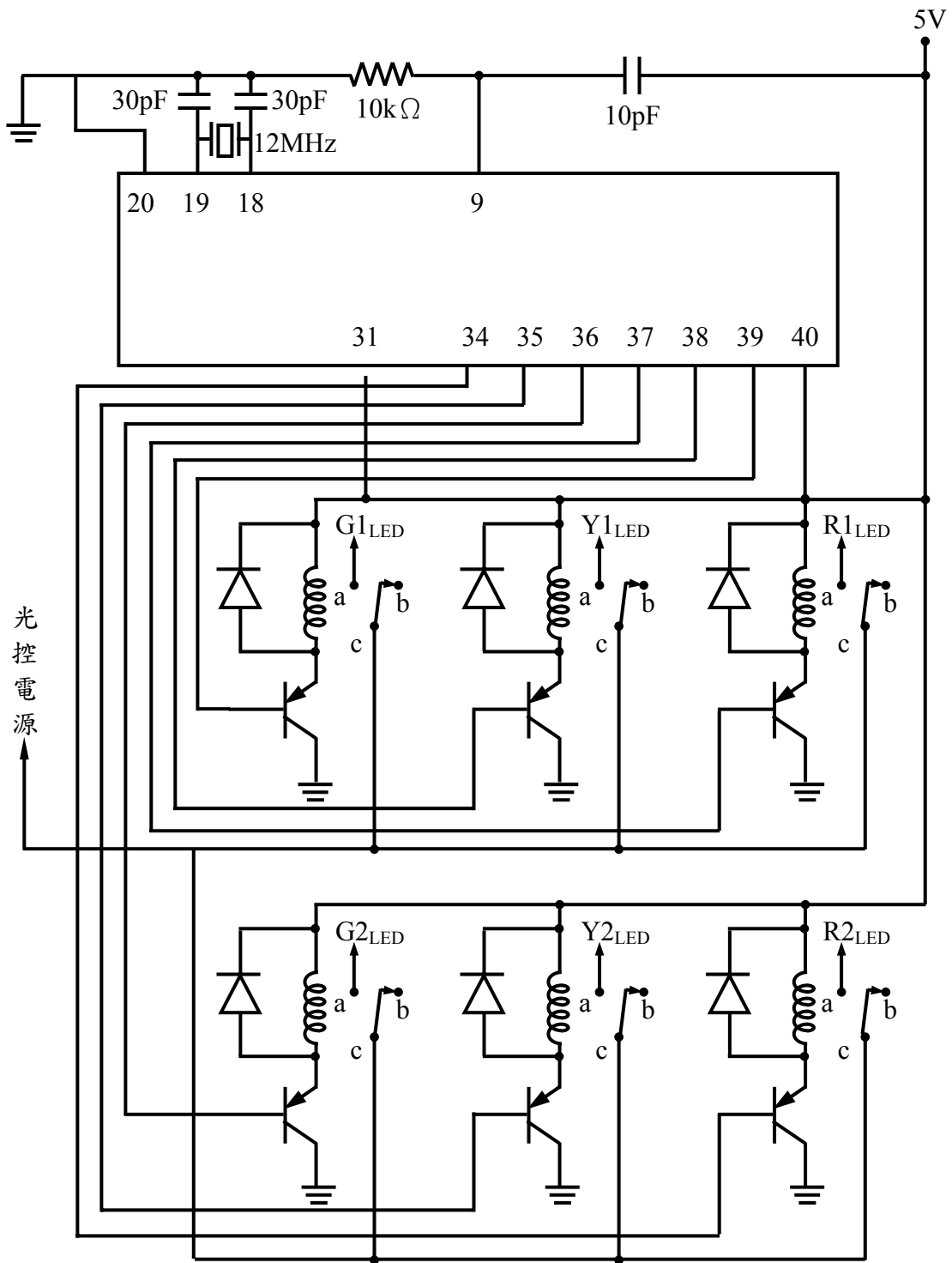


圖 19 微電腦控制器外部電路圖

三、電路版成品如下：

