

崑山科技大學  
電子工程學系  
學生專題製作報告

低週波電刺激器  
**Low-Frequency Electrical Stimulators**

指導教授：黃憲章

專題組員：黃明瀚      江育誠

學號： 4960K119      4960K091

中華民國一〇〇年六月

學士專題  
製作報告

低 週 波 電 刺 激 器  
Low-Frequency Electrical Stimulators

崑山科技大學  
電子工程系

黃明瀚  
江育誠

民國一〇〇年  
六月 撰

# 專題製作報告授權同意書

## Project Practice Report Authorization Letter

本授權書所授權之報告為本組在崑山科技大學 電子工程 系 ■ 組 九九 學年度第 二 學期修習專題製作課程之報告。

I/We (the Principal), Ming-Han Huang Yu-Cheng Jiang, hereby authorize Library and Information Center of KSU (the Agent) to gain access our project practice report at Department of Electronic Engineering at KSU on the Second (first/second) semester in Academic year of 99.

報告名稱(Report Title) : 低週波電刺激器 Low-Frequency Electrical Stimulators

本組就具有著作財產權之報告全文資料，同意提供本校圖書館典藏，並同意圖書館因典藏之目的就該資料進行必要之數位化重製，且依圖書館法、著作權法規定，提供讀者利用。

The Principle agrees with not only the Agent on digital reforming the full text for repository but also the users on having the access to the report according to Library Law and Copyright Law of R.O.C.

上述授權內容均無須訂立讓與及授權契約書。依本授權之發行權為非專屬性發行權利。依本授權所為之收錄、重製、發行及學術研發利用均為無償。

The statement above is no need for making inalienable agreement and authorization contract. Copyright for the full text is non-exclusive license. The Principal would not get paid for any applications of the full text.

請勾選授權公開年限及範圍(請勾選一項)：

Date of scope for publication (select either and make a check in it):

- ☒ 立即公開 (Immediate open)  
☐ 五年後公開 (Open for access after five years)  
☐ 三年後公開 (Open for access after three years)  
☐ 校園內公開 (Open for access within KSU)  
☐ 館內典藏 (For repository within the library)

指導老師姓名(Instructor's Name) : 黃宇章 5/12

學生簽名(Student's Name) :

學號(Student Identity No.) :

黃明瀚

4960K119

江育誠

4960K091

(親筆正楷/Autograph in regular script)

(務必填寫/Required field)

日期(Date) : 民國 一百 年(Year) 六 月(Month) 六 日(Date)

# 低週波電刺激器

黃明瀚 江育誠

崑山科技大學 電子工程學系

## 摘要

由於時代科技的進步，產生了許許多多的文明病症，人類對於健康的重視以及保健儀器的需求也與日俱增，因而電刺激產品也孕育而生，而電刺激器是產生一序列電壓或是電流脈波，藉由適當的強度、頻率、刺激的時間，刺激人體的細胞、肌肉、神經，激發身體產生腦內啡，藉以產生阻斷，舒緩疼痛的一種治療方式。以達到治療復健目的之醫療儀器。常用於減少疼痛、增強肌力、增進血液循環、延緩或避免肌肉萎縮、減輕肌肉痙攣及增進皮膚血液循環，加上電刺激治療方法經由臨床實驗證實具有相當不錯的療效，而無藥物治療的副作用，因此被廣泛應用在許多臨床治療及復健上，漸漸的成為居家保健的產品。

目前市售的電刺激器大多是以低頻電刺激器為主，本專題主要是學習如何使用市面上易取得之元件來設計一個低成本且具安全性的電刺激器；在硬體規劃方面，使用單晶片微處理器為核心(MSC-51)，透過單晶片來控制周邊整合之電子電路；而在軟體規劃方面有，電刺激模式、波寬選擇與刺激時間選擇，蜂鳴啟動，四個主要選單，由三個數位式按鈕來控制及選擇所有選單之功能以及電刺激器起始或停止。

**關鍵字：**電刺激、經皮組織電刺激、定電壓。

# Low-Frequency Electrical Stimulators

Ming-Han Huang    Yu-Cheng Jiang

Department of Electronic Engineering , Kun Shan University of Technology

## Abstract

As the time advancement of technology goes by with consequent result of disease of civilization, people attach more importance to their health and the demand for health-protection instruments. Therefore, electric stimulation products come into being. The products can generate a sequence of voltage or current pulses with proper intensity, frequency and times to stimulate ones' cells, muscles or nerves, which can trigger the production of endorphin and result in the relief of pain with inhibition of neurotransmitter release. By this benefit, it can achieve the goal of being a kind of medical device for rehabilitation. This products are often used in pain relief, muscle strengthening, promotion of blood circulation, delay or avoidance of muscle atrophy, reduction of muscle spasm and increase of skin blood circulation. Besides, this therapy with electric stimulation was verified by clinical trials for its efficacy and there is no side effect like drug therapy. For the sakes mentioned above, it was widely used in clinical treatment and rehabilitation and gradually became the products for home health care.

Currently, the low-frequency electrical stimulation devices are almost the mainstream in today's commercial market. This project mainly focuses on how to use easily available components from market, with which to design a low-cost and security-possessed stimulation device. For one part of hardware planning, we use single-chip as the core, by which it controls the peripheral integration of electronic circuit. For the other part of software planning, there are four main option menu including electrical stimulation pattern 、 the selection for wave width 、 the selection for time stimulation and the start of buzz. Additionally, we can use three digital buttons to function all the features of the menu and to make it start or stop.

**Keywords:** Electrical Stimulation 、 TENS 、 Fixed Voltage 。

# 目 錄

	頁數
中 文 摘 要.....	I
英 文 摘 要.....	II
目 錄.....	III
圖 目 錄.....	V
表 目 錄.....	VII
一、 緒 論.....	1
二、 電刺激原理.....	2
2.1 電刺激理論.....	2
2.2 各頻率的適用徵狀.....	3
2.3 人體神經系統與肌肉運動.....	3
2.4 觸電電流的大小對人體的危害程度.....	4
2.5 電刺激器的頻率劃分.....	4
三、 系統設計.....	5
3.1 系統硬體架構.....	5
3.1.1 ATMEL AT89S51 單晶片.....	6

3.1.2 MC30463 + CD4066 昇壓與控制電路 .....	7
3.1.3 輸出刺激電路 .....	16
3.1.4 輸出保護電路 .....	18
3.1.5 LCD 顯示電路.....	19
3.1.6 數位按鍵電路 .....	19
3.1.7 蜂鳴電路 .....	19
3.2 系統軟體架構.....	20
四、 結果與討論.....	22
4.1 系統測試.....	22
4.2 波形調變原理.....	23
4.3 輸出波形測試.....	24
4.4 成品與展示 .....	27
4.5 系統設計與製作心得 .....	29
五、 結論與未來展望.....	30
參考文獻.....	31
附錄 A 系統主程式.....	32
附錄 B 系統電路圖 .....	45

## 圖 目 錄

	頁數
圖 3.1.1 系統硬體架構圖 .....	5
圖 3.1.2 單晶片內部結構圖 .....	6
圖 3.1.3 單晶片接腳圖 .....	6
圖 3.1.4 MC34063A 接腳圖 .....	7
圖 3.1.5 MC34063 升壓變換器電路圖 .....	9
圖 3.1.6 MC34063 降壓變換器電路圖 .....	9
圖 3.1.7 MC34063 大電流升壓變換器電路圖 .....	10
圖 3.1.8 MC34063 大電流降壓變換器電路圖 .....	10
圖 3.1.9 MC34063 反向變換器電路 .....	10
圖 3.1.10 CD4066 接腳圖與內部原理圖 .....	11
圖 3.1.11 昇壓電路圖 .....	12
圖 3.1.12 數控電阻電路圖 .....	12
圖 3.1.13 模擬之數控電阻轉換曲線圖 .....	13
圖 3.1.14 昇壓與控制電路圖 .....	14
圖 3.1.15 模擬輸出電壓轉換特性曲線圖 .....	15
圖 3.1.16 輸出刺激電路圖 .....	16
圖 3.1.17 正負電流刺激方向圖 .....	17



圖 3.1.18 電晶體接腳圖 .....	17
圖 3.1.19 輸出保護電路圖 .....	18
圖 3.1.20 LCD 顯示電路圖 .....	19
圖 3.1.21 數位按鍵電路圖 .....	19
圖 3.1.22 達靈頓蜂鳴電路圖 .....	19
圖 3.2.1 主程式流程圖 .....	21
圖 4.1.1 系統硬體麵包板圖 .....	22
圖 4.2.1 波寬與週期原理圖 .....	23
圖 4.2.2 波形調製原理圖 .....	23
圖 4.3.1 模式 1 模擬之輸出調製波形 (敲槌模式).....	24
圖 4.3.2 模式 1 示波器 實際測量之波形 .....	24
圖 4.3.3 模式 2 模擬之輸出調製波形 (快速敲槌模式).....	25
圖 4.3.4 模式 2 示波器 實際測量之波形 .....	25
圖 4.3.5 模式 3 模擬之輸出調製波形 (指壓模式).....	26
圖 4.3.6 模式 4 模擬之輸出調製波形 (推拿模式).....	26
圖 4.4.1 系統測試 LCD 顯示圖 .....	27
圖 4.4.2 完整系統硬體電路板圖 .....	27
圖 4.4.3 實際人體試驗測試圖 .....	28

## 表 目 錄

	頁數
表 3.1.1 AT89S51 功能表 .....	6
表 3.1.2 元件參數表 .....	8
表 3.1.3 模擬數控電阻值列表 .....	13
表 3.1.4 模擬輸出電壓與電阻 $R_x$ 關係列表 .....	15

## 一、緒論

市面上電刺激儀器可分為兩大類：低頻電刺激器（low frequency stimulator）及中頻電刺激器（middle frequency stimulator）。低頻電刺激器，是指所應用之電磁波頻率範圍在 1000Hz 以下，此範圍頻率可以有效引起神經肌肉興奮的生理作用，大多數刺激電流形式都屬於低頻，例如經皮神經電刺激（Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation，TENS）。

電刺激是藉由適當的刺激強度、頻率、刺激時間以及多種的組合波形刺激人體的神經、肌肉和細胞，它結合了中醫的針灸理論和電刺激效能所衍生的一種治療方式，它是有位置性的，依照中醫穴道療法的位置進行刺激，藉由穴位低電阻的特性等特性，同時激發身體產生腦內啡，藉以產生阻斷、舒緩疼痛的一種治療方式，可以發揮較強的止痛效果，用來改善全身性的功能，已達到所謂的療效。

人類的自主性運動是由中樞神經系統（central nervous system ,CNS）控制大腦發出神經脈衝訊號之後，經由脊髓（Spinal Cord）傳送至周邊神經（Peripheral Nerve），最終傳遞至骨骼肌使肌肉收縮。因此在大腦的控制下，可同時使許多不同的肌肉收縮而進行各種複雜的動作。然而對於脊髓損傷的病患，其神經脈衝傳導路徑遭到破壞，大腦所下達命令部份或完全無法傳至肌肉，因此造成癱瘓或肌肉萎縮等問題；理論上只要其運動神經元與肌肉仍然完好，即可給予電流活化神經使其肌肉收縮，進而使癱瘓的肢體進行功能性的動作。這就是所謂的功能性電刺激。換言之，功能性電刺激是以電的刺激來增強或取代因運動神經元受損所喪失的部份或全部功能。

## 二、 電刺激原理

### 2.1 電刺激理論

人類的肌肉運動先由大腦產生一訊息來做控制，因此人體中的神經以及肌肉組織，都是可以被刺激興奮的組織，所以只要將適當的電流由身體表面加諸在神經或肌肉組織上，再經由神經傳遞到肌肉點上，肌肉便產生一對應的收縮運動；而在神經上的訊息，就是所謂的脈衝電流，並將這個電流傳導下去，最後使肌肉收縮，這就是神經肌肉電刺激的方式，因此電刺激就是產生此脈衝電流誘發肌肉產生運動。

電刺激的止痛原理是利用門閥理論（gate control theory），刺激較大之神經纖維去抑制疼痛纖維的傳導，降低疼痛傳入時之神經興奮活性，達到止痛的效果。臨床上較常使用之電療儀器包括有低週波電刺激器和中頻向量干擾波刺激器；低週波電刺激器（又稱低頻電刺激器）的頻率範圍主要在1000Hz 以下，其治療方式是透過可傳導電流之凝膠貼片黏貼於患者之疼痛部位。

由於電刺激本身含有正負兩極，所以會改變細胞膜外之電位差，引起神經細胞產生動作電位，進而引起肌肉收縮反應。低週波電刺激器作用部位主要在人體之淺層之大塊肌肉，因此在做電刺激時，可以看到淺層肌肉的收縮與跳動。所以低頻電刺激器除了止痛外，亦可放鬆淺層的肌肉組織。低週波電刺激器之適應症包括術後止痛、癌症痛、神經痛、不良姿勢引起之肩頸痛。

## 2.2 各頻率的適用徵狀

電刺激沒有刻板的規定需如何使用，但仍有一些通則可遵循。

- (1) 2Hz - 10Hz：長效性止痛作用，可產生體內止痛物質（Endorphin），類似針灸作用，所用時間較長，但其作用持續性較長。
- (2) 10Hz- 30Hz：對肌肉組織有消腫及促進血液循環作用，具有按摩消除肌肉疲勞的功能。
- (3) 30Hz- 150Hz：防止肌肉萎縮及一般之肌力訓練。

## 2.3 人體神經系統與肌肉運動

神經系統與內分泌系統主要調節動物生理功能的兩大系統;與內分泌系統相較，神經系統迅速敏捷，控制動物體的肌肉系統，牽引骨骼系統而得以運動。神經系統是由許多神經細胞組成，負責思考、規劃身心活動，接收內外環境刺激，啟動隨意動作，執行反射動作，調控身體內部環境，以及累積學習經驗、形成記憶，運用智慧等功能。

