

修平科技大學 電機工程系

實務專題報告書 (簡易)防身電擊棒研製



指導老師 ：程兆龍 老師

專題製作學生：四電四乙 吉有程 BD99097

中華民國 103 年 七 月 三十一 日

摘要

現今社會雖然比以前進步許多，但是在犯罪上仍然在發生，在沒有攝影機的暗巷，獨身女性往往都是受到傷害的一方，甚至在吵雜的夜市都會發生攻擊事件，如果隨身攜帶小型電擊棒，能有效嚇阻歹徒攻擊，起到自衛防身的效果。

本專題利用 IC555 振盪電路產生(聲頻)震盪信號再用聲頻變壓器以及電壓倍增電路取得高電壓低電流輸出脈波，以此產生”電擊棒”的效果。又因為電路相對於市售電擊棒簡單，故可視為簡易防身電擊棒。現今市面上的電擊棒較為昂貴，而且電壓都是 50 萬伏特以上的電壓起跳，根據研究結果，其實只需要幾千到一兩萬伏特的電壓就可達到防身嚇阻的作用了。

目錄

摘要	P2
第一章 導論	P4
1-1 架構	P4
1-2 電路圖	P5
1-3 機構設計	P6
1-4 材料表	P7
第二章 使用工具介紹	P8
2-1 NE555 振盪器工作原理與介紹	P8
2-2 整流電路	P18
2-3 脈衝變壓器	P22
2-4BD679NPN 達林頓功率晶體	P24
第三章 高電壓與電流人體危害	P25
第四章製做過程與成品展示	P29
第五章結論	P34
第六章 參考文獻	P35

第一章 導論

1-1 架構

本專題主要分為三大部分 NE555 振盪器/計時器電路、整流及電壓倍增電路與聲頻/脈衝變壓器。

系統架構如下圖所示。

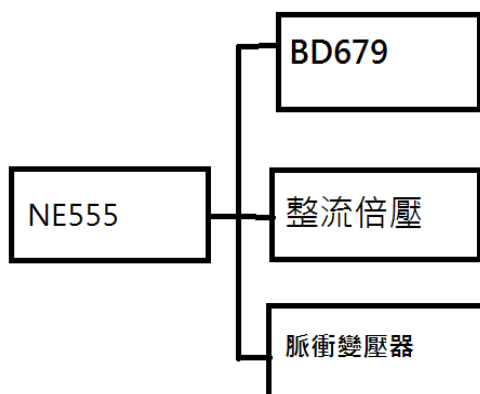


圖 1-1 簡易電擊棒系統架構圖

1-2 電路圖

如下圖所示為簡易電擊棒電路結構圖：

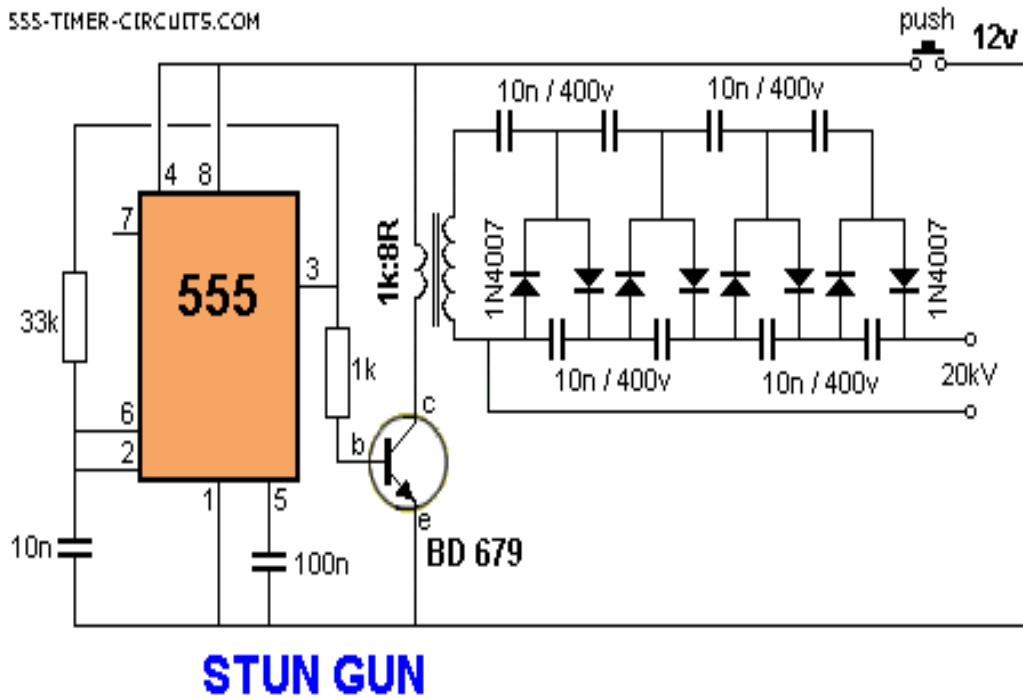


圖1-2簡易電擊棒電路結構圖

簡要說明電路區塊

1. NE555 振盪器電路
2. 功率晶體/達靈頓電晶體放大器
3. 聲頻/脈衝變壓器
4. 整流/倍壓電路
5. (未列出之保護電路→電晶體基極限流電阻+集極限流保護可變電阻)

1-3 機構設計(電路配置)