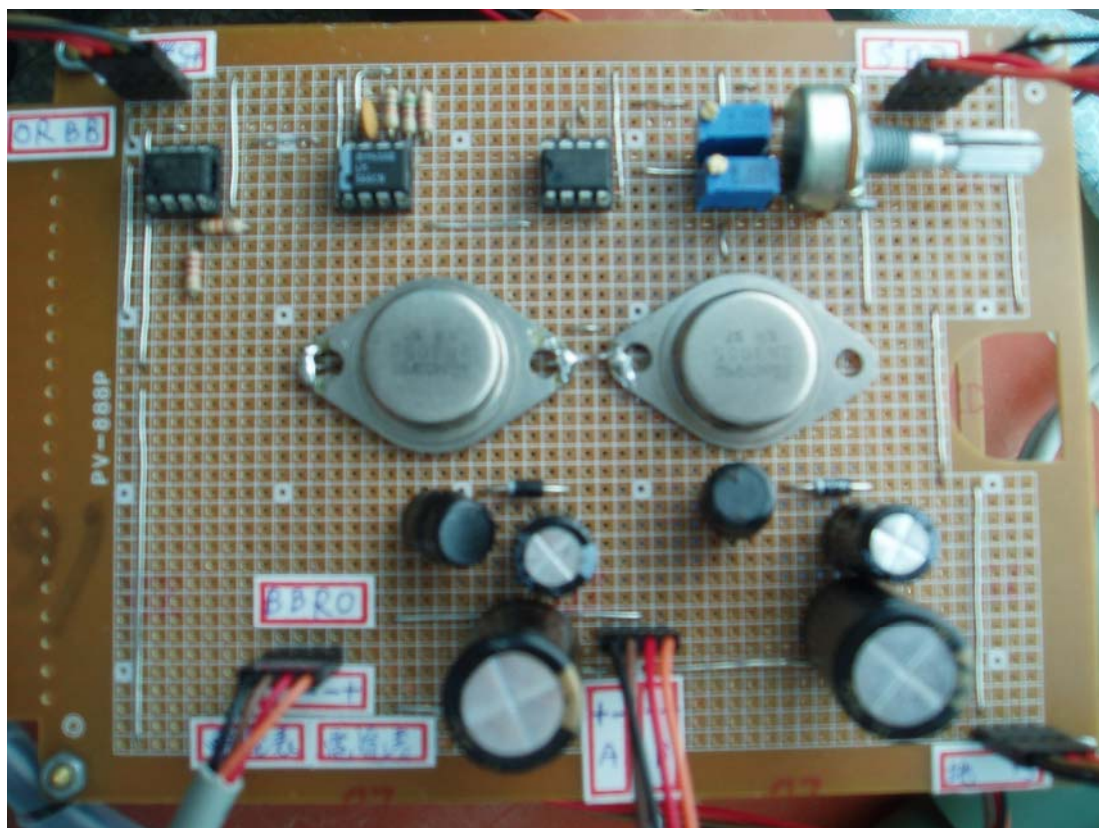


圖 20 電子電路成品圖

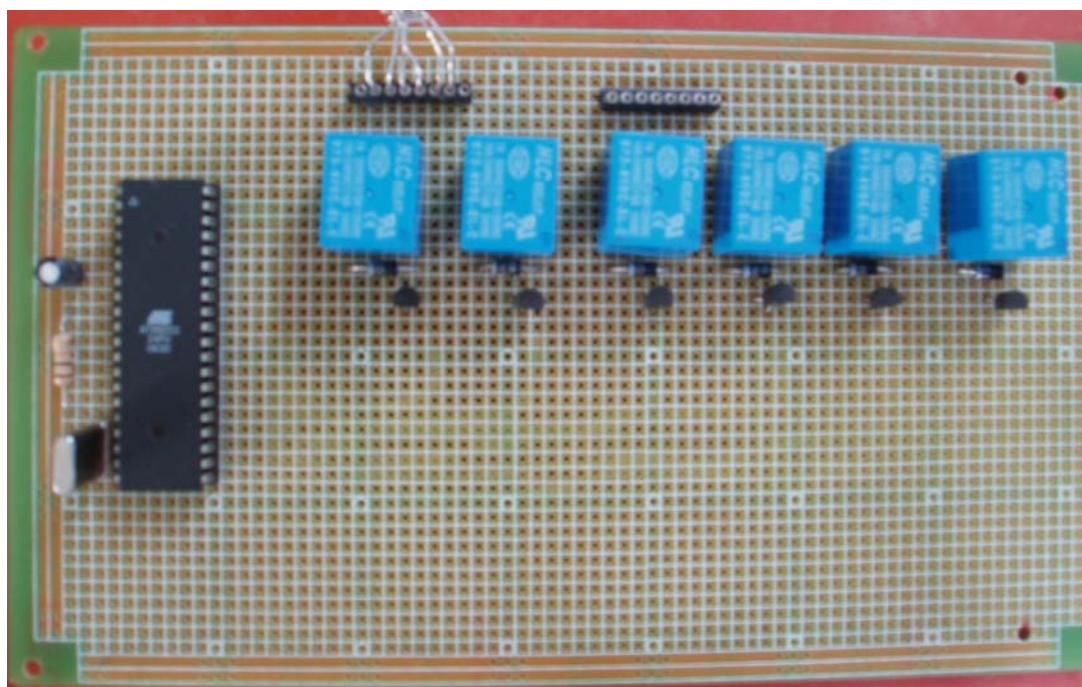