人體的神經系統可分為中樞神經系統（central nervous system, CNS）、周圍神經系統（peripheral nervous system, PNS）二大部分，中樞神經系統包含腦及脊髓，為整個神經系統主要之部分。周圍神經系統由腦幹發出的十二對腦神經與及三十一對脊髓神經組成，將感官接受之興奮傳至中樞神經系統，又將來自後者之訊息傳至骨骼肌，使身體運動。

## 2.4 觸電電流的大小對人體的危害程度

一般來說人體阻抗是呈非線性的變化，而且各部位的阻值不盡相同，經由適當的處理之後可降低至大約  $500\Omega\sim1000\Omega$  之間。電刺激器在臨床治療的應用上，根據FDA安規檢測的標準規範，輸出電極的測試負載以 $500\Omega$ 為標準，系統輸出電流必須維持在一個安全範圍之內，脈波間隔低於0.1 sec以下，每個輸出脈波能量不能超過300mJ。

當不同頻率的電流通過於人體時，人體組織的等效阻抗也會有所改變，當通過人體的電流頻率愈高，人體皮膚的等效阻抗會與電刺激頻率成反比，也就是說當通過人體的電流頻率愈高，人體皮膚的等效阻抗會愈低。

- (1)當人體流過交流1mA電流或直流5mA電流時，人體就會有麻、刺、痛的感覺。
- (2)當人體流過交流 20~50mA 或直流 80mA 電流時，人就會產生麻痺、痙攣、刺痛，血壓升高，呼吸困難。甚至到自己不能擺脫電源，就有生命危險。
- (3)當人體流過 100mA 以上電流時，人就會呼吸困難，心臟停跳。

## 2.5 電刺激器的頻率劃分

一般將電流頻率在 1000Hz 以下稱為低頻電流；1000Hz~10000Hz 稱為中頻電流；頻率大於 10000KHz 叫做高頻電流。這些頻率的電流如果分別在極高或極低的電壓下產生，其生理作用也會有不同。

## 三、系統設計

### 3.1 系統硬體架構

整個硬體架構主要可分為下列三大部分：

- (1) ATMEL AT89S51單晶片為核心的數位控制電路。
- (2) 昇壓與控制電路、蜂鳴電路、輸出刺激電路與輸出保護電路。
- (3) 液晶顯示幕（LCD）及數位按鍵構成的人機介面。

使用者透過數位按鍵和液晶顯示幕（LCD）所組成的人機介面來調整電刺激器的各項參數，例如：刺激模式之選擇、刺激時間選擇等等，這些資訊經由數位按鍵傳遞到微處理器之後，輸出適當的刺激波形，再經高壓電路配合類比輸出電路，由電極貼片將真正刺激電流輸入至人體，神經組織因此產生同步的動作電位，達到電刺激的效果。整個系統的方塊圖如圖3.1.1所示：

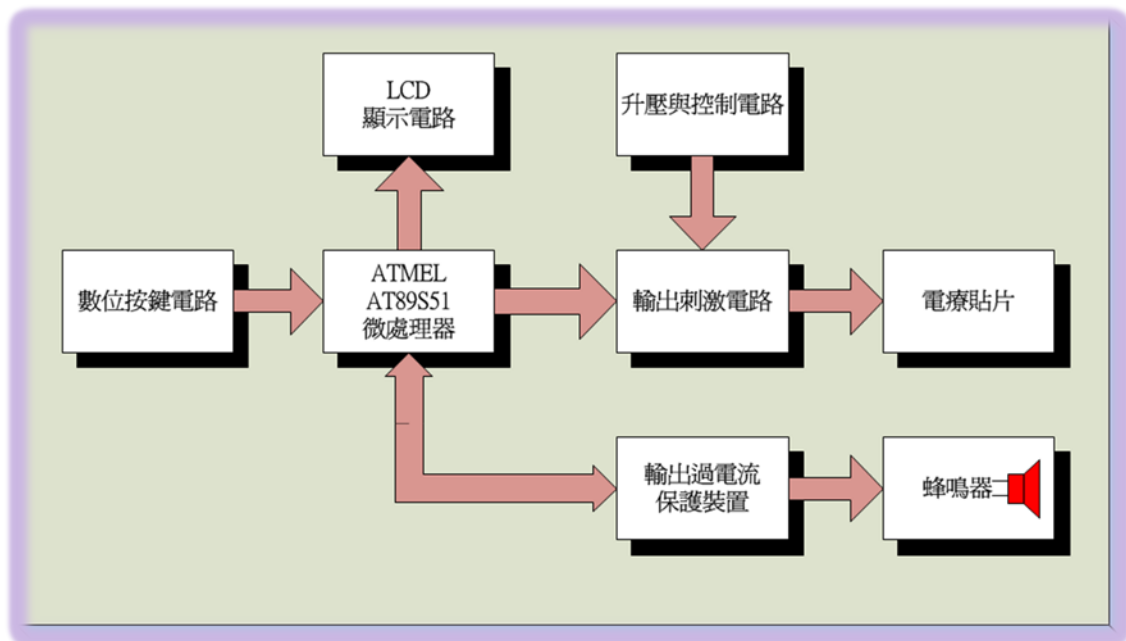


圖 3.1.1 系統硬體架構圖

3.1.1 ATMEL AT89S51 單晶片

AT89S51為Intel公司所推出的MCS-51 系列產品之一，其內部結構如下：

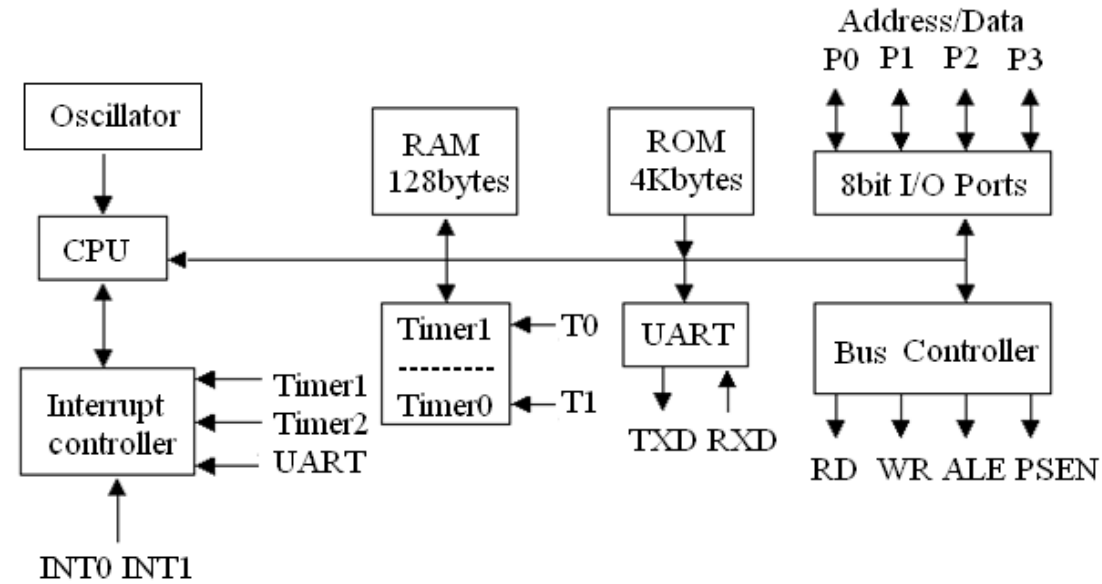


圖 3.1.2 單晶片內部結構圖

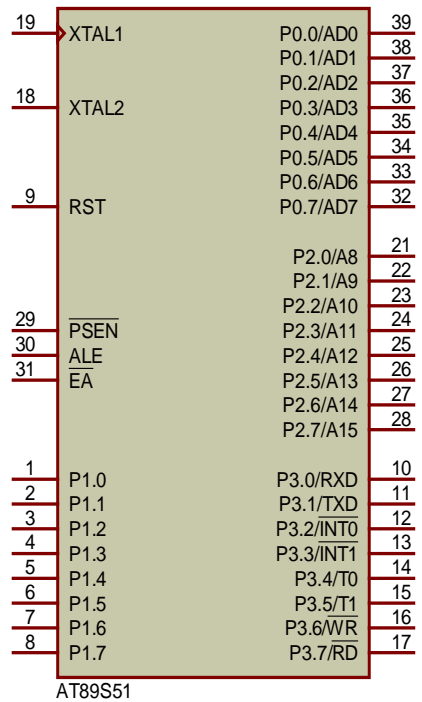


圖 3.1.3 單晶片接腳圖

兼容 MCS-51 指令系統	4k 可反覆寫 ISP Flash ROM
32 個雙向 I/O	4.5 - 5.5V 工作電壓
2 個 16 位可編程定時/計數器	時鐘頻率 0 - 33MHz
全雙工 UART 串行中斷口線	128x8bit 內部 RAM
2 個外部中斷源	低功耗空閒和省電模式
中斷喚醒省電模式	3 級加密位
看門狗 (WDT) 電路	軟件設置空閒和省電功能
靈活的 ISP 字節和分頁編程	雙數據寄存器指針

表 3.1.1 AT89S51 功能表



### 3.1.2 MC30463 + CD4066 昇壓與控制電路

#### (1) MC30463 DC/DC 轉換器

MC34063 雙極型線性積體電路，專用於直流-直流轉換器控制部分。晶片內包含有溫度補償與基準電源、一個責任週期控制振盪器、驅動器和大電流輸出開關，能輸出 1.5A 的開關電流。它能使用最少的外接元件構成開關式升壓變換器、降壓式變換器和電源反向器。

特點：

- \*能在 3.0-50V 的輸入電壓下工作

- \*短路電流限制

- \*低靜態電流

- \*輸出開關電流可達 1.5A（無外接三極管）

- \*輸出電壓可調

- \*工作振盪頻率從 100Hz 到 100KHz

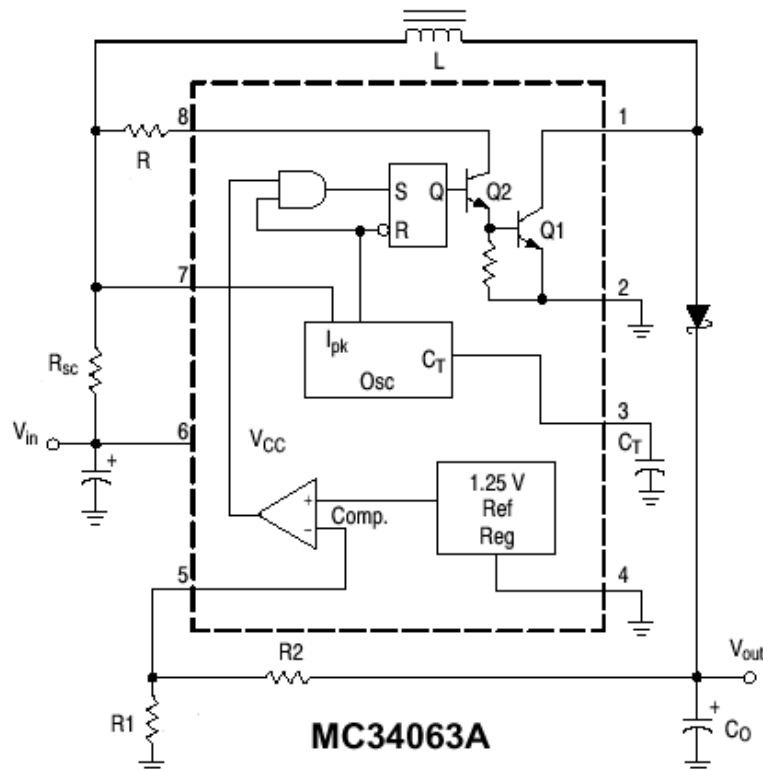


圖 3.1.4 MC34063A 接腳圖

週邊元件標稱含義和它們取值的計算公式：

$$V_{out}(\text{輸出電壓}) = 1.25V (1 + R2/R1)$$

$$C_t(\text{定時電容}) : \text{決定內部工作頻率。} C_t = 0.000004 * T_{on}(\text{工作頻率})$$

$$I_{pk} = 2 * I_{omax} * T / t_{off}$$

$$R_{sc}(\text{限流電阻}) : \text{決定輸出電流。} R_{sc} = 0.33 / I_{pk}$$

$$L_{min}(\text{電感}) : L_{min} = (V_{imin} - V_{ces}) * T_{on} / I_{pk}$$

$$C_o(\text{濾波電容}) : \text{決定輸出電壓波紋係數，} C_o = I_o * t_{on} / V_{p-p}$$

固定值參數：

$$V_{ces} = 1.0V \quad t_{on}/t_{off} = (V_o + V_f - V_{imin}) / (V_{imin} - V_{ces})$$

$V_{imin}$ : 輸入電壓不穩定時的最小值

$$V_f = 1.2V \quad \text{快速開關二極體正向壓降}$$

參數名稱	符號	單位	MC34063 (美國 Motorola 公司)	CW34063 (國產)	MC33063 Motorola 公司
輸入電壓	$V_{in}$	V	2.5~40V	2.5~40V	2.5~40V
輸出電壓	$V_{out}$	V	1.25~40V	1.25~40V	1.25~40V
最大輸出電流	$I_{omax}$	A	1.5A	1.5A	1.8A
最高工作頻率	f	kHz	0.1~100KHZ	0.1~100KHZ	0.1~100KHZ
功率	P	W	1.25W	1.25W	0.9W
工作溫度	$T_a$	度	0~70 度	0~70 度	-40~80 度