如圖所示為麵包板上的電擊棒電路元件配置：

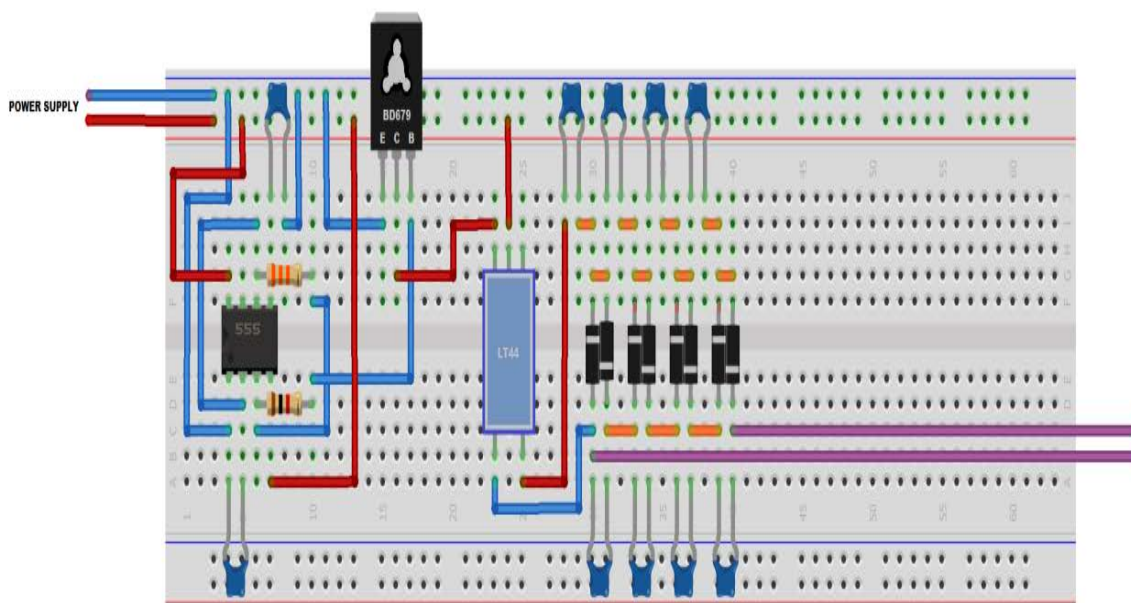


圖1-3 電擊棒電路元件配置圖

簡要說明配置原則

1. 便於識圖
2. 便於電路維護
3. 區分功能區塊
4. 配置圖可能之缺陷
5. 保護電路/元件放置

1-4 材料表

表 1-1 簡易電擊棒製作使用元件/材料

項目	品名	規格	數量
1	電池	12V	1
2	555 計時器		1
3	陶瓷電容	10n/630V	9
4	陶瓷電容	100n/400V	1
5	脈衝變壓器	1.2K:8R	1
6	電晶體	1N4007	8
7	電阻	1K	1
8	電阻	33K	1
9	觸式開關		1

第二章 電路元件介紹

2-1 NE555振盪器工作原理與介紹

NE555 振盪器是一種集成電路晶片，常被用於計時器、脈衝發生器和振盪電路。555 可被作為電路中的延時器件、觸發器或起振元件。

NE555 振盪器可工作在三種工作模式下：

- 單穩態 模式：在此模式下，555 功能為單次觸發。應用範圍包括計時器，脈衝丟失檢測，反彈跳開關，輕觸開關，分頻器，電容測量，脈衝寬度調製（PWM）等。
- 無穩態 模式：在此模式下，555 以振盪器的方式工作。這一工作模式下的 555 晶片常被用於頻閃燈、脈衝發生器、邏輯電路時鐘、音調發生器、脈衝位置調製（PPM）等電路中。如果使用 熱敏電阻 作為定時電阻，555 可構成溫度感測器，其輸出信號的頻率由溫度決定。
- 雙穩態 模式（或稱 施密特觸發器 模式：在 DIS 引腳空置且不外接電容的情況下，555 的工作方式類似於一個 RS 觸發器，可用於構成鎖存開關。

本專題則是利用 555 IC 在無穩態多諧振盪的模式下工作，利用 RC 充放電來決定其震盪頻率。555 是一個 8 個 pin 腳的 IC，其腳位分配如下述圖表所示：