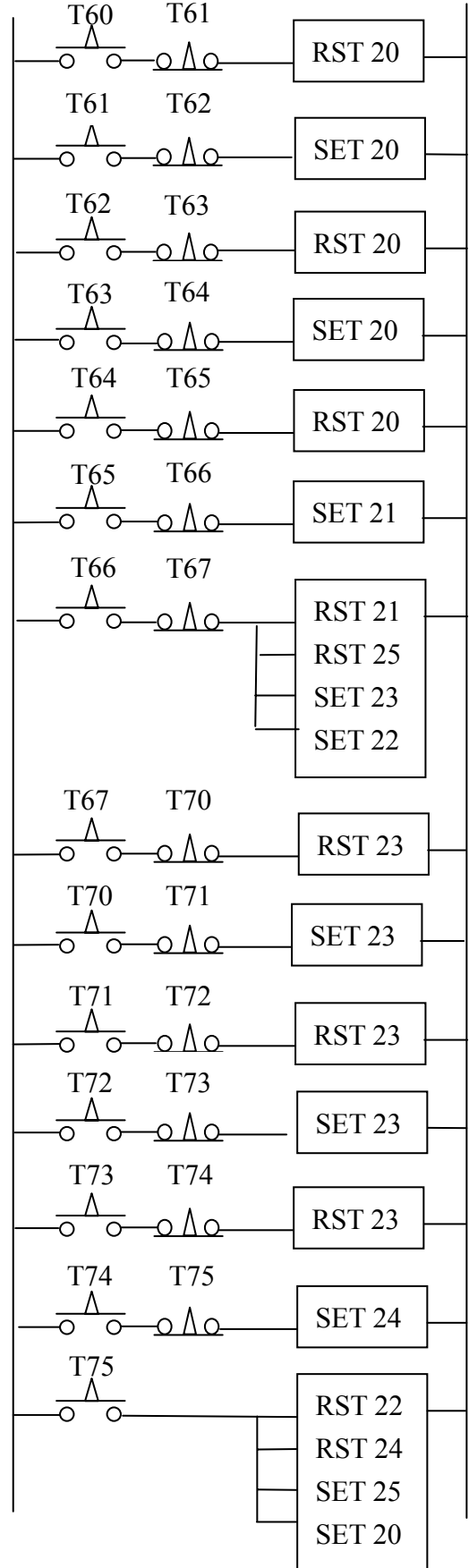
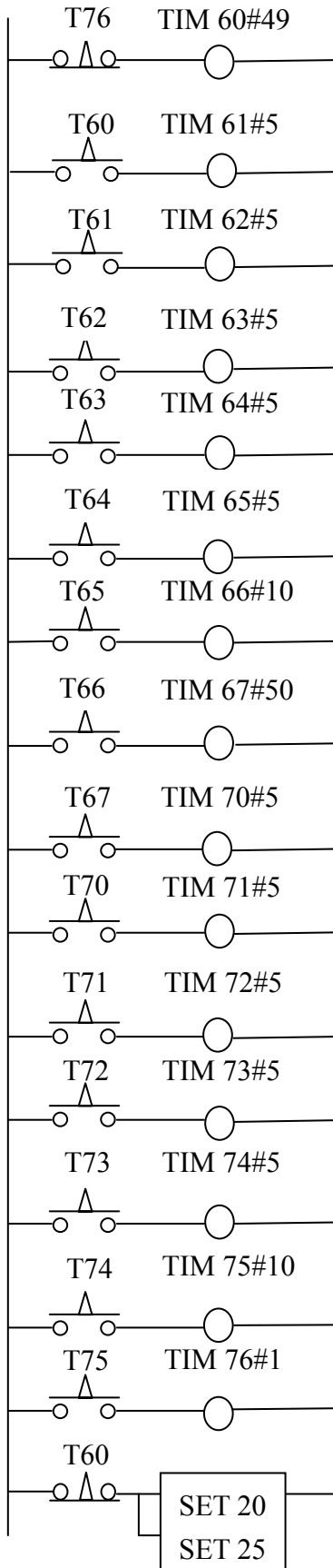