表 3.1.2 元件參數表

(a) 快速開關二極體可以選用 1N4148，在要求高效率的場合必須使用 1N5819。

(b) 34063 能承受的電壓，即輸入輸出電壓絕對值之和不能超過 40V，否則不能安全穩定的工作。

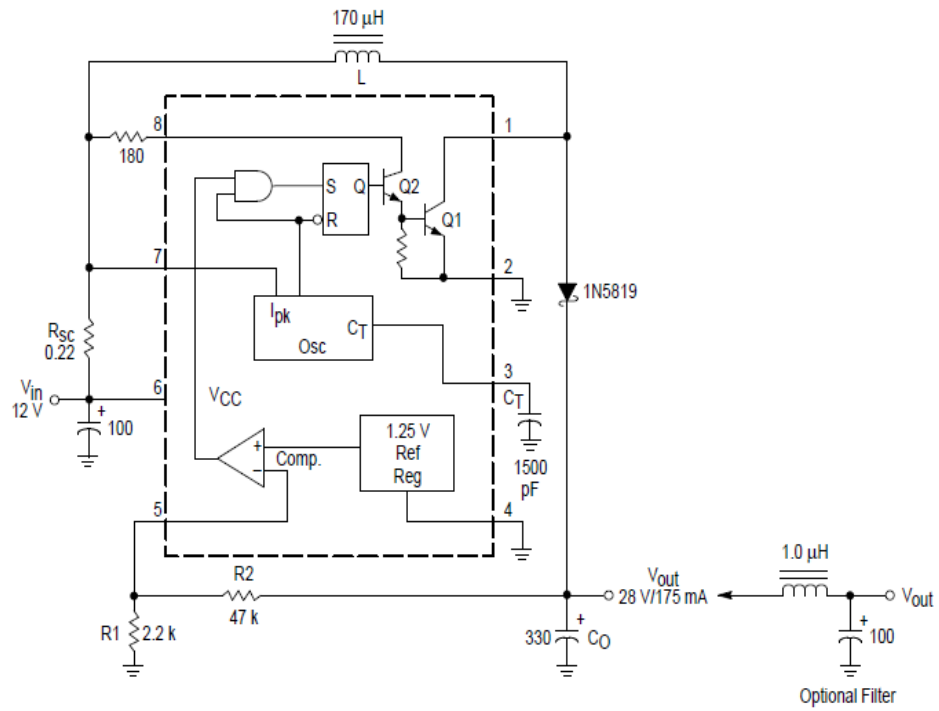


圖 3.1.5 MC34063 升壓變換器電路圖

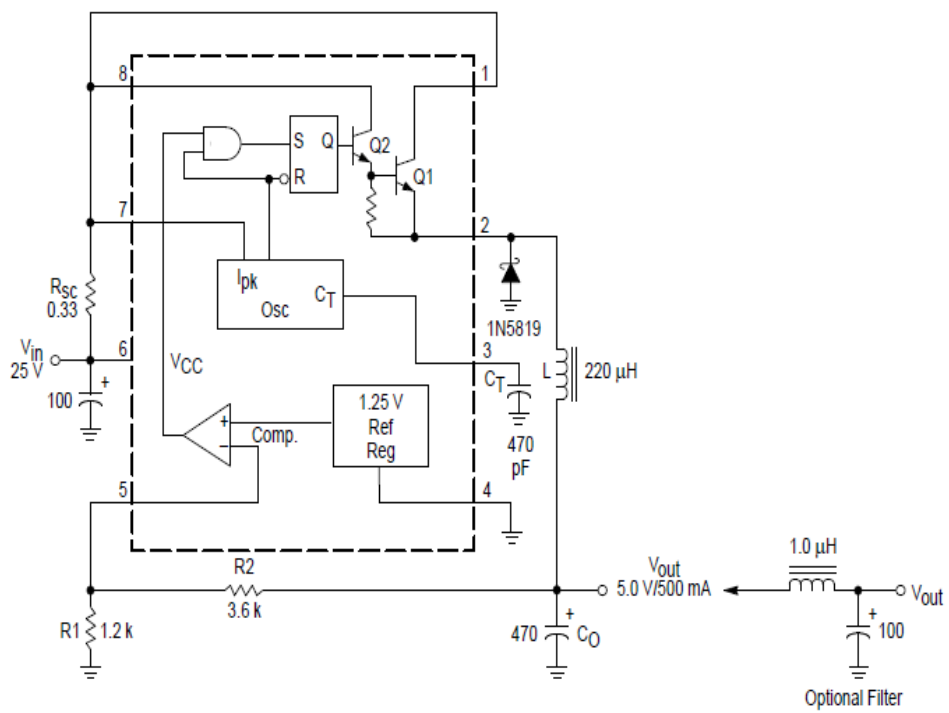


圖 3.1.6 MC34063 降壓變換器電路圖

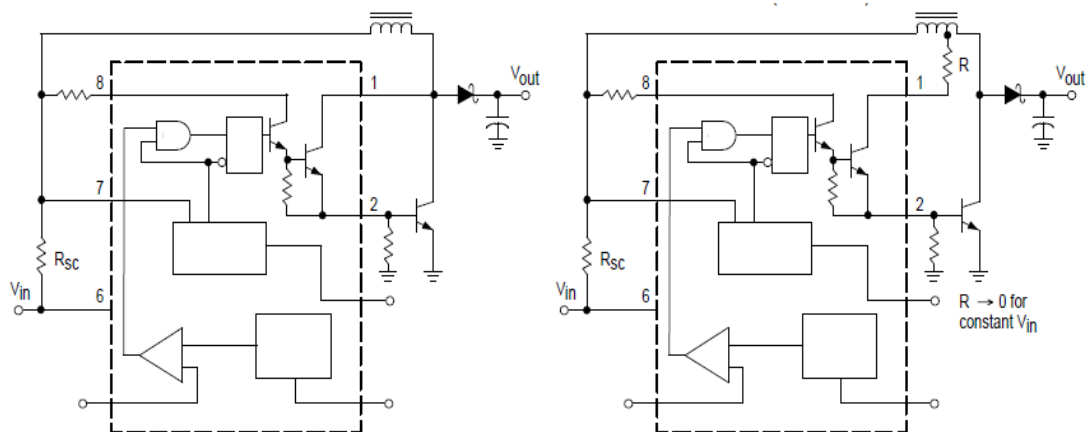


圖 3.1.7 MC34063 大電流升壓變換器電路圖

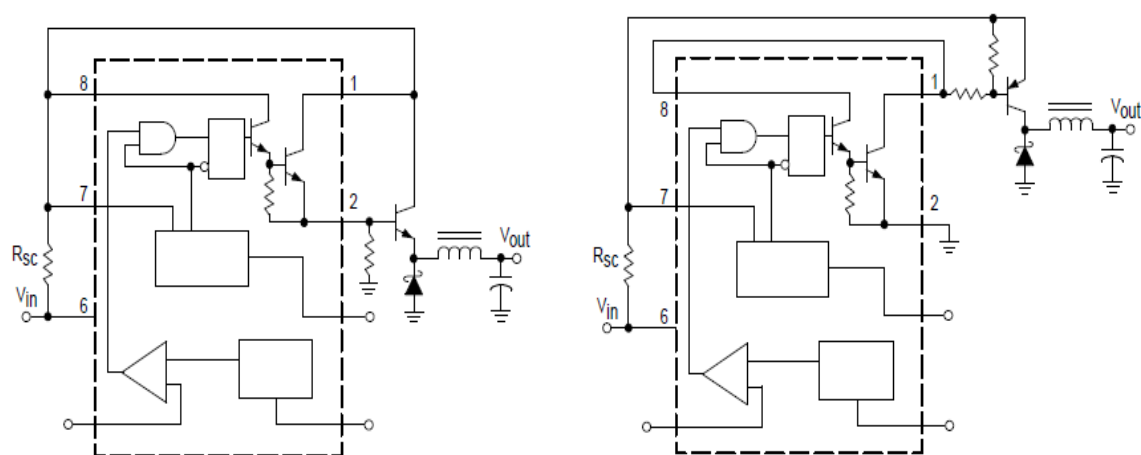


圖 3.1.8 MC34063 大電流降壓變換器電路圖

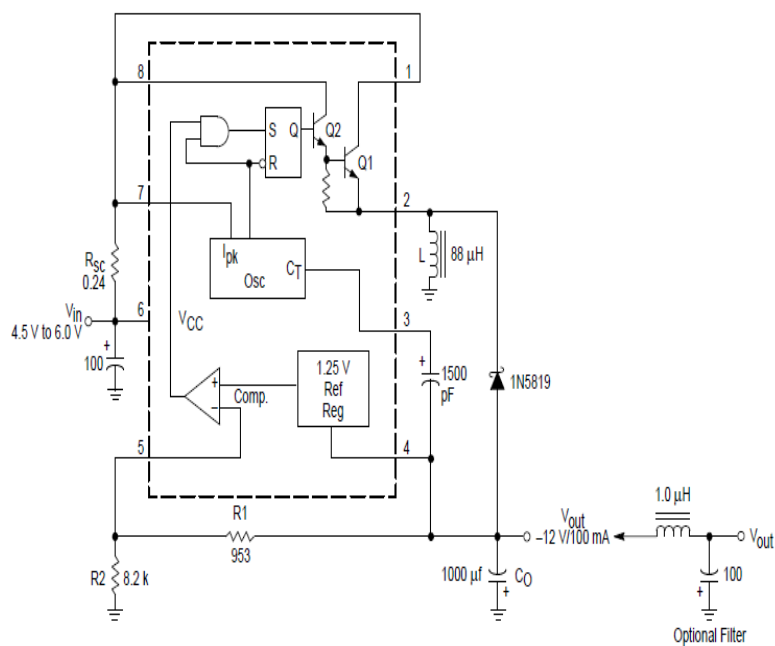


圖 3.1.9 MC34063 反向變換器電路

## (2) CD4066 CMOS Switch

CD4066 是一種四路電子開關積體電路，在電視機、影碟機、電話機、各種電子儀器儀錶等上應用相當廣泛。

CD4066 是四雙向類比開關，主要用作類比或數位信號的多路傳輸。引出端排列與 CC4016 一致，但具有比較低的導通阻抗。另外，導通阻抗在整個輸入信號範圍內基本不變。CD4066 由四個相互獨立的雙向開關組成，每個開關有一個控制信號，開關中的 p 和 n 元件在控制信號作用下同時開關。這種結構消除了開關電晶體切入電壓隨輸入信號的變化，因此在整個工作信號範圍內導通阻抗比較低。與單通道開關相比，具有輸入信號峰值電壓範圍等於電源電壓以及在輸入信號範圍內導通阻抗比較穩定等優點。

當類比開關的電源電壓採用雙電源時，例如為+5V 與-5V（均對地 0V 而言），則輸入電壓對稱於 0V 的正、負信號電壓（+5V~-5V）均能傳輸。這時要求控制信號 C="1"為+5V，C="0"為-5V，否則只能傳輸正極性的信號電壓，它們的控制接腳為 13 腳(控制 1 與 2 間開關)、5 腳(控制 3 與 4 間開關)、6 腳(控制 8 與 9 間開關)、12 腳(控制 10 與 11 間開關)。

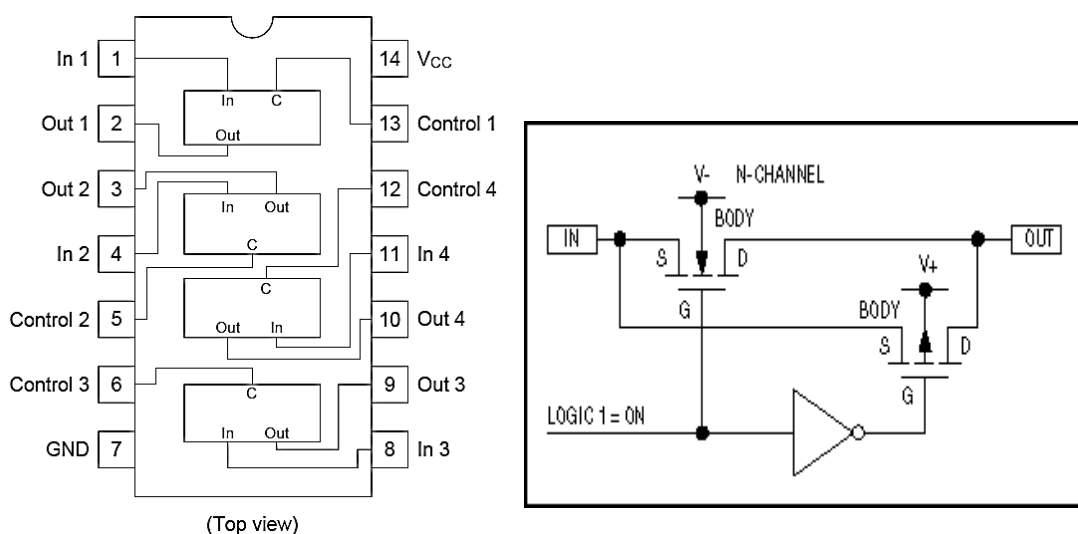


圖 3.1.10 CD4066 接腳圖與內部原理圖

### (3) MC30463 + CD4066

#### (a) 昇壓電路

圖 3.1.11 為典型之 DC/DC Converter，CI 與 CO 用於輸入與輸出間的電源濾波，CT 為控制此轉換器的工作頻率，RSC 用於最大輸出電流限流用電阻，R2 與 R1 可控制輸出電壓之大小 $[1.25V * (1 + R2/R1)]$ ，VD1、L1，U2 組成基本 Boost 昇壓電路。