表2-1 555 IC接腳功能特性說明

引腳	名稱	功能
1	GND (地)	接地，作為低電平 (0V)
2	TRIG (觸發)	當此引腳電壓降至 $1/3 V_{CC}$ (或由控制端決定的閾值電壓) 時輸出端給出高電平。
3	OUT (輸出)	輸出高電平 ($\pm V_{CC}$) 或低電平。
4	RST (複位)	當此引腳接高電平時計時器工作，當此引腳接地時晶片複位，輸出低電平。
5	CTRL (控制)	控制晶片的閾值電壓。(當此管腳接空時默認兩閾值電壓為 $1/3 V_{CC}$ 與 $2/3 V_{CC}$) .
6	THR (閾值)	當此引腳電壓升至 $2/3 V_{CC}$ (或由控制端決定的閾值電壓) 時輸出端給出低電平。
7	DIS (放電)	內接 <u>OC 門</u> ，用於給電容放電。
8	$V+$, V_{CC} (供電)	提供高電平並給晶片供電。



圖 2-1 IC555 實體接腳圖

NE 555 額定特性：

- ~i 供應電壓 4.5-18V
- 供應電流 3-6 mA
- 輸出電流 225mA (max)
- 上升/下降時間 100 ns

動作原理：如圖 2-2(a)(b)所示為 IC 555 作為 RC 震盪器之工作原理：

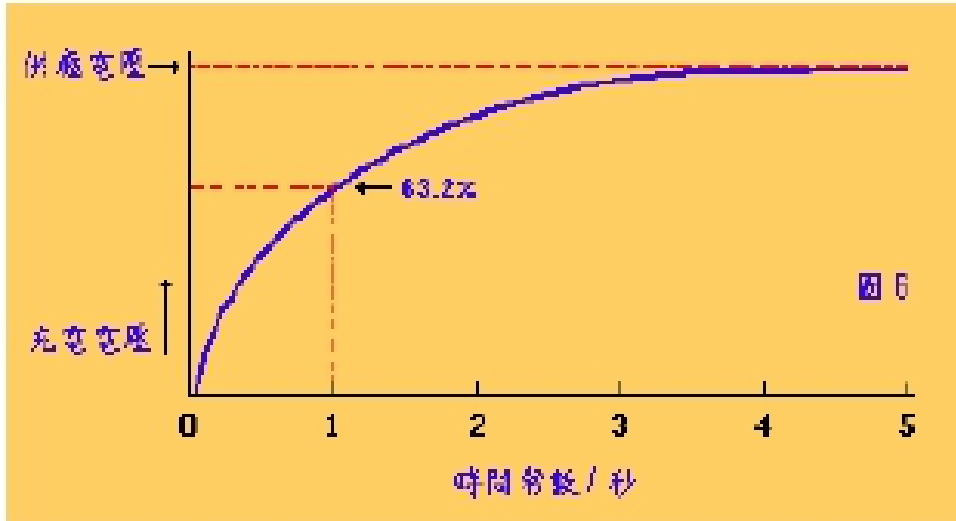


圖 2-2(a) IC 555 之 RC 充電原理

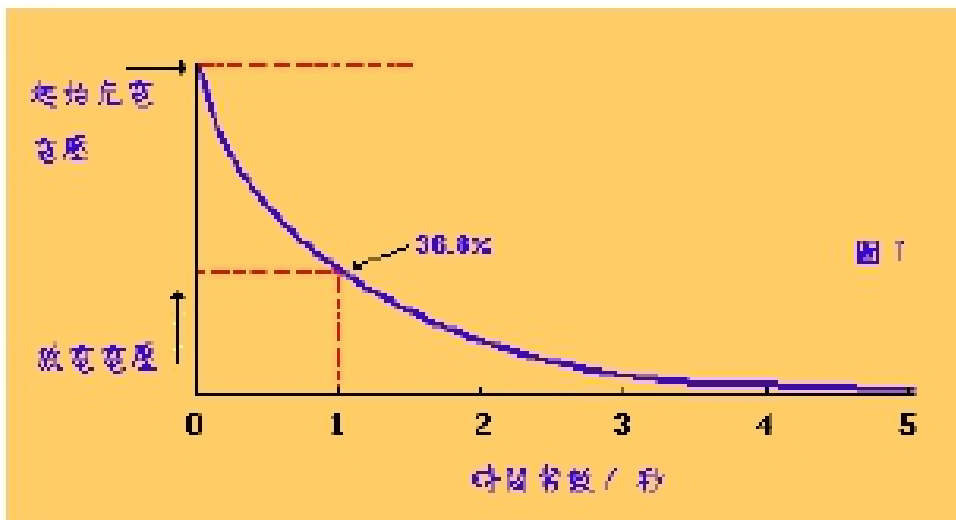


圖 2-2(b) IC 555 之放電原理

注意外部電容決定 On-Off 輸出脈衝周期的長短。充電時間是當電容充電至供應電壓的 63.7% 時 = 一個時間常數，($\tau = RC$)。

模式：

單觸發(單穩態)