圖 21 微電腦控制器外部成品圖

四、微電腦控制器程式：



五、測試結果：

(一)實測數據

本專題作品經 24 小時實際監測數據如下：

表 4 全日監測電壓電流與功率之數值表

時間	電壓 (V)	電流 (mA)	功率 (mW)	時間	電壓 (V)	電流 (mA)	功率 (mW)
00:05	2	20	40	04:35	2	20	40
00:15	2	20	40	04:45	2	20	40
00:25	2	20	40	04:55	2.8	28	78.4
00:35	2	20	40	05:05	3.4	34	115.6
00:45	2	20	40	05:15	3.8	38	144.4
00:55	2	20	40	05:25	3.9	39	152.1
01:05	2	20	40	05:35	4	40	160
01:15	2	20	40	05:45	4	40	160
01:25	2	20	40	05:55	4	40	160
01:35	2	20	40	06:05	4	40	160
01:45	2	20	40	06:15	4	40	160
01:55	2	20	40	06:25	4	40	160
02:05	2	20	40	06:35	4	40	160
02:15	2	20	40	06:45	4	40	160
02:25	2	20	40	06:55	4	40	160
02:35	2	20	40	07:05	4	40	160
02:45	2	20	40	07:15	4	40	160
02:55	2	20	40	07:25	4	40	160
03:05	2	20	40	07:35	4	40	160
03:15	2	20	40	07:45	4	40	160
03:25	2	20	40	07:55	4	40	160
03:35	2	20	40	08:05	4	40	160
03:45	2	20	40	08:15	4	40	160
03:55	2	20	40	08:25	4	40	160
04:05	2	20	40	08:35	4	40	160
04:15	2	20	40	08:45	4	40	160
04:25	2	20	40	08:55	4	40	160

註：以上數據以 42 顆 LED 為測量值。量測日期為 98 年 6 月 5 日。

表 4 全日監測電壓電流與功率之數值表（續）

時間	電壓 (V)	電流 (mA)	功率 (mW)	時間	電壓 (V)	電流 (mA)	功率 (mW)
09:05	4	40	160	14:35	4	40	160
09:15	4	40	160	14:45	4	40	160
09:25	4	40	160	14:55	4	40	160
09:35	4	40	160	15:05	4	40	160
09:45	4	40	160	15:15	4	40	160
09:55	4	40	160	15:25	4	40	160
10:05	4	40	160	15:35	4	40	160
10:15	4	40	160	15:45	4	40	160
10:25	4	40	160	15:55	4	40	160
10:35	4	40	160	16:05	4	40	160
10:45	4	40	160	16:15	4	40	160
10:55	4	40	160	16:25	4	40	160
11:05	4	40	160	16:35	4	40	160
11:15	4	40	160	16:45	4	40	160
11:25	4	40	160	16:55	4	40	160
11:35	4	40	160	17:05	4	40	160
11:45	4	40	160	17:15	4	40	160
11:55	4	40	160	17:25	4	40	160
12:05	4	40	160	17:35	4	40	160
12:15	4	40	160	17:45	4	40	160
12:25	4	40	160	17:55	4	40	160
12:35	4	40	160	18:05	4	40	160
12:45	4	40	160	18:15	4	40	160
12:55	4	40	160	18:25	4	40	160
13:05	4	40	160	18:35	3.8	38	144.4
13:15	4	40	160	18:45	3.4	34	115.6
13:25	4	40	160	18:55	2.8	28	78.4
13:35	4	40	160	19:05	2	20	40
13:45	4	40	160	19:15	2	20	40
13:55	4	40	160	19:25	2	20	40
14:05	4	40	160	19:35	2	20	40
14:15	4	40	160	19:45	2	20	40
14:25	4	40	160	19:55	2	20	40

註：以上數據以 42 顆 LED 為測量值。量測日期為 98 年 6 月 5 日。

表 4 全日監測電壓電流與功率之數值表（續）

時間	電壓 (V)	電流 (mA)	功率 (mW)	時間	電壓 (V)	電流 (mA)	功率 (mW)
20:05	2	20	40	22:05	2	20	40
20:15	2	20	40	22:15	2	20	40
20:25	2	20	40	22:25	2	20	40
20:35	2	20	40	22:35	2	20	40
20:45	2	20	40	22:45	2	20	40
20:55	2	20	40	22:55	2	20	40
21:05	2	20	40	23:05	2	20	40
21:15	2	20	40	23:15	2	20	40
21:25	2	20	40	23:25	2	20	40
21:35	2	20	40	23:35	2	20	40
21:45	2	20	40	23:45	2	20	40
21:55	2	20	40	23:55	2	20	40