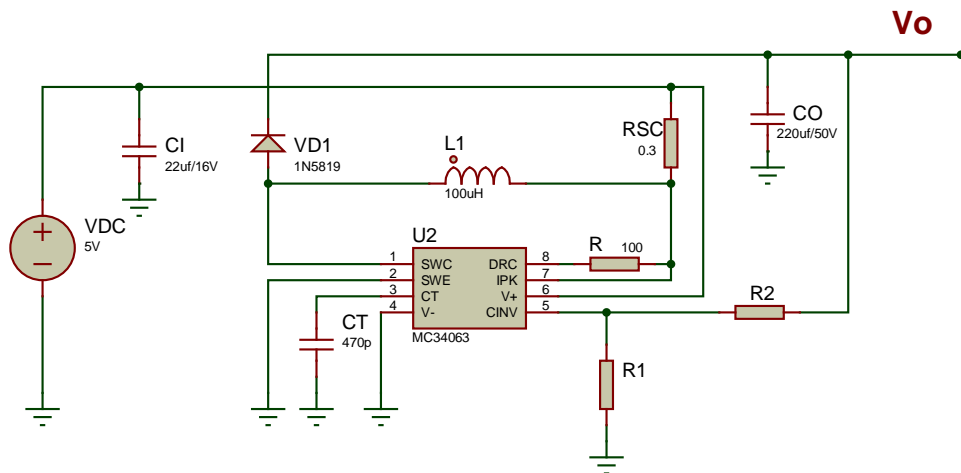


圖 3.1.11 昇壓電路圖

#### (b) 控制電路

由 CD4066 與四顆電阻(RS1、RS2、RS3、RS4)，所組成之數位控制電阻如圖 3.1.12，單晶片控制開關切換可組成 16 組不同的電阻值，而在本專題中只取其中八組來做輸出電壓控制。

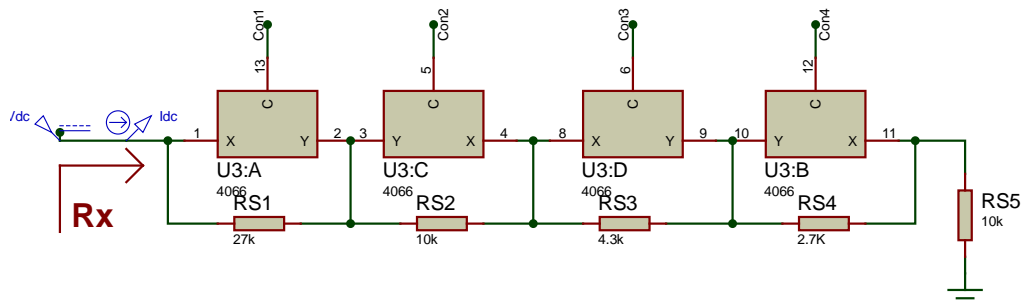


圖 3.1.12 數控電阻電路圖

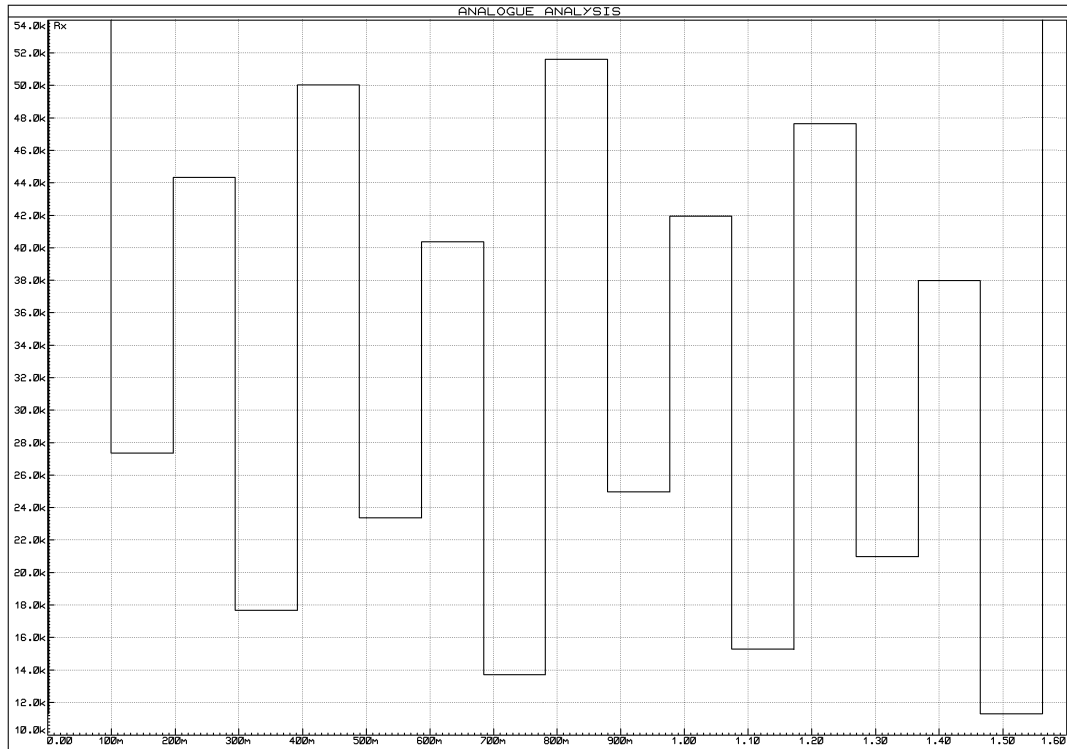


圖 3.1.13 模擬之數控電阻轉換曲線圖

Con1	Con2	Con3	Con4	Rx 數控電阻
0	0	0	0	54k
0	0	0	1	27.3k
0	0	1	0	44.3k
0	0	1	1	17.7k
0	1	0	0	50k
0	1	0	1	23.4k
0	1	1	0	40.4k
0	1	1	1	13.7k
1	0	0	0	51.6k
1	0	0	1	25k
1	0	1	0	41.9k
1	0	1	1	15.3k
1	1	0	0	47.6k
1	1	0	1	21k
1	1	1	0	38k
1	1	1	1	11.3k

表 3.1.3 模擬數控電阻值列表

### (c) 昇壓與控制電路

昇壓與控制電路的輸出電壓以五伏特至六伏特為一輸出電壓調整之量級，輸出刺激電壓範圍為 11.6V 至 45.6V，以數控電阻取代昇壓電路的 R1 電阻，用以單晶片控制數控電阻調整昇壓電路的輸出電壓。 $V_o(\text{輸出電壓}) = 1.25V[1 + (500K/R_x)]$

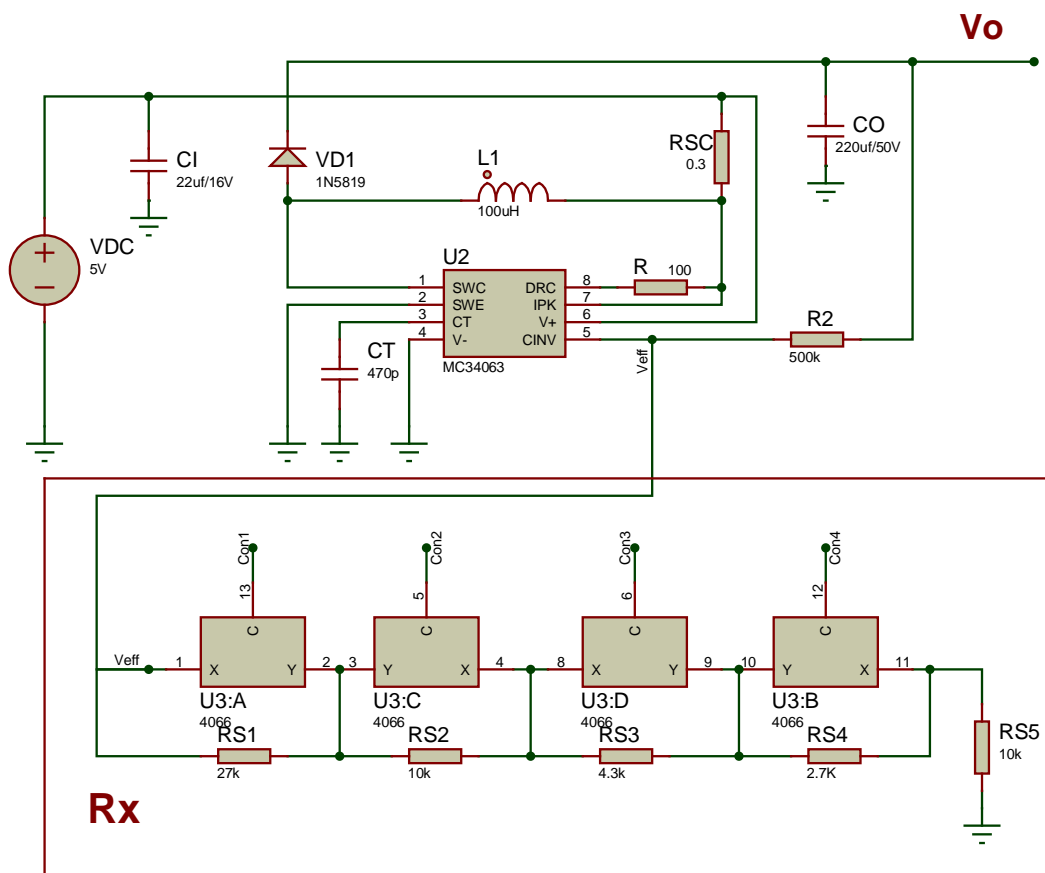


圖 3.1.14 昇壓與控制電路圖



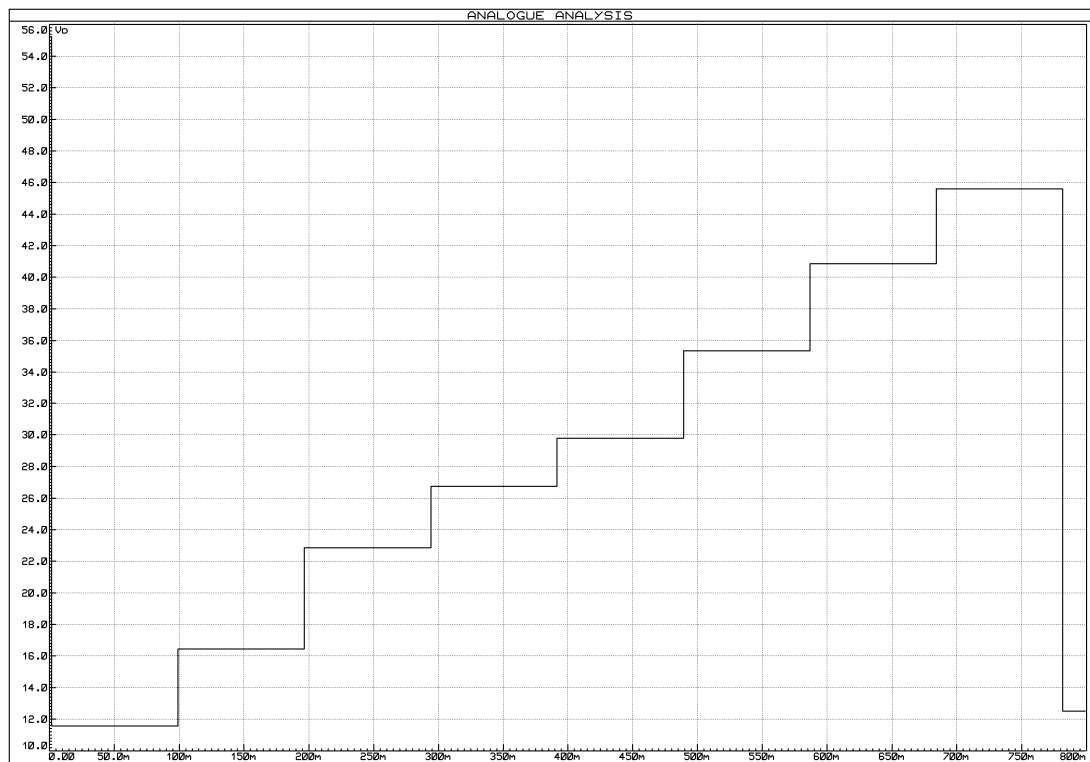


圖 3.1.15 模擬輸出電壓轉換特性曲線圖

Con1	Con2	Con3	Con4	Rx 電阻	Vo
0	0	0	0	54k	11.6v
1	1	1	0	38k	16.5v
0	0	0	1	27.3k	22.9v
0	1	0	1	23.4k	26.7v
1	1	0	1	21k	29.8v
0	0	1	1	17.7k	35.3v
1	0	1	1	15.3k	40.9v
0	1	1	1	13.7k	45.6v

表 3.1.4 模擬輸出電壓與電阻 Rx 關係列表

### 3.1.3 輸出刺激電路

圖 3.1.16 為橋式低壓控制高壓電路，由四顆電晶體(2SB772、2SD882)與六顆電阻所組成，其功能與基本方波變流器(變頻器)相同，但只需要兩隻控制腳即可完成動作(基本方波變流器需要四隻控制腳)，再由單晶片控制電晶體(Base)使其導通與關閉，可做到高壓輸出且可控制為直流方波或交流方波輸出，最後再輸出至醫療用電極貼片。

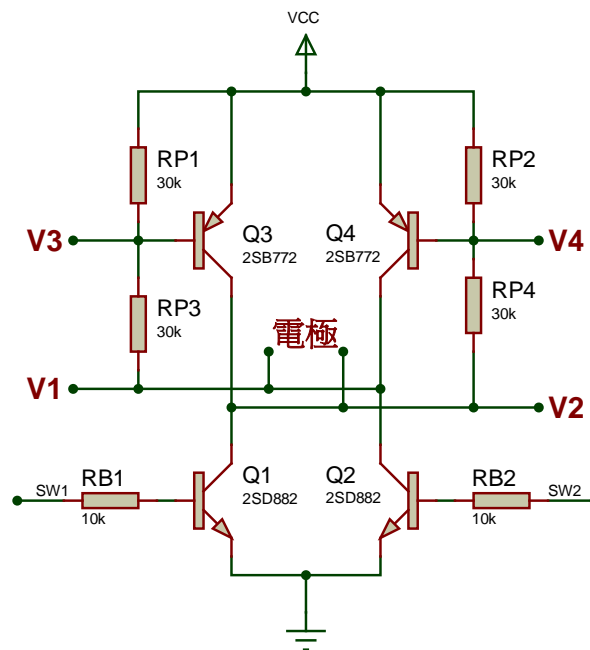


圖 3.1.16 輸出刺激電路圖

工作原理:

- (1)當單晶片提供 SW1 訊號電流使 Q1 電晶體導通，因此 V2 電壓被拉低 (原本為 VCC)，以致 V4 電壓降為 $(VCC - V_{EB4}$  電壓)Q4 隨即跟著導通，因此 VCC 傳到電極兩端。
- (2)當單晶片提供 SW2 訊號電流使 Q2 電晶體導通，因此 V1 電壓被拉低 (原本為 VCC)，以致 V3 電壓降為 $(VCC - V_{EB3}$  電壓)Q3 隨即跟著導通，因此 VCC 傳到電極兩端。
- (3)當單晶片同時提供 SW1 與 SW2 訊號電流，將使 Q1 及 Q2 導通隨即 Q3 及 Q4 跟著導通，使 VCC 經由(Q1、Q3 與 Q2、Q4)為接地路徑而造成大電流，將使電晶體燒毀，因此在控制時必須嚴加注意。

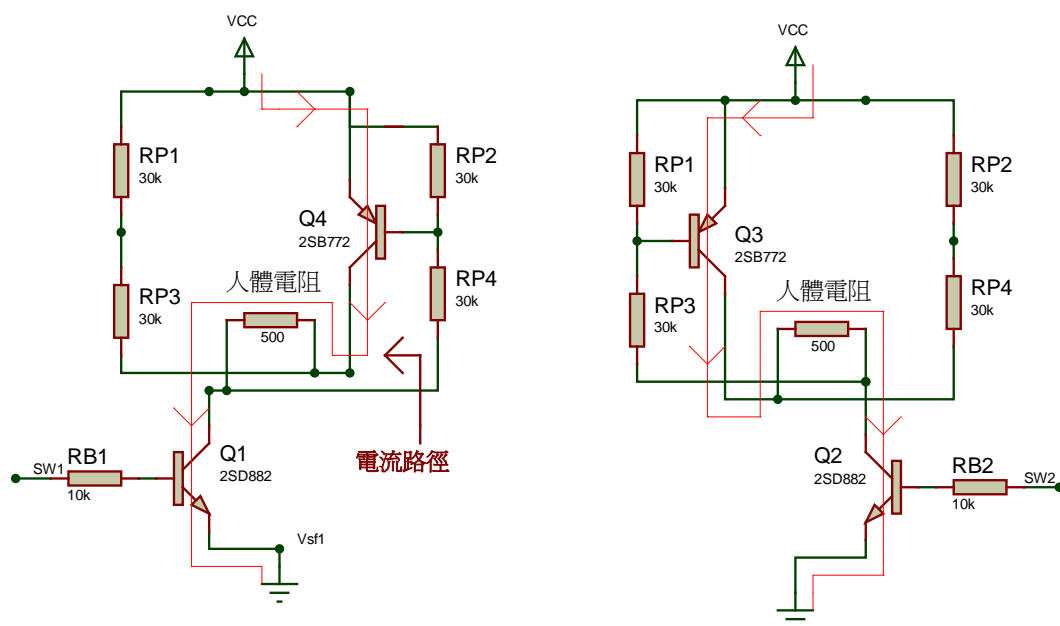


圖 3.1.17 正負電流刺激方向圖

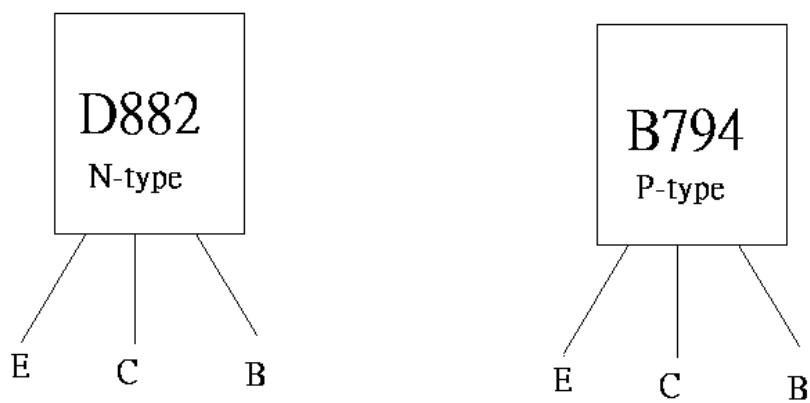


圖 3.1.18 電晶體接腳圖

### 3.1.4 輸出保護電路

如圖 3.1.19 由運算放大器所組成的輸出過電流保護裝置，共分為三個處理級所組成。如下說明：

第一級差動放大器：輸出刺激時電壓跨於皮膚電阻產生電流做電刺激，而流過皮膚電流最後會流過 RSF 電阻流回系統接地，RSF 電阻將產生  $10 \times I$  (伏特) 電壓，再經由差動放大器取出該差值電壓，輸出給下一級作處理。

第二級正向放大器：將第一級輸出的訊號做 4 倍放大，因為輸出電流為毫伏量級，所以必須放大以便給下一級作比較之判斷。

第三級比較器電路： 使用 VR 與 R15 做分壓給 OP 正端輸入( $V^+$ )，( $V^+$ )調整到所需限制電流的電壓值；[電壓值 =  $(10 \times \text{所限制電流}) \times 4$ ]，OP 負端( $V^-$ )則由上一級所提供之輸出，當( $V^-$ )電壓大於( $V^+$ )時輸出低電位至單晶片，單晶片則停止所有刺激電壓輸出，達到保護的作用。

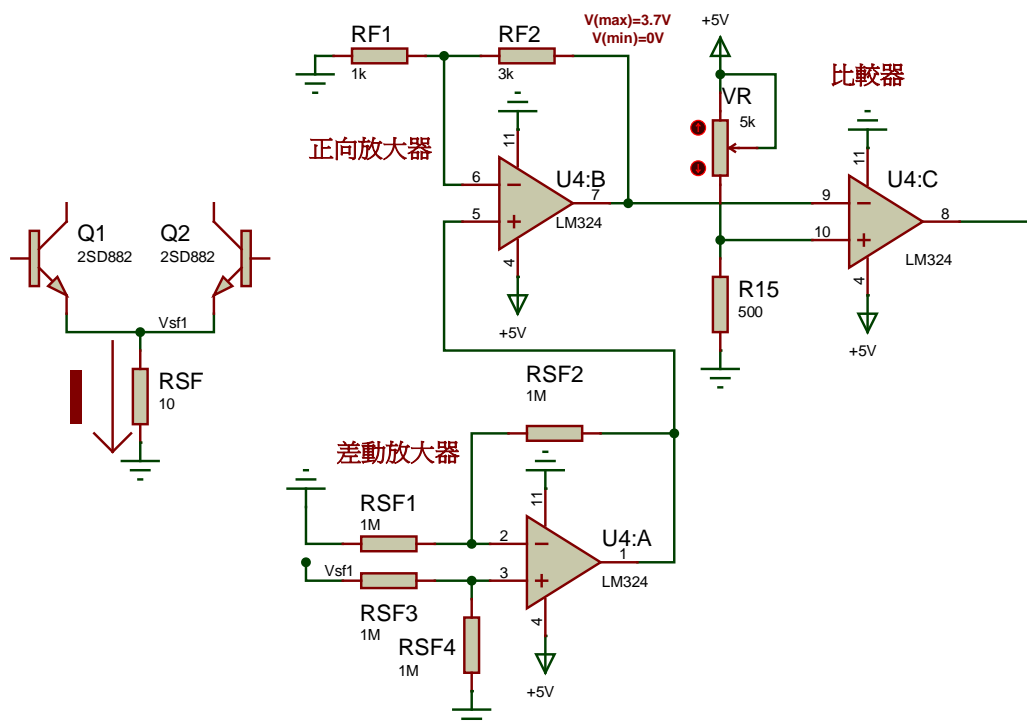


圖 3.1.19 輸出保護電路圖

### 3.1.5 LCD 顯示電路

目前市面上還有許多類似的電刺激器在顯示介面部分，依然使用傳統LED燈號來標示功能選項部份並以旋式按鈕來做控制，使用上沒有液晶顯示幕來得清楚與舒服。因此使用文字LCD來做為人機介面的溝通窗口。

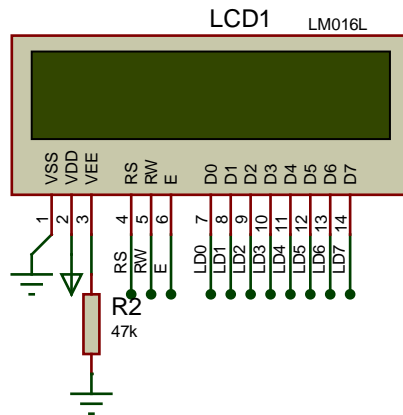


圖 3.1.20 LCD 顯示電路圖

### 3.1.6 數位按鍵電路

按鍵輸入部份，總共可以定義3個數位按鍵輸入，每個按鍵都負責兩種功能的設定，如圖3.1.21所示。

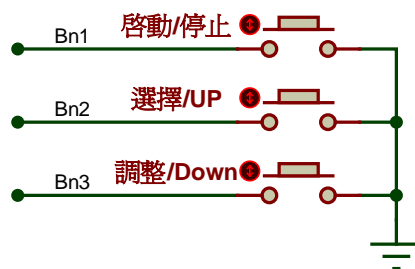


圖 3.1.21 數位按鍵電路圖

### 3.1.7 蜂鳴電路

如圖 3.1.24 所示採用自激式蜂鳴器，而驅動電路使用兩個 NPN 電晶體所組成的基本同型達靈頓電路，以提供蜂鳴器足夠的驅動電流。

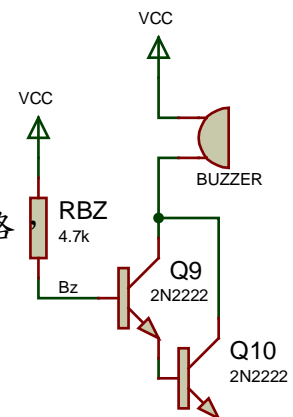


圖 3.1.22 達靈頓蜂鳴電路圖

## 3.2 系統軟體架構

程式控制部份主要以 C 語言來撰寫，本系統軟體的工作包括按鍵動作之掃描、畫面刷新、輸出波形時間等，其主程式流程如圖 3.2.1 所示。當電源啟動時，ATMEL AT89S51 程式即開始執行並設定工作初值狀態，包括中斷功能設定、記憶體規劃、旗標位元設定等。

主程式的流程主要是確認按鍵何時被按下，然後決定將執行的動作，本系統有三個按鍵「啟動/停止」鍵、「選擇/UP」鍵、「調整/Down」鍵；

每一個按鍵說明如下：

- (1) 「**啟動/停止**」按鍵：同一按鍵用來控制輸出刺激是否開始，按第一次則啟動週邊電路開始運作，再次按下則停止運作回到主選單。
- (2) 「**選擇/UP**」按鍵：
  - (a)**選擇**：在主選單中可按選擇來選取所要設定與變動之項目(刺激模式、刺激時間、波寬選擇與蜂鳴器)
  - (b) **UP**：用於系統運行後，控制輸出電壓提高的作用。
- (3) 「**調整/Down**」按鍵：
  - (a) **調整**：在主選單中選擇所要選擇的項目，再經由此按鍵來調整  
刺激模式: mode1(敲槌模式)、mode2(快速敲槌模式)  
mode3(指壓模式)、mode4(推拿模式)。  
刺激時間: 持續、10分鐘、20分鐘、30分鐘。  
波形寬度: 1、2、3、4、5，共5個量級。  
蜂鳴啟動: (Yes/No) 預設為Yes。
  - (b)**Down**：用於系統運行後，控制輸出電壓降低的作用。