震盪器(無穩態)

單觸發(單穩態)：

當輸入端接收觸發脈衝後產生一個固定長度的脈衝輸出。可外加特定的選擇電路改變脈衝輸出的長度。也可用在延遲器設計。輸出脈衝長度取決於 RC。

震盪器(無穩態)：

產生一連續方波。

頻率及周期取決於 RC 的值。

頻率的計算規則：

$$f = 1/(.693 \times C \times (R1 + 2 \times R2))$$

脈衝的 ON 周期為 t1 秒，OFF 周期為 t2 秒，所以 t1+t2 為全周期。

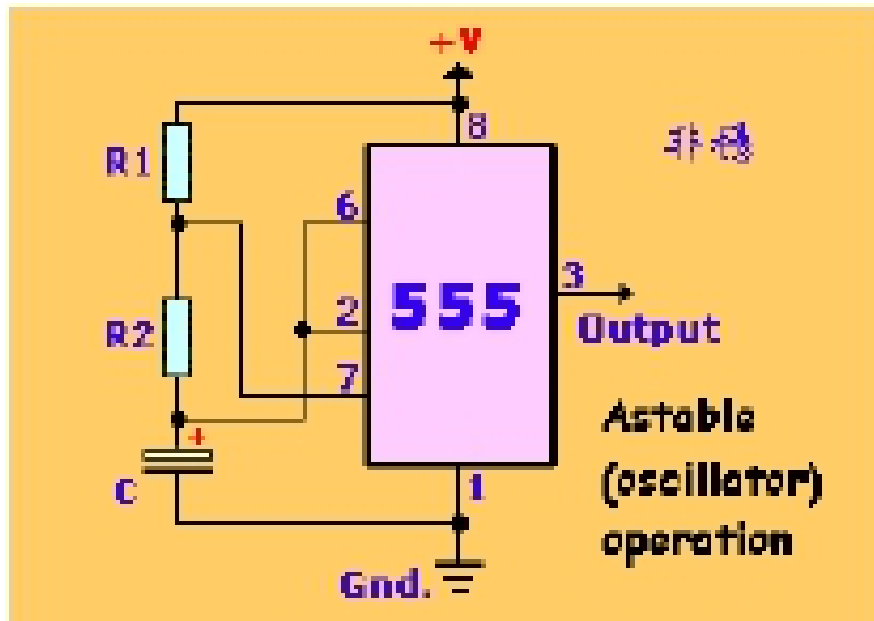


圖 2-3 IC 555 之無穩態震盪器之配置

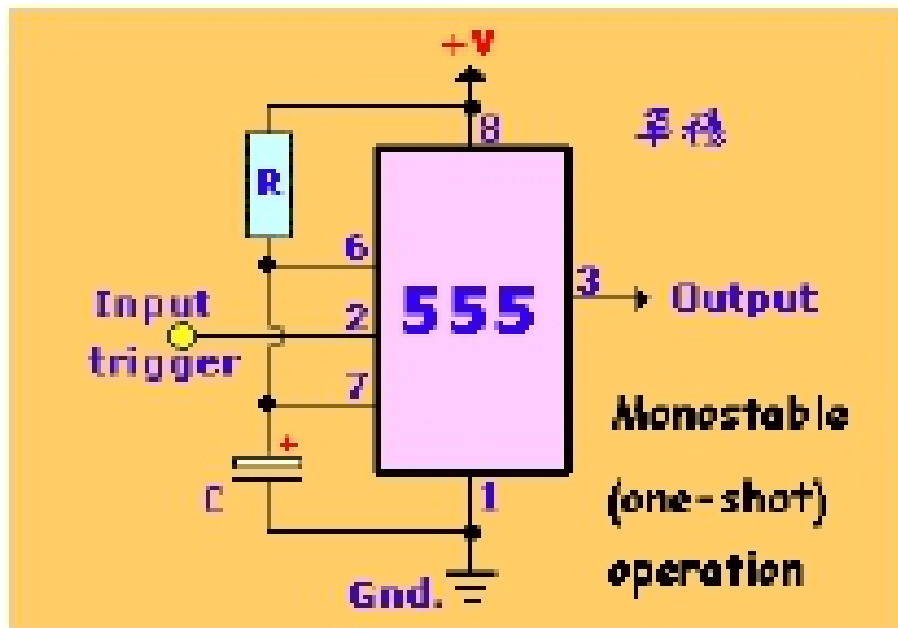


圖 2-4 IC 555 之單穩態觸發器之配置

t1 周期約 55 to 95%。

$$D = t_1/t = (R_1 + R_2) / (R_1 + 2R_2)$$

$$t_1 = .693(R_1+R_2)C$$

$$t_2 = .693 \times R_2 \times C$$

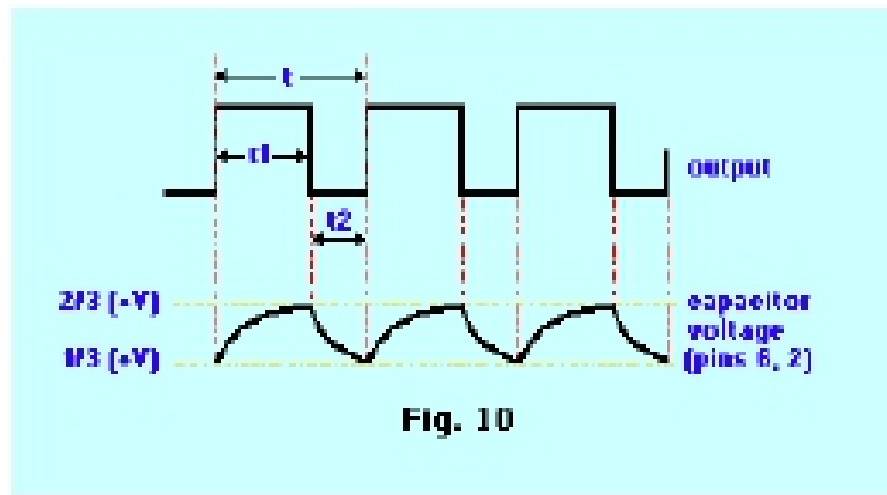


圖 2-5 RC 充放電對應輸出波形

腳位功能：

1: 接地 Ground ，通常為電源的負電。

2: 觸發 Trigger：最少要有 1 μ Second 約 1/3V_{cc} 正電壓脈衝足以觸發，觸發脈衝是一個短暫的高至低的脈衝，輸出為一負脈衝。

觸發的時間須小於 RC 的時間常數，如果這個腳位持續保持在低電位，其輸出會一直到高電位，直到觸發輸入回到高電位。

觸發脈衝不可在大於其 RC 常數的期間內小於 1/3V_{cc}，否則在前一個脈衝終止時會再自我觸發。

單穩輸出脈衝寬度最小不得低於 10 μ Sec.以防止雙重觸發。

通用典型的 DC 電流為 500nA，其觸發的電流必需流通在其他附加的電路，所以 R 不得大於 3M Ω 。

3: 輸出 Output：

提供一個低於供電電壓 V₊約 1.7V 的高態輸出。