註：以上數據以 42 顆 LED 為測量值。量測日期為 98 年 6 月 5 日。

(二) 實際拍攝成果

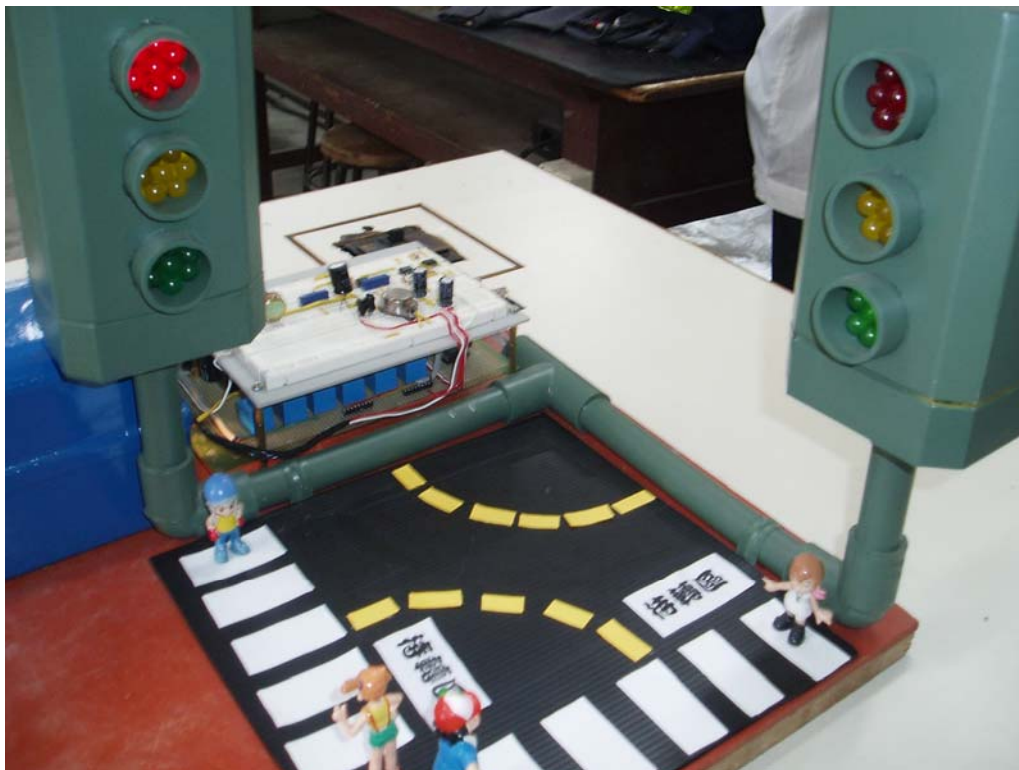


圖 22 實品圖



圖 23 白天拍攝



圖 24 夜晚拍攝

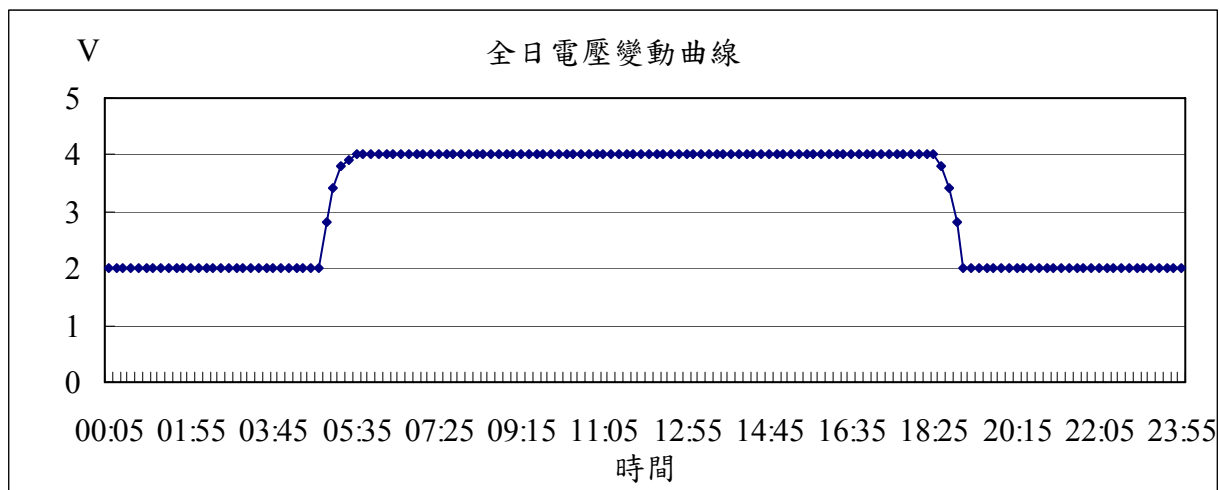


圖 25 全日電壓變動曲線圖

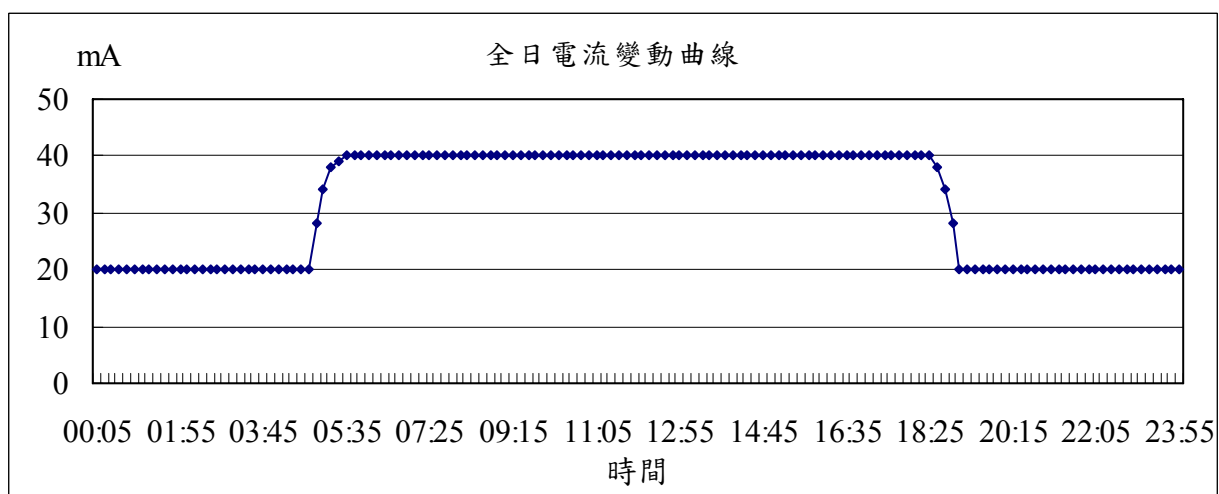


圖 26 全日電流變動曲線圖