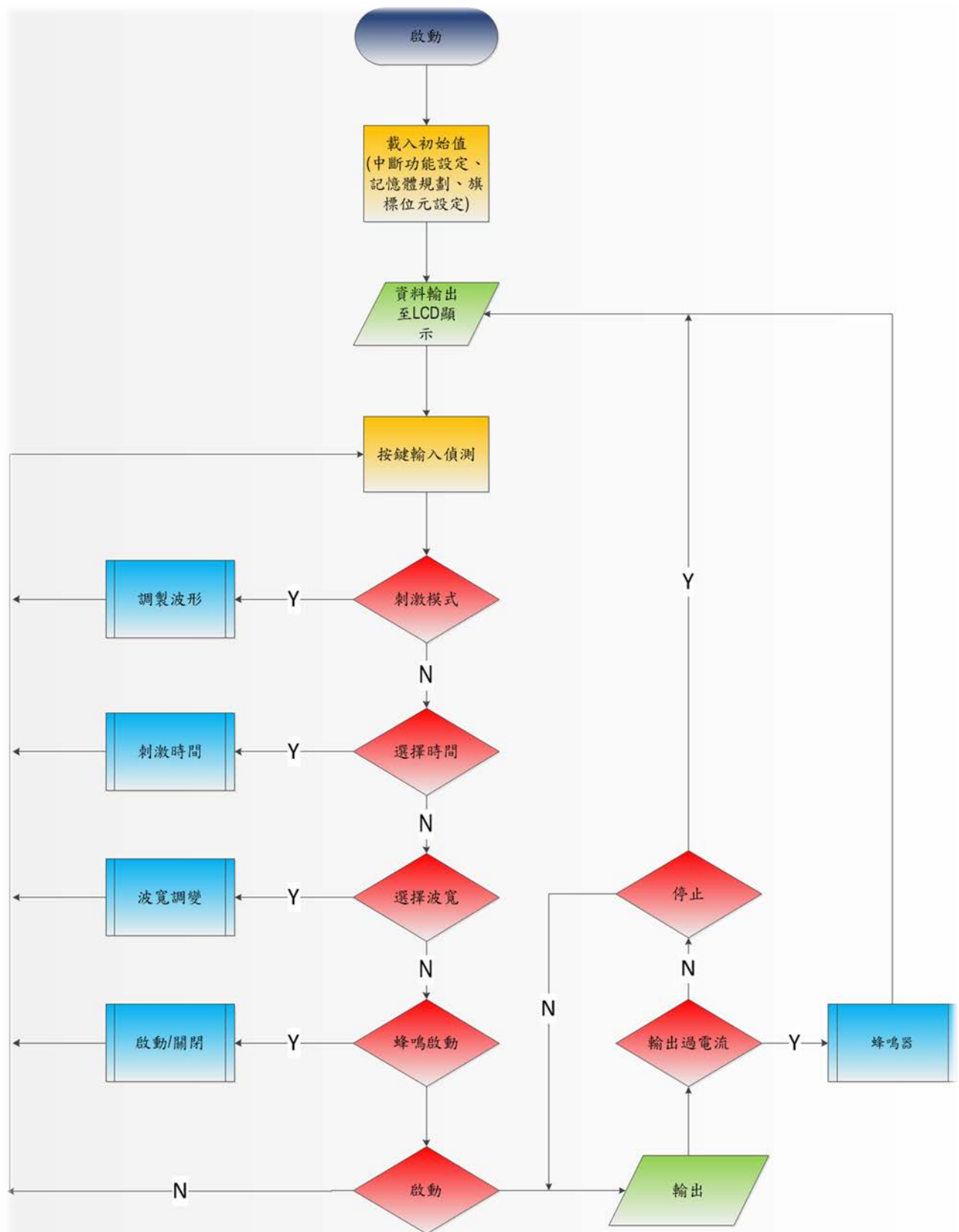


圖 3.2.1 主程式流程圖



## 四、結果與討論

### 4.1 系統測試

系統完成的外觀如圖4.4.1所示，為使用麵包板實現的電刺激器，圖中將各電路單元區塊劃分出來。

- (1) 電源供應來源：DC 5V
- (2) 波寬(pulse width)：0.1ms
- (3) 刺激頻率範圍(frequency range)：2Hz、4Hz、40Hz、60Hz
- (4) 最大輸出電壓(於500 $\Omega$  阻抗下)：45V
- (5) 最大輸出電流(於500 $\Omega$  阻抗下)：90mA

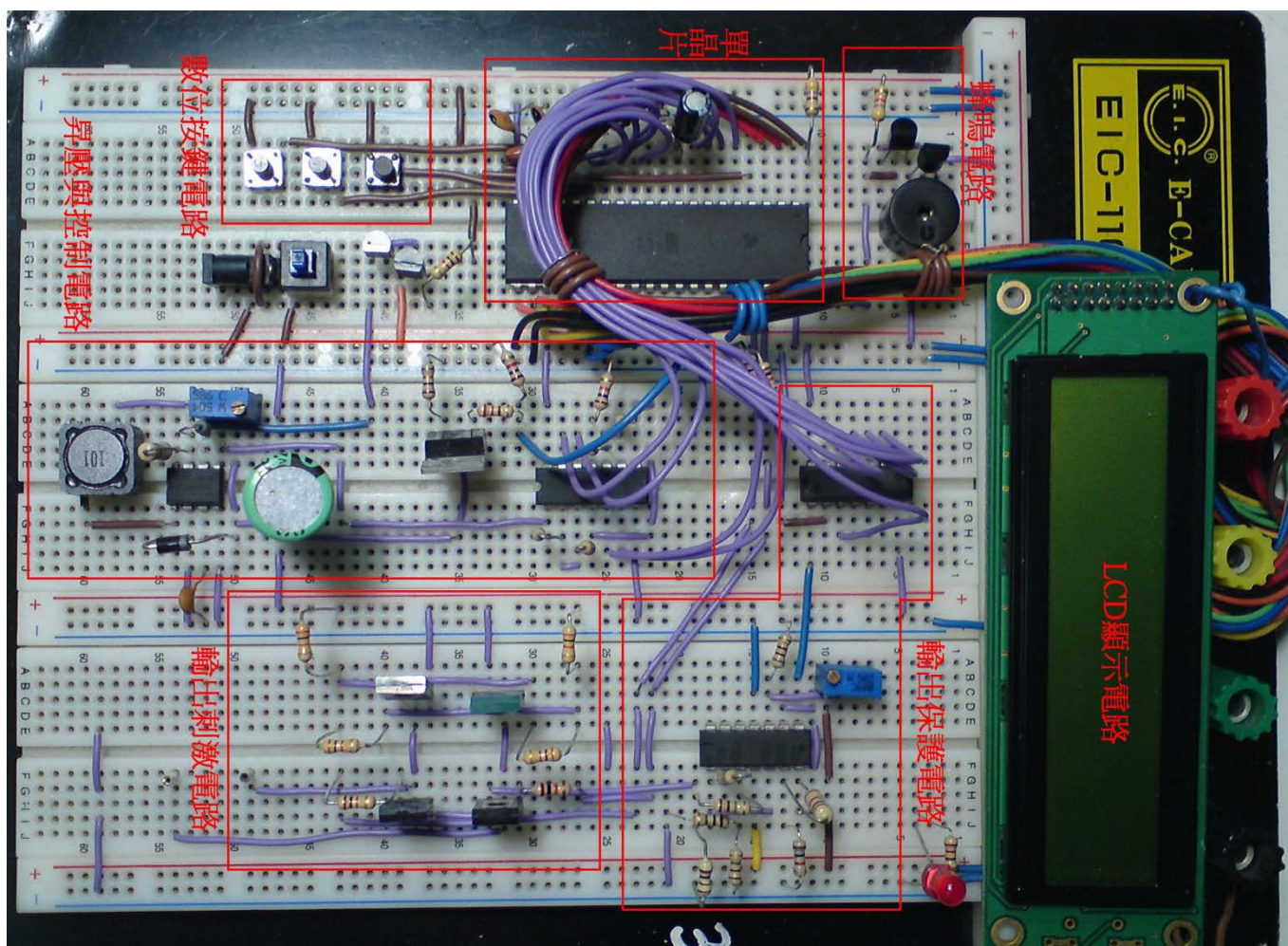


圖 4.1.1 系統硬體麵包板圖



## 4.2 波形調變原理

如圖4.2.1所示，經由單晶片控制產生的PWM波寬與週期(頻率)的設計，本專題採用0.1ms 的波形，以不同波寬搭配不同頻率會有不同的電刺激效果。

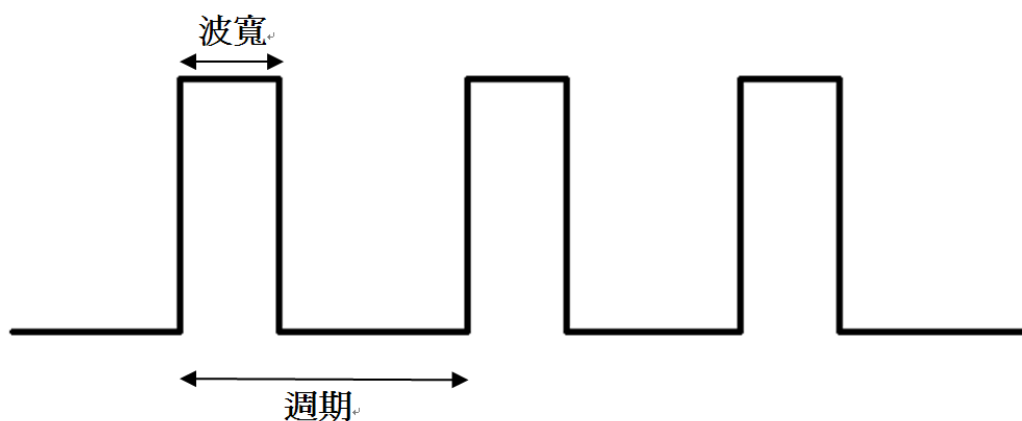


圖 4.2.1 波寬與週期原理圖

如圖4.2.2所示，波形輸出在實際情況上並非理想，頻率越高時上升時間(Rise time)與下降時間(Fall time)將會很明顯，同時也會影響人體電刺激的舒適程度，一般來說電刺激設計為緩和的上升時間與快速的下降時間，會有較好的舒適度。

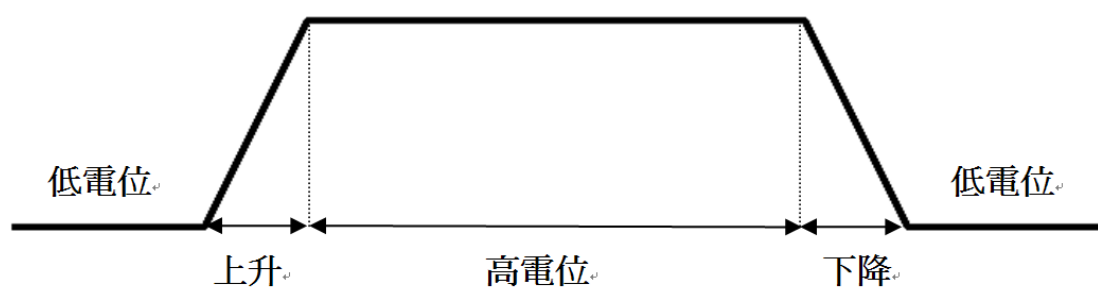


圖 4.2.2 波形調製原理圖

### 4.3 輸出波形測試

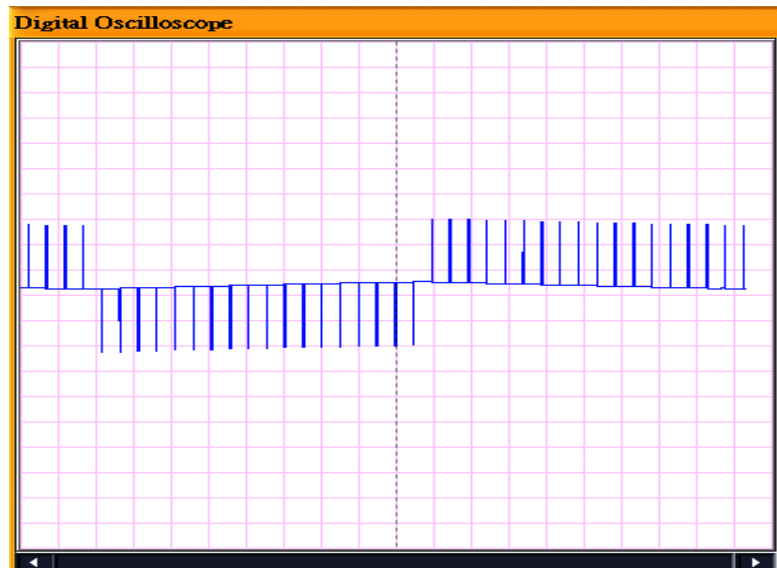


圖 4.3.1 模式 1 模擬之輸出調製波形 (敲槌模式)  
(正向脈波及負向脈波以 18 個刺激為一循環交替輸出)

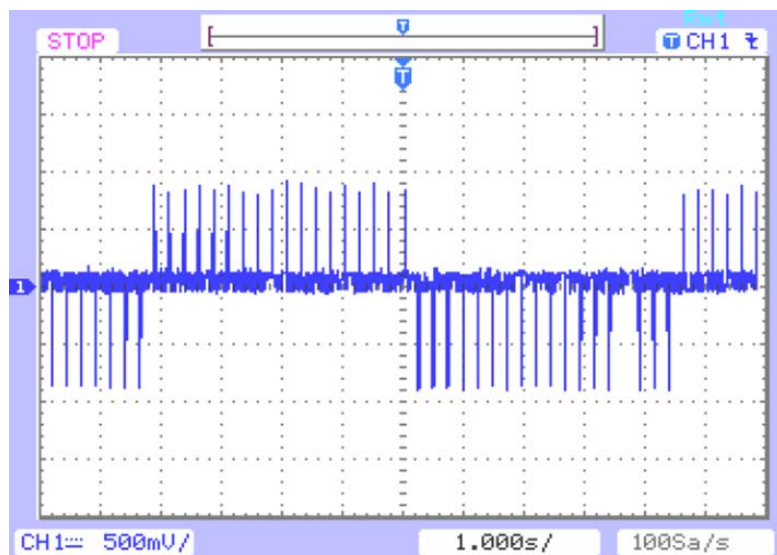


圖 4.3.2 模式 1 示波器 實際測量之波形

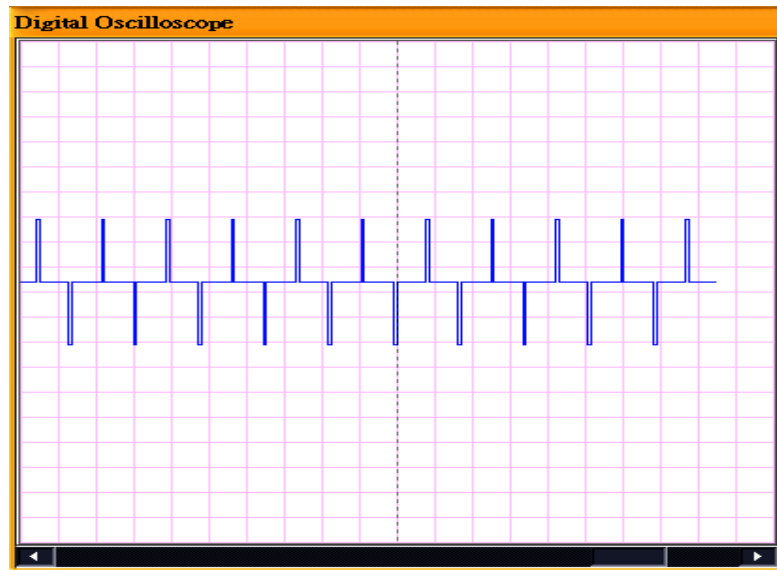


圖 4.3.3 模式 2 模擬之輸出調製波形 (快速敲槌模式)  
(正向脈波及負向脈波刺激為一循環交替輸出)