上升/下降的時間快速，切換時間約 100 μ Sec.

輸出位準與輸入觸發反向。

輸出可經由 RESET 觸發，產生幾乎為接地電壓的低態輸

出。

4: 輸出重置 Output Reset :

- 跨越電壓為 0.7V，表面電流 0.1mA，0.5uS 寬度。
- Reset 為一最高優先權功能。
 - 不管其輸入狀態，將強制輸出成為低態
 - 可提前終止其輸出脈衝。
 - 可終結震盪從” ON” 到” OFF”。
- Reset 到輸出的典型延遲時間為 0.5Us。
- 當不使用 Reset 時，建議把它接地，以避免不預期的

的 Reset 動作。

5: 額外控制 Reference :

允許以 $\frac{2}{3} V_+$ 的電力直接驅動這一點。此項為一選項。適用於其它多項外部時基設備的驅動，可獨立於 RC 常數之外。於單穩狀態時其控制電壓可為 45% 至 90% 的 V_{cc} 電壓，控制的輸出寬度可獨立於 RC 常數之外。於非穩模式時，其控制電壓可從 1.7V 至 V_{cc} 的電壓，可輸出調頻式的輸出 ((FM) output)。不使用時經由一個 0.01u 的電容接地可排除不正常的觸發。

6: 重置鎖定 Reset latch :

- 致使輸出成為低態。
- 為一 DC 電流，從外部電路流向此點需要有 0.1uA 的跨越電流，R 需 < 16 Mega-ohm。

7: 時基電容 Timing capacitor

- 當輸出為” LOW” 時，”On” (對地低阻抗)，當輸出為” High” 時，”Off” (對地高阻抗)。

8: 電源供應+Vcc

- 供應電壓 voltage +4.5 volts (最小) to +16 volts (最大)
- 可產生大的輸出電流 (約 150mA)。
- 建議於靠近此接腳的地方安裝一個較大容量去耦電容。T
- 555 有能力輸出兩倍的驅動電流。

2-2 整流電路

整流器是一種將交流電轉換成直流電的裝置或元件。整流器是電源供應器的一部份，也被用來作無線電訊號的偵測器等。整流器可以是固態二極體、真空管二極體、汞弧管（水銀整流器）、或是氧化銅與硒的堆疊等作成。