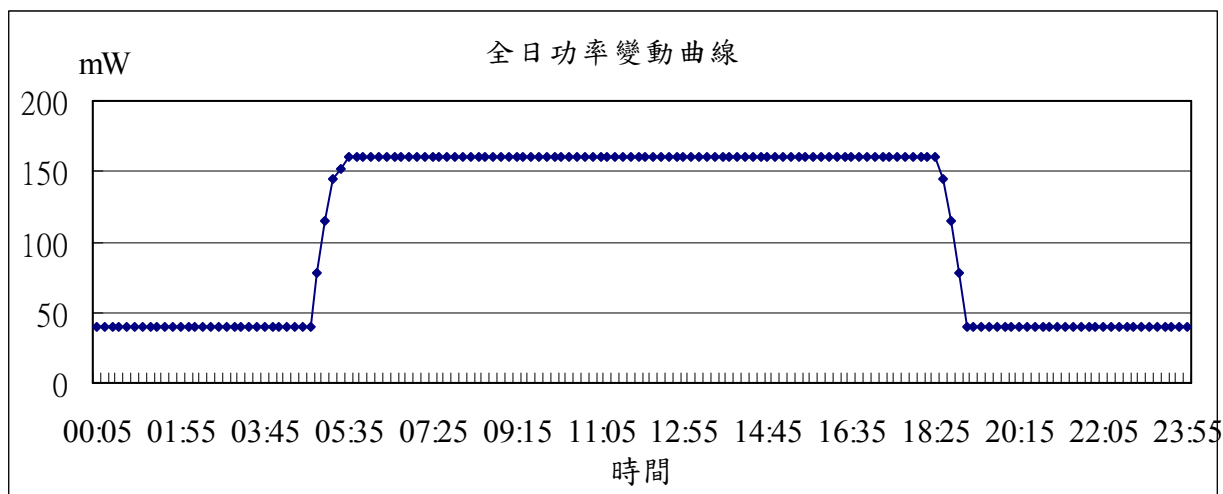


圖 27 全日功率變動曲線圖

若以目前交通號誌白天晚上亮度均一樣下的耗電量為 100%，由實驗所得到的數據證明，依本實驗方法運用在交通號誌燈時總耗電量只有 68%，這是在**夏季晝長夜短**所得到的結果，冬季及春、秋兩季將可省更多的電力。

(三)推論

若將一年四季均列入考量，即以**白天晚上時間相同**來估算，黃昏與清晨時間引用實驗所得數據（各 35 分鐘）70 分鐘，可得下表四之推論結果，即依本實驗方法運用在交通號誌燈時總耗電量只有 63.06%，節省近四成的電力損耗。