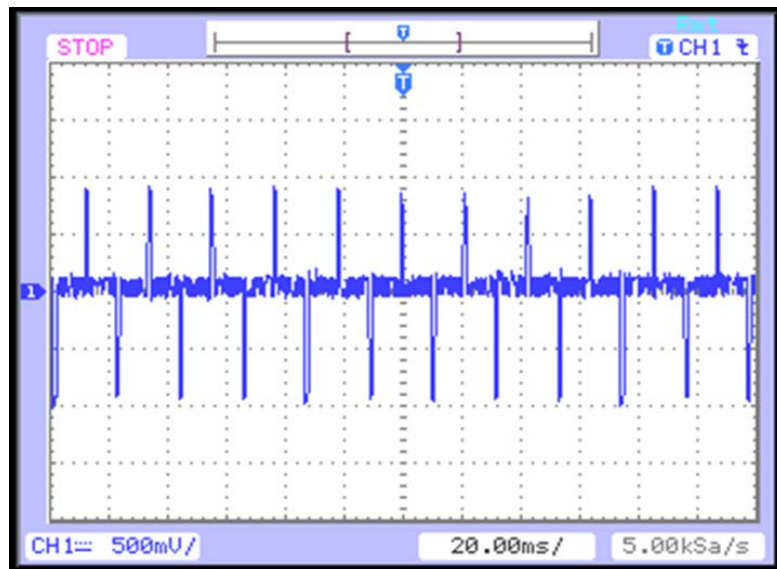


圖 4.3.4 模式 2 示波器 實際測量之波形

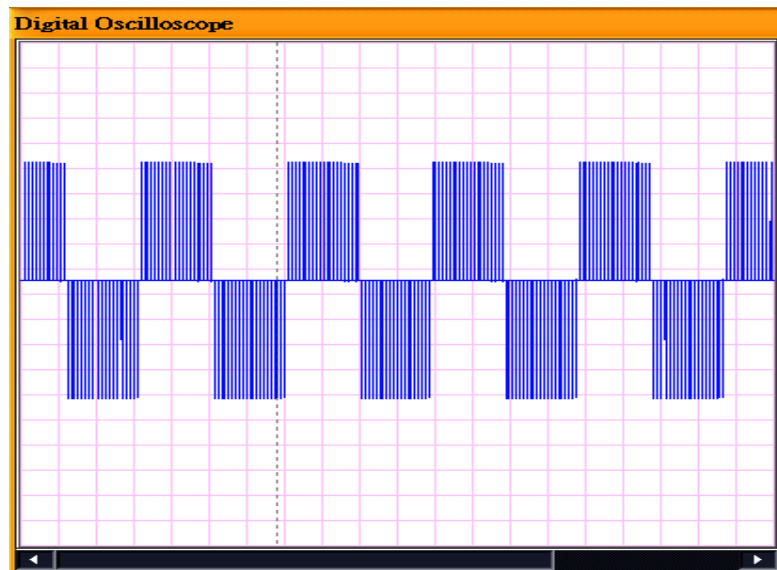


圖 4.3.5 模式 3 模擬之輸出調製波形 (指壓模式)  
(正向脈波及負向脈波以 18 個刺激為一循環交替輸出)

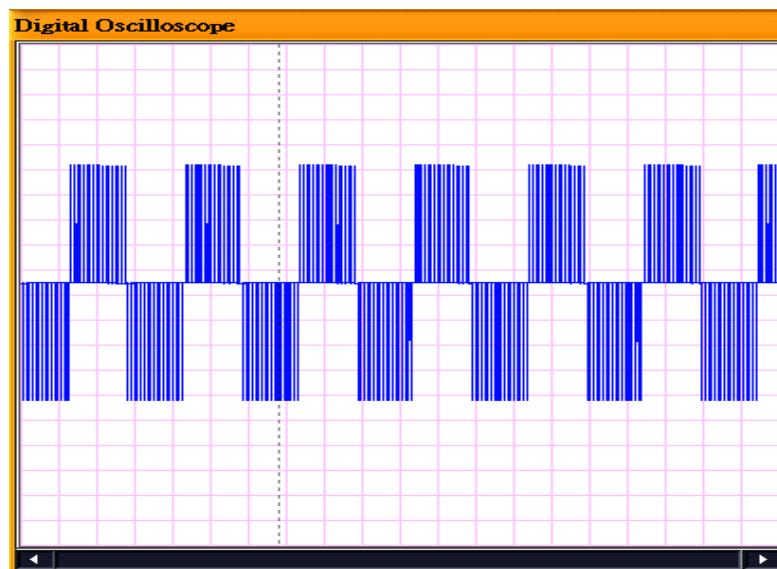


圖 4.3.6 模式 4 模擬之輸出調製波形 (推拿模式)  
(正向脈波及負向脈波以 18 個刺激為一循環交替輸出)

#### 4.4 成品與展示



圖 4.4.1 系統測試 LCD 顯示圖

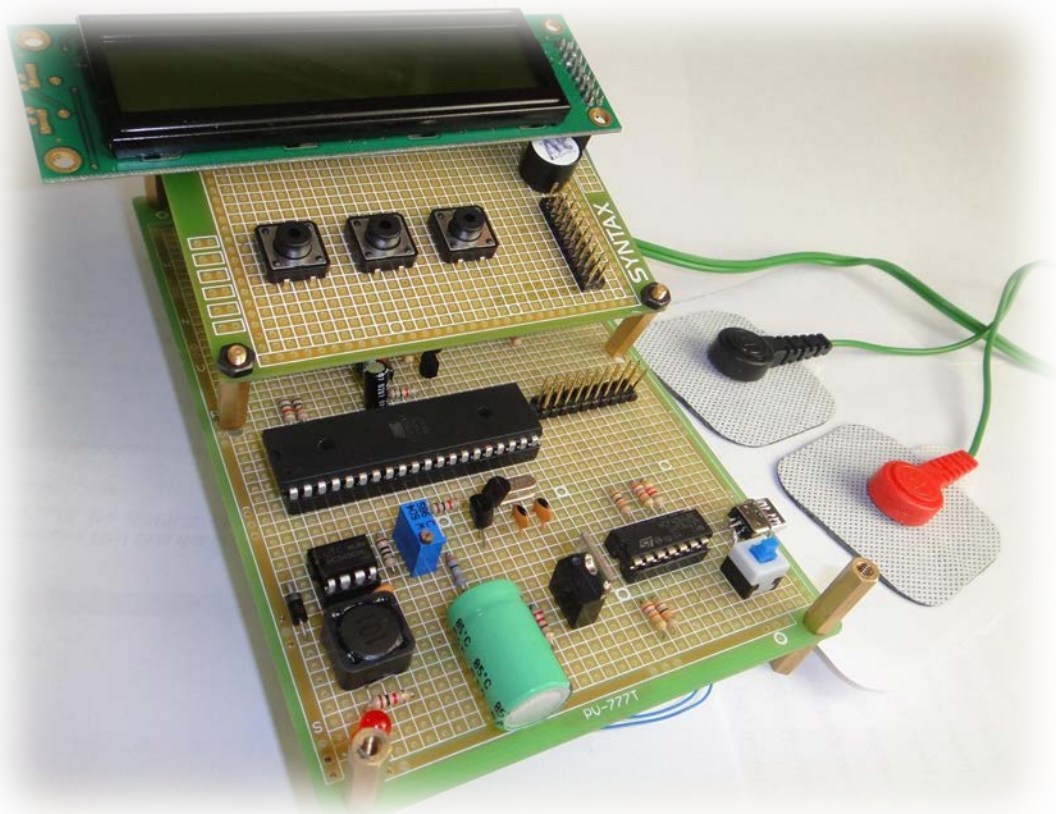
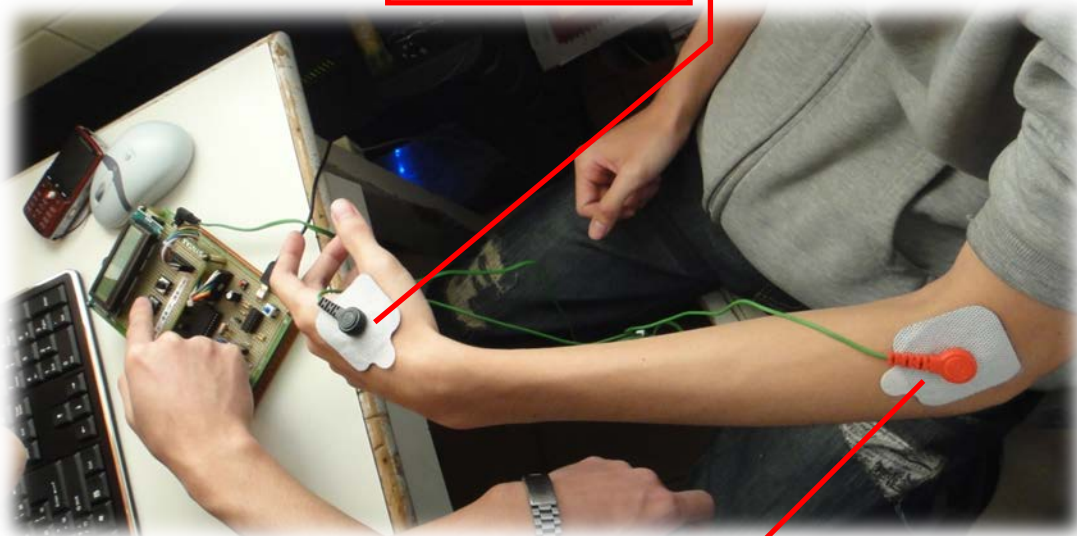


圖 4.4.2 完整系統硬體電路板圖



合谷穴



曲池穴



圖 4.4.3 實際人體試驗測試圖

**合谷穴：**位於手背部位，第二掌骨中點，向食指骨側。

**主治疾病：**中暑、發熱、牙痛、三叉神經痛、所有面部神經痛症等。

**曲池穴：**位於屈肘，肘橫紋盡處。

**主治疾病：**發熱、上肢各種痛症、調血壓、肩背痛、上肢不舉等症。

## 4.5 系統設計與製作心得

這個研究對我們來說是一個挑戰，一開始的資源並不充足，只早期夜間部學長所留下的小型電療機，使用基本電子電路控制，但不是很穩定且電療輸出電量會不穩定忽大忽小的情況，因此我們就沒有採用學長他們的再方式繼續做下去了，而是採用較精確且強大的單晶片去設計，也可以有靈活的變化空間，但電療機資料不多，且有些資料為商業用途而無法取的資料，因此只能從碩博士論文中學習電刺激知識，在由基本電刺激原理先下手設計。

在電路設計方面碰到的問題較多，在電路設計方面對於電力昇壓方面，一開始使用基本 Boost 直流昇壓電路來做刺激用的輸出電壓，但設計實驗後結果並不太符合需求，因此最後改用現成的直流升降壓的積體電路(IC)來做應用，也得到比較符合需求的結果，再來就將周邊電路個別設計測試完成後，最後組合起來做調整與校正。

## 五、 結論與未來展望

在專題設計與研究方面，我們利用單晶片微處理器強大的內建功能及軟體控制特性，來設計硬體線路，並發展研究各種刺激模式、輸出電壓與頻率之間的相關特性，找出最適當的刺激模式。

在本專題的低週波定電壓電刺激系統已初步完成，也包含了基本的刺激波形。但是不論在硬體或是軟體方面均還有許多可以改進的空間，仍有缺點與不足之處，在此提出幾點討論，期待未來在電刺激系統的應用上，發展出更符合使用者與臨床實驗者需求的電刺激器系統，能夠有更完備的刺激波形且有更良好的療效。

- (1) 電源供應方面：目前使用電源為+5V，希望未來可以降低所需電源電壓，可使產品小型化，有助於便利攜帶性，但電刺激為一耗電的設備，因此在這互相衝突的條件下，還值得更進一步研究。
- (2) 刺激波形與模式方面：目前整個電刺激系統包含基本的刺激波形與模式，但刺激模式與波形稍嫌不足，未來可以依照不同的症狀及復健應用來增加其他的刺激模式，並且搭配醫學文獻的探討，找出最適當的刺激模式。亦可以自行設計波形，讓電刺激在醫學復健的研究上的應用更廣泛。
- (3) 人機介面部分：本系統在操作介面部分使用文字型液晶顯示幕，使用者可以很容易的瞭解系統工作的狀態，在未來可以考慮使用觸控式圖形液晶顯示幕來呈現，可以在圖形的設計上加入更多的變化，亦可節省數位按鍵控，讓使用介面更為方便友善。
- (4) 定電壓部份：本電路應用DC/DC Converter產生定電壓，在由電壓跨壓在人體電阻上來產生刺激電流，但定電壓在大面積刺激上必須要較大電壓才能產生足夠的刺激電流，有時甚至必須要高達幾百伏特，對於低電壓要昇壓到上百伏特電壓也是一大挑戰，未來可以改為定電流刺激方式，來產生足夠且穩定的電刺激電流。
- (5) 輸出方面：目前專題電刺激輸出只提供一組輸出，未來可以增加更多組輸出可對特定區域做精確的電刺激。