能把直流電轉換成交流電的裝置則稱為「逆變器」。

整流器一般指能把 AC 轉成 DC 的那一組二極體的總稱，但在半波整流只用到一個二極體時，這個二極體也就是整流器。

半波整流器

在半波整流器中，交流波形的正半週或負半週其中之一會被消除。只有一半的輸入波形會形成輸出，對於功率轉換是相當沒有效率的。半波整流在單相供應時使用一個二極體，三相供應時使用三個二極體

半波整流器的直流電壓輸出可以下列兩個理想方程式計算之。

$$V_{peak} = V_{rms} \sqrt{2}$$
$$V_{dc} = \frac{V_{peak}}{\pi}$$

全波整流器

全波整流可以把完整的輸入波形轉成同一極性來輸出。由於充份利用到原交流波形的正、負兩部份，並轉成直流，因此更有效率。

全波整流有中心抽頭式與橋式：

橋式全波整流

如果不是使用具有中間抽頭的變壓器，而只有一組輸出線圈，則需使用四個二極體才能做全波整流。令峰值電壓為 V_m ，未做濾波時的平均 $V_{dc}=0.636V_m$ ，頻率為原來 AC 頻率的 2 倍，每個二極體所承受的逆向峰值電壓(PIV, Peak Inverse Voltage)值是 V_m 。輸出電壓之有效值(V_{rms})約為 $0.707V_m$ (最大值)。此種方式(如圖)稱為橋式整流，這四個二極體合稱為橋式整流器：

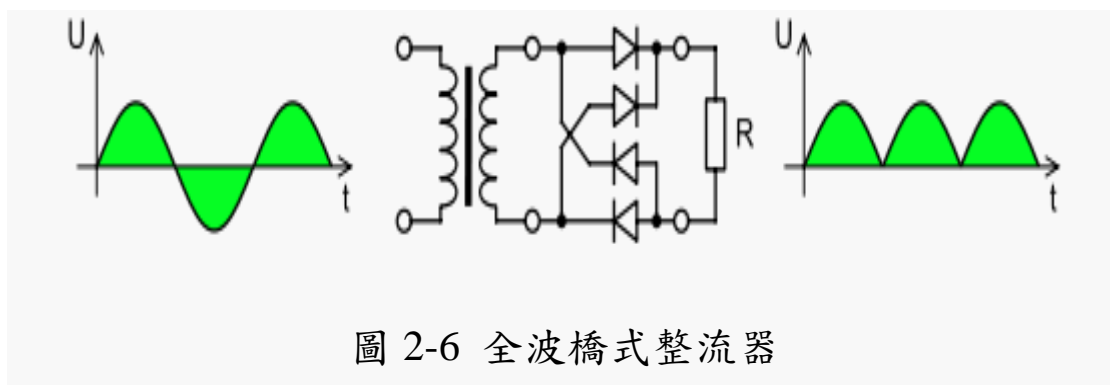


圖 2-6 全波橋式整流器

中心抽頭式

對於單相交流電，如果變壓器是中心抽頭型的，兩個背對背的二極體（指陰極接陰極，或陽極接陽極）便可組成全波整流。未做濾波時的平均 $V_{dc}=0.636V_m$ ，頻率為原來頻率 2 倍。每個二極體 PIV 值 $2V_m$ 。但與前述的橋式整流相比，全波整流需要兩倍的變壓器次級繞組，因此現今少用，但早期真空管年代較為常用。