表 5 推論估算結果

時段區分 各項實測數據	白天亮度 電流量及電壓值 6:30~17:55	清晨及黃昏亮度 電流量及電壓值 5:55~6:30 17:55~18:30	晚上亮度 電流量及電壓值 18:30~5:55
電流值(mA)	40mA	34.1mA	20mA
電壓值(V)	4V	3.4V	2V
功率值(W)	160mW	118.4mW	40mW
消耗功率百分比(%)	100%	74%	25%
全日消耗功率百分比(%)			
$\frac{100 \% \times (11 + \frac{5}{12})hr + 74 \% \times (1 + \frac{1}{6})hr + 25 \% \times (11 + \frac{5}{12})hr}{100 \% \times 24 hr} = 63.06\%$			

陸、討論

經實驗結果得知：

- 一、光敏電阻對於光線的強弱能改變它的電壓及電流值。
- 二、耗電量的依序:白天>黃昏>晚上。
- 三、加裝限流電阻，降低光敏電阻的靈敏度，使白天、晚上及黃昏之時段能有效鑑別。
- 四、利用脈波寬度調變(PWM)原理，可控制脈波電壓大小。
- 五、運用單晶片微電腦來執行交通號誌燈實際運作功能。
- 六、電壓控制振盪器內部電路可產生方波(pin3)與三角波(pin4)兩種訊號。
- 七、電感器接上二極體作為電感洩能用，即做為飛輪二極體，保護電晶體免於過電壓。
- 八、各區塊電路圖功能說明如圖 28~30 所示。

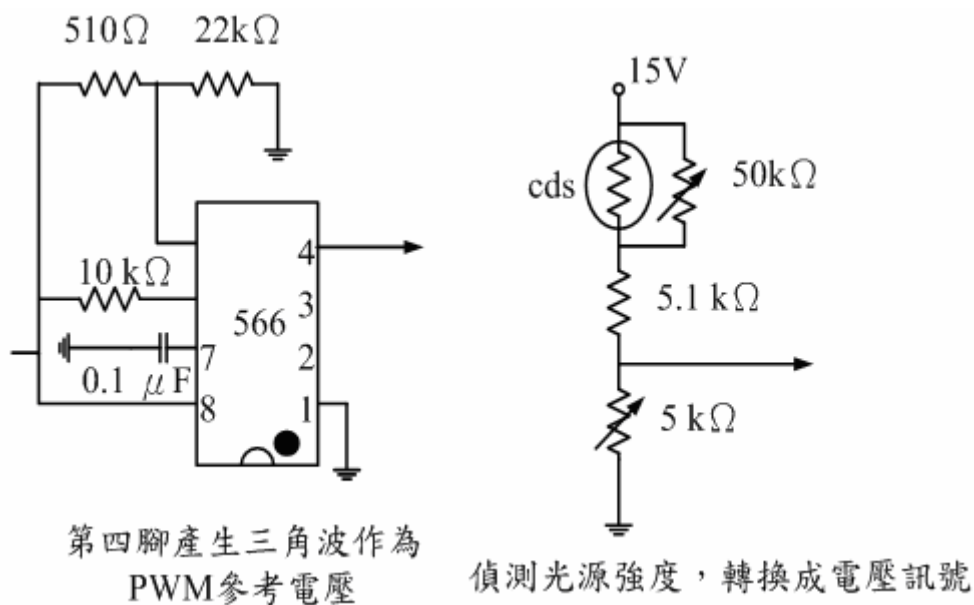


圖 28 各區塊電路圖(一)

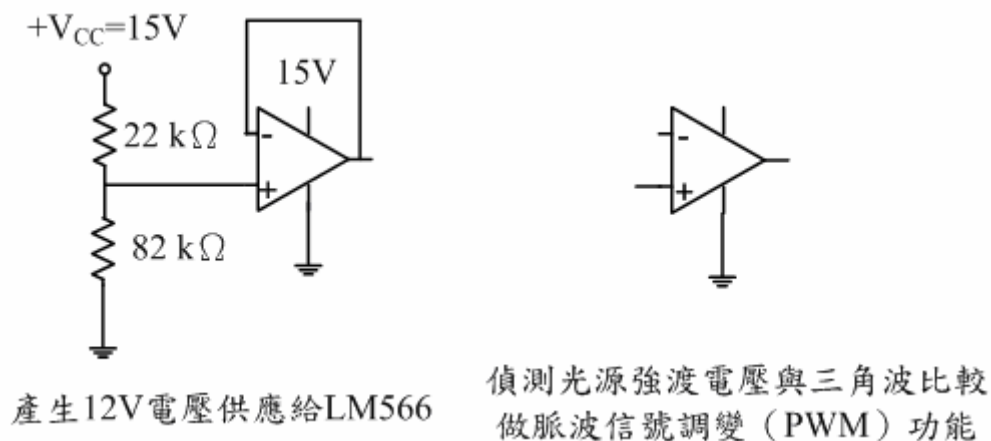
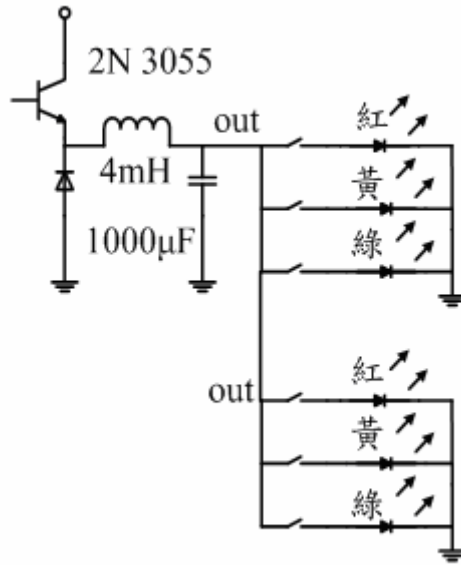