## 參考文獻

- [1] 林良士，“中頻與低頻經皮神經電刺激系統之研製”，碩士論文，電機工程學系，國立成功大學，2004。
- [2] 許善華，“調制中頻電刺激器之研製及應用與疼痛治療之評估”，碩士論文，醫學工程學系，私立中原大學，2004。
- [3] 曾睿士，“改良型功能性電刺激系統”，碩士論文，電機工程研究所，國立台灣大學，2002。
- [4] 王仁強，“疼痛物理治療”，林口長庚復健科物理，2010。
- [5] 黃建智、曾聰懿“穴道電刺激”，學士論文，電機工程學系，私立台南科技大學，2009。
- [6] 陳隆政，“可程式化神經肌肉穴位電刺激器”，碩士論文，醫學工程學系，私立中原大學，1993
- [7] 戴吉炫，“經皮電刺激器之數位類比轉換和輸出電路設計”，碩士論文，電子工程學系，私立中原大學，1996。
- [8] 魏如良，“應用於電刺激貼片之新型電流輸出驅動電路設計”，碩士論文，電子工程學系，私立中原大學，1995。
- [9] 程皓白，“中頻調制定電流電刺激器系統之實現”，碩士論文，電子工程學系，私立義守大學，2006。
- [10] 洪鴻然，“電療機”，專題製作，電子工程學系進修部，私立崑山科技大學，2008。
- [11] 蔡美文，不同電流型式之舒適度比較，中華物療誌，1993。
- [12] 黃建智、曾聰懿、陳柏峯，穴道電刺激，專題製作，私立南台科技大學，2009。
- [13] 黃豪銘，醫用電子學，高立圖書有限公司，1999。
- [14] 林伸茂，8051單晶片徹底研究，旗標出版股份有限公司，2002。
- [15] 陳明榮，單晶片8051 KEIL C實作入門，松崗文魁，2010。
- [16] 黃良充，單晶片微電腦原理與實習，第三波文化事業，1996。
- [17] 詹遠華，電療學，大學圖書出版社，1994。
- [18] Sedra/Smith，Microelectronic Circuits 5th，臺北圖書，2004。

## 附錄A 系統主程式

<pre>#include &lt;reg51.h&gt; #include "lcd.h" #include "wave data.h" #define True 1 #define False 0 #define key_scan (0x70 &amp; (~P3))  sbit Speak = P0^0; sbit converter = P1^3; sbit discharge = P0^7;  void show(char,char,char*); void Speakcase(unsigned char loop1,loop2,t1,t2,t3); void showmain(); void runtimer(); void choicecase(); void selectcase(); void Mainmenu(); void scankey(); void showtime(); void outputdata(); show(0,0,"Welcome");</pre>	<pre>unsigned int x50ms = 0; time = 0; unsigned char selectdata[3] = {0,0,0}; unsigned int code selecttimer[] = {1,20,30,0}; unsigned int code powerdata[] = {0x00,0xE0,0x10,0x50,0xD0,0x30,0xB0,0x70}; unsigned char code dutydata[] = {10,20,30,40,50}; unsigned char code speakdata[] ="NY"; unsigned char Cursor = 0,dutysset = 0,key = 0 ,power = 0; bit TRen = 0,Enable = 0,key_enable = 1,hold = 1,speak_enable = 1,time_enable = 0; void main() {      P0 = P2 = 0x00; // (I/O)初始值設定     P1 = 0x0f;     P3 = 0xff;      IE = 0x82;      //TIMER0 致能     TMOD = 0x01;    //TIMER0 為 mode1 計時     PT0 = 1;        //設定 TO 中斷優先      LCD_Reset();    //LCD 重置     delay_25us(50); //delay 1.25ms</pre>
---	---

```

show(1,0,"Press any key");

while(~(P3) == 0); //任意鍵繼續

showmain(); // 主選單顯示
while(1)
{
    if(Enable == True)//啟動電刺激輸出
    {

        if(time != 0 && time != 0x80)//是否為連續刺激或定時刺激
        {
            TR0=1; //啟動 Timer0

        }
        else;

        showtime();//動態時間顯示

        outputdata();

    }
    else

        Speakcase(3,3,20,100,300);

```

```

{
    scankey();

    if(key_enable==1)
    {
        key_enable=0;
        Mainmenu();
    }
}

if(TRen == True)//時間到
{
    if(Enable == False)
    {
        Speakcase(1,1,20,0,0);
    }

    else
    {
        if(selectdata[1] >= 4);

        else
        {
            time = (selectdata[1]*60);
        }
    }
}

```

```

    }

    showmain();

    selectcase();

    TRen = Enable = 0 ;
}
}
}
void show(char x, char y,char* z)
{
    LCD_GotoXY(x,y);

    LCD_Print_Str(z);
}
/*=====20m*50 = 1s 時間中斷副程式=====*/
void T0_int(void) interrupt 1
{
    if( x50ms-- == 0 )
    {
        x50ms = 20;

        TL0 = ( 65536 - 50000) % 256; //將低 8 位元計數值存入 TL0
        delay_25us(50);

```

```

        TH0 = ( 65536 - 50000 ) / 256; //將高 8 位元計數值存入 TH0

        --time;

        time_enable = 1;
    }

    if(time == 0)
    {
        P0 = 0x00; //關閉輸出電路
        P1 = 0x0f; //關閉昇壓控制電路與昇壓器
        power = 0;
        discharge = 1; //啟動放電
        EX0 = EX1 = 0;
        TR0 = 0;
        TRen = 1;
    }
}

/*=====主選單顯示副程式=====*/
void showmain()
{
    LCD_Clear_Display();
    LCD_GotoXY(1,14);

```

```

show(0,0,"Mode");
LCD_GotoXY(0,5);
LCD_Put_Dec(selectdata[0]);

show(1,0,"Timer:");
LCD_GotoXY(1,6);
if(selectdata[1] >= 4)
    { LCD_Print_Str("**");}

else if(selectdata[1] == 0)
{
    LCD_Put_Dec(selectdata[1]);
}

else
{
    LCD_Put_Dec(selecttimer[selectdata[1]-1]);
}
show(0,9,"duty:");
LCD_GotoXY(0,14);
LCD_Put_Dec(selectdata[2]);

show(1,9,"Spk:[ ]");

```

```

LCD_SendData(speakdata[speak_enable]);
}
/*=====輸出顯示副程式=====*/
void runtimer()
{
    LCD_Clear_Display();
    delay_25us(50);

    show(0,2,"Timer:");
    LCD_GotoXY(0,9);

    if(selectdata[1] >= 4)
    {
        LCD_Print_Str("**.*");
    }
    else
    {
        LCD_Put_Dec(time/60);
        LCD_Print_Str(":");

        LCD_GotoXY(0,12);
        LCD_Put_Dec((time%60));
    }

    LCD_Clear_Display();
}

```

```

show(1,0,"[In use]");

show(1,9,"Adj:");
LCD_GotoXY(1,13);
if(power == 0){power++;}
LCD_Put_Dec(power);

}
/*=====INT0 外部中斷副程式=====*/
void EX0_int(void) interrupt 0 //INT0 中斷函數 0
{
    key = P3 & 0x80;

    EX0 = EX1 = 0; //禁能 INI0 INI1

    TR0 = 0; TRen = 1;
    Enable = False;
    P0 = 0x00; //關閉輸出電路
    P1 = 0x0f; //關閉昇壓控制電路與昇壓器
    discharge = 1; //啟動放電
    power = 0;

    if(key == 0x80)
    {
        {

```

```

delay_25us(50);

show(0,0,"Warning");

show(1,0,"Over Current!!!");

Speakcase(5,5,20,100,300);

delay_ms(3000);

    key = 0;
}

else;
}
/*=====INT1 外部中斷副程式=====*/
void EX1_int(void) interrupt 2 //INT1 中斷函數 2
{
    key = key_scan;

    if(key == 0x10) //停止鍵

        {

```

<pre> EX0 = EX1 = 0;//禁能 INT0 , INT1 中斷 TR0 = 0;TRen = 1; Enable = False; P0 = 0x00; //關閉輸出電路 P1 = 0x0f; //關閉昇壓控制電路與昇壓器 discharge = 1; //啟動放電 power = 0; }  if(key == 0x20    key == 0x40) //電壓控制鍵    Up &amp; Down {     unsigned char px = power;      if(key == 0x20)         power++;      else if(key == 0x40)         power--;      else    key = 0;     if(power &gt;= 9    power &lt; 1)         key = 0; </pre>	<pre>         power=1;     }      else;     //////////////////////////////////////     if(px &gt; power) //電壓往下調     {         P0 = 0x00; //關閉輸出電路         converter = 1; //轉換器關閉         discharge = 1; //啟動放電         delay_ms(3);         discharge = 0; //關閉放電         converter = 0; //轉換器關閉,     }      else if(px &lt; power) //電壓往上調     {         P0 = 0x00; //關閉輸出電路     }      else if(px != power)     {          P1 = powerdata[power-1];         if(selectdata[0]!=0 &amp;&amp; selectdata[1]!=0 &amp;&amp; selectdata[2]!=0) </pre>
--	--

<pre>         LCD_GotoXY(1,13);          LCD_Put_Dec(power);          delay_ms(300);          Speakcase(1,1,20,0,0);     }      else;  }  }  /*=====主選單項目選擇副程式=====*/ void Mainmenu() {      switch (key)     {         case 0x10: //啟動鍵          break; </pre>	<pre>     {          Enable = True;          TRen = False;          LCD_Display_On_Cursor_Off();          runtimer();          discharge = converter = 0;          delay_ms(1000);          EX0 = EX1 = 1;  IT0=IT1 =1; ///致能 INT0 ，INT1 中斷     }      break;      case 0x20: //選擇          selectcase();          switch (Cursor) </pre>
---	---



<pre>         case 0x40: //調整/強度              choicecase();          default:              key = 0;              break;      }      Speakcase(1,1,20,0,0);  }  /*=====游標位置副程式=====*/  void selectcase() {      if(TRen == 1);      else if(++Cursor&gt;4){Cursor =1;} </pre>	<pre>     {          case 1:              LCD_GotoXY(0,6);              LCD_Display_On_Cursor_ON_NOBlink();              break;          case 2:              LCD_GotoXY(1,7);              LCD_Display_On_Cursor_ON_NOBlink();              break;          case 3:              LCD_GotoXY(0,15);              LCD_Display_On_Cursor_ON_NOBlink();               selectdata[0]++; </pre>
--	--

<pre>                 break;              case 4:                 LCD_GotoXY(1,14);  LCD_Display_On_Cursor_ON_NOBlink();                  break;              default:                 Cursor = 0;                  break;          }     } /*=====主選單項目選擇副程式=====*/ void choicecase() {     switch (Cursor)     {         case 1:                  if(selectdata[1]==4) </pre>	<pre>                 if(selectdata[0]&gt;=6) { selectdata[0]=1;}                  LCD_GotoXY(0,5);                  LCD_Put_Dec(selectdata[0]);                  LCD_GotoXY(0,6);                  LCD_Display_On_Cursor_ON_NOBlink();                  break;              case 2:                  selectdata[1]++;                  if(selectdata[1]&gt;=5) { selectdata[1]=1;}                  else;                  LCD_GotoXY(1,6);                  speak_enable=~speak_enable; </pre>
---	--

<pre> {     LCD_Print_Str("***");      time=0x80; }  else { LCD_Put_Dec(selecttimer[selectdata[1]-1]);  time=(selecttimer[selectdata[1]-1]*60); }  LCD_GotoXY(1,7);  LCD_Display_On_Cursor_ON_NOBlink();  break; case 4:  LCD_Display_On_Cursor_ON_NOBlink(); </pre>	<pre> LCD_GotoXY(1,14);  if(speak_enable==1) {LCD_SendData(speakdata[speak_enable]);}  else {LCD_SendData(speakdata[speak_enable]);}  LCD_GotoXY(1,14);  LCD_Display_On_Cursor_ON_NOBlink();  break; case 3:     selectdata[2]++;      if(selectdata[2]&gt;=7) {selectdata[2]=1;}  LCD_GotoXY(0,14);  LCD_Put_Dec(selectdata[2]);  LCD_GotoXY(0,15);  delay_ms(t1); </pre>
--	--

```

                dutyset=(dutydata[selectdata[2]-1])*0.1;

                break;
        default:

                break;

        }

}

/*=====蜂鳴器聲音副程式=====*/
void Speakcase(unsigned char loop1,loop2,t1,t2,t3)    //蜂鳴器
{
    int k,l;

    if(speak_enable == 1)
    {
        for(k=0 ; k< loop1 ; k++)
        {
            for(l=0 ; l< loop2 ; l++)
            {
                Speak=True;

            }

            key_enable=0;

```

```

                Speak=False;

                delay_ms(t2);

            }

            delay_ms(t3);

        }

    }

/*=====解彈跳副程式=====*/
void scankey()
{

    key = key_scan;

    delay_ms(30);

    while(key == ~P3){delay_ms(20);}

    if(key == 0x00 && hold != 0)

/*=====動態計時時間顯示副程式=====*/

```

```

    hold=0;

}

else if(key != 0x00 && hold == 0)
{
    key_enable=1;

    hold=1;

}

else;
}

```

```
void outputdata()
```

```

void showtime()
{
    if(time_enable == 1)
    {
        LCD_GotoXY(0,9);

        LCD_Put_Dec(time/60); //取分

        LCD_GotoXY(0,12);

        LCD_Put_Dec(time%60); //取秒

        time_enable = 0;
    }

    else
        time_enable = 0;
}

```

```
Enable = False;
```

```
{
    switch (selectdata[0])
    {
        case 1:
            mode1();
            break;

        case 2:
            mode2();
            break;

        case 3:
            mode3();
            break;

        case 4:
            mode4();
            break;

        case 5:
            mode5();
            break;

        default:
```

```
        break;
```

```
    }
```

```
/*=====END=====*/
```

## 附錄B 系統電路圖