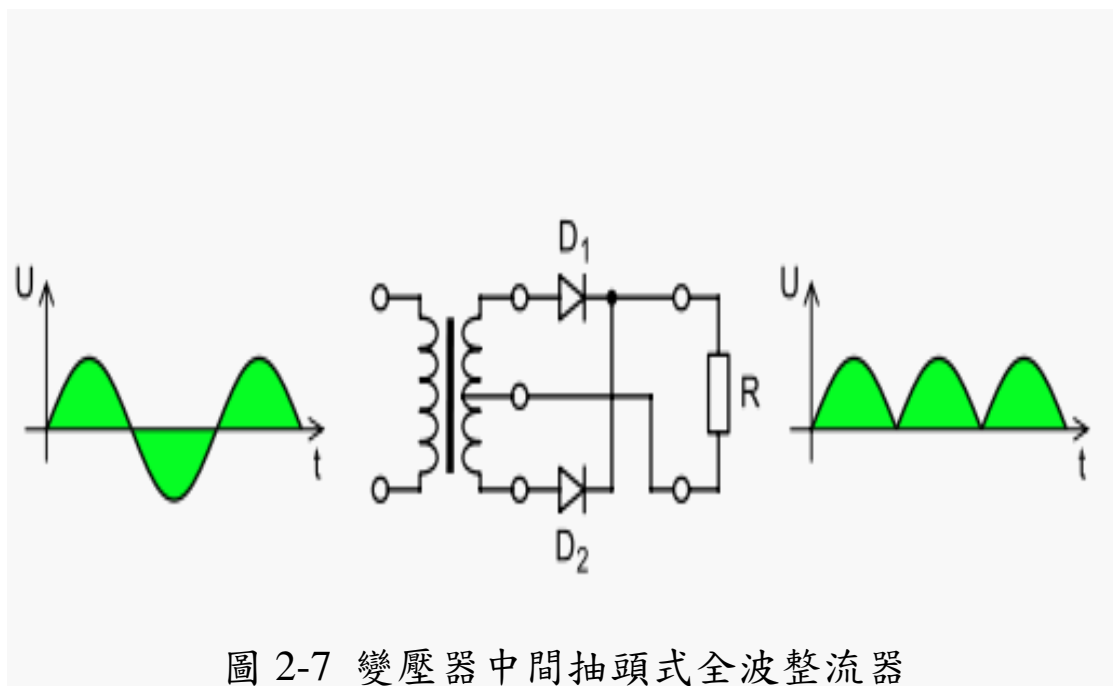


圖 2-7 變壓器中間抽頭式全波整流器

三相整流

三相交流，使用六個二極體。通常有三對的二極體，不過，每一對，不是同樣會被用作一個全波單相整流電路的雙二極體。而是將對處於系列（陽極陰極到）。通常，市面雙二極體有四個接頭，所以使用者可以將它們配置為單相拆分供應使用供半一座橋或三相。

拆卸汽車交流發電機，顯示六個組成一個全波三相橋式整流二極體。

生成交流（這樣的設備被稱為交流發電機）的大多數設備生成三相交流。為例，一個汽車交流發電機有六個裡面作為為電池充電應用程式的全波整流二極體。可以作為計算的一個理想的全波整流的平均均方根輸出電壓：

$$V_{dc} = V_{av} = \frac{2V_p}{\pi}$$

$$V_{rms} = V_p \left(1 - \frac{1}{e}\right)$$

符號說明:

V_{dc} , V_{av} - 直流輸出電壓，平均電壓

V_p - 峰值電壓（半波中的）

V_{rms} - 輸出的 RMS(均方根值)電壓，註; RMS 值也稱有效值

2-3 脈衝變壓器/音頻變壓器

本專題所參考的相關電擊棒電路大約採用兩類型(電子電路)變壓器,亦即音頻變壓器和脈衝變壓器,用以將震盪器產生的信號電壓(無失真的)加以放大。基本上兩者在電擊棒電路使用頻率上都可以採用,但兩者的主要用途是不相同的。茲分述如下:

A 按工作頻率分類:

工頻變壓器:工作頻率為 50Hz 或 60Hz

中頻變壓器:工作頻率為 400Hz 或 1KHz

音頻變壓器:工作頻率為 20Hz 至 20KHz

超音訊變壓器:20KHz 以上,不超過 100KHz

高頻變壓器:工作頻率通常為數 KHz 至數百 KHz 以上。

B 按用途分類:

電源變壓器:用於提供電子設備所需電源的變壓器

音頻變壓器:用於音訊放大電路和音響設備的變壓器

脈衝變壓器:工作在脈衝電路中的變壓器,其波形一般為單極性矩形脈衝波

工作在音頻範圍的變壓器又稱低頻變壓器。其工作頻率範圍一般從 10~20000Hz。常用於變換電壓或變換負載的阻抗。在無線電通信、廣播電視、自動控制中作為 電壓 放大、功率輸出等 電路 的元件。為了做到變壓器在工作頻帶內頻率響應均勻,其鐵心由高導磁材料疊裝而成,原、副繞組耦合緊密,這樣穿過原繞組的磁通幾乎全部與副繞組相鏈,耦合系數接近 1。

音頻變壓器按照其在電子線路中所處的位置,可分為 3 類。接在輸出電路與負載之間的稱為輸出變壓器;接在信號

源與放大器輸入端之間的稱為輸入變壓器；接在上一級輸出電路和下一級輸入電路之間的稱為級間變壓器。使用時應注意前后級阻抗的匹配，避免因反射而導致信號失真。為了使負載獲得最大的功率，負載阻抗通過輸出變壓器的阻抗，變換后應與功率放大級要求的阻抗一致，不得過大也不得過小。

而脈衝變壓器其基本原理與一般普通變壓器(如音訊變壓器、電力變壓器、電源變壓器等)相同，但就磁芯的磁化過程這一點來看是有區別的，分析如下：

(1)脈衝變壓器要求波形傳輸時不失真，也就是要求波形的前沿，頂降都要盡可能小，然而這兩個指標是矛盾的。

(2)脈衝信號是重複週期，一定間隔的，且只有正極或負極的電壓，而交變信號是連續重複的，既有正的也有負的電壓值。

(3)脈衝變壓器是一個工作在暫態中的變壓器，也就是說，脈衝過程在短暫的時間內發生，是一個頂部平滑的方波，而一般普通變壓器是工作在連續不變的磁化中的，其交變信號是按正弦波形變化。