圖 29 各區塊電路圖(二)

光控電源



輸出供應負載

圖 30 各區塊電路圖(三)

柒、結論

本專題結合電子電路與光敏元件，依據人們對白天及晚上的周邊光度差異，提出低耗能號誌燈結構，有效降低交通號誌燈的功率輸出。經模擬與實作，藉由低耗能省電號誌燈的雛型做測量，印證黃昏、晚上的電流值及電壓值都遠低於白天測量的結果。以百分比估算，一天可節省近四成電力，若將全台交通號誌燈納入採用，依據行政院的数据，全年可再減少 0.59 億度的電力損耗，相當於 2 億元的電費支出。

一、研究心得

(一)軟體部分

單晶片的程式有三種，有 C 語言、組合語言、PLC51，根據我們的課程學習中選擇了 PLC51 來撰寫，但是 PLC51 跟可程式控制器(PLC)有些許差異，因 PLC 是專門用來大電力系統的設計，且價格較為昂貴，但是 PLC51 輸寫方式，原本用 PLC 的寫法去寫，會發現一些問題，例如：同時寫兩個 OUT 時，PLC51 會產生電壓不穩的現象，於是苦惱許久，發現到必須採用強制輸出(SET)和強制復歸(RST)的程式來寫。因為 TIMER 在 PLC51 裡面參數不能設定為 0，於是我們先讓起始值設定為 1，才順利解決這個問題，這些問題在 PLC 裡面是不會發生的，於是我們又找了課本一些資料和詢問老師之後才解決。

(二)硬體部分

起初，先在麵包板上模擬 LED 燈去測試，在修改程式之後，可以跑出紅綠燈的功能，但是，同時要跑 42 顆 LED 時發現，電壓推動不足，經幾番波折之後，採用固態電驛(SSR)去做改善，發現實驗是可以達成，但是，SSR 的價格太過於昂貴，一整組的成品就要用到六個，大約一千多塊，老師說這樣不符成本，要求我們再重新設計，於是我們改採用繼電器的方式，一開始，又遇到挫折，無法順利顯示，因為忽略單晶片是低準位觸發，想通了這一點之後，就順利完成了成品的設計。

捌、參考資料及其他

- 一、台灣電力公司網站：<http://www.taipower.com.tw/>
- 二、宋由禮、陳柏宏，**電子學 I、II**，台北市，旗立，民 96 年。
- 三、卓中興、蔡東榮、張義和，**電子電路實習**，台北縣，新文京，民 93 年。
- 四、南台科技大學機電科網站參考資料來源：<http://elearning.stut.edu.tw/mechelec/ch1.htm>、<http://elearning.stut.edu.tw/mechelec/ch2.htm>
- 五、徐天佑，**電子裝置及電路理論(下)**，台北市，全華，民 74 年。
- 六、楊明豐、王儒彬，**電子學實習 I、II**，台北市，旗立，民 96 年。
- 七、蔡朝洋，**單晶片微電腦 8051/8951 原理與應用**，台北市，全華，民 93 年。

【評語】 091005

- 1、 本研究研製出一低耗能省電號誌燈，主要創意在利用外在亮度來調節號誌燈的亮度，以減少耗能，甚具巧思，對節能減碳應具貢獻。
- 2、 夜間無光害及天候不佳情況下，節能效益應甚明顯，惟節能效益之詳估係以所完成之樣品來評估，較不切實際，且樣品之電路與理論尚無法完全套用至實際產品上。
- 3、 作品之實用化尚有研究空間，控制方式與法則亦有改進空間。