脈衝變壓器廣泛用於雷達、變換技術；負載電阻與饋線特性阻抗的匹配；升高或降低脈衝電壓；改變脈衝的極性；變壓器次級電路和初級電路的隔離應用幾個次級繞組以取得相位關係；隔離電源部分的直流成分；在電晶體脈衝振盪器中使集電極和基極間得到強耦合；採用若干個次級繞組，以便得到幾個不同幅值的脈衝，使電晶體的集電極與基極間形成正回饋，以便產生自激振盪；作為功率合成及變換元件等。

2-4 BD679NPN 達靈頓功率晶體

本專題最後採用的簡易電擊棒電路所使用的功率晶體/放大器為 BD679NPN，是一顆高 β 值的達靈頓功率晶體。其實際形狀及內部電路簡圖如下述：

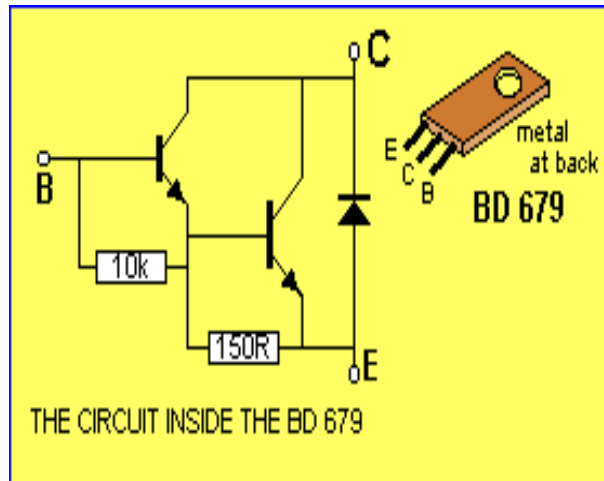


圖 2-8(a) 達林頓功率晶體

元件規格/額定：

集電極 - 發射極電壓 (V_{CEO}) : 80V

集電極 - 基極電壓 (V_{CBO}) : 80V

集電極電流 (I_C) : 4.0A

$h_{fe} (\beta)$: 750 @1500 毫安

功耗 (P 合計) : 40W

類型 : NPN

第三章 高電壓與電流人體危害

本章考慮電擊棒對人體的傷害程度，並以電壓高低或是電流大小做為判斷依據。到底是高電壓還是高電流電的死人？網站裡相信高電流才是觸電的指標，還有一些觸電反應對電流的圖表。

就物理的角度來看(不管生物反應)，功率應該是電壓乘以電流吧；所以電壓跟電流都可以作為指標，那為何說電流才是觸電的指標呢？原來人體的電阻變化是很大的，從乾燥的皮膚到潮濕的皮膚可變化從 500,000 歐姆到 1000 歐姆(1000 歐姆大概等於某些不太導電的金屬了)，加上皮膚表面有油脂還進一步的能夠絕緣，所以電壓無法度量危險性。身體有了電流通過表示身體組織已經接受電能的折磨所以用電流當作指標比較正確。

再者要打破一個謎思，所謂的高壓電危險，指的是大功率的高壓電。你看到的金屬高壓電球，或是裡面有游離氣體的靜電球玩具，都是利用靜電來產生高壓電。他內部有一個皮帶用馬達摩擦生靜電然後傳到金屬表面。這些靜電往往可以高達幾萬伏，但是僅止於還沒碰到你的手之前；一但你讓它行成通路，把它的電導去做工，它的電壓馬上下降到個位數，因為它的功率不足。這就像水槍可以噴出很強的水柱卻沖不走人是一樣的。電蚊拍的電壓往往高達六七百伏特，但是電池的功率很小，所以一旦電到人只有起初的幾豪秒有上百伏，剩下時間它能輸出的實際電壓只有幾伏特而已。不管是電蚊拍或靜電，都是電容效應在作祟：只要持續把電荷輸送到

某個地方儲存起來，名義上的電壓都可以很高，但後續有沒有夠大的電流繼續支持它才是電不電的死人的關鍵。

火車的高壓電當然危險，它後面可是電廠在輸出，無時無刻都有這麼大的電壓，沒幾秒就可以在人身上灌入數十安培的電流。再者一公分的空氣只能絕緣差不多 1~2 萬伏特的電壓，所以人靠近高壓電可能會隔空放電。

2. 交流電對人體危害較大。依資料的說法，交流電據說比直流電高出四到五倍的危害。一來它能刺激強烈的肌肉收縮，二來它能刺激出汗藉而降低皮膚的電阻。但交流電的頻率是個關鍵，就像某網友說的，資料指出 60Hz 的交流電正好在最致命的頻率範圍；相反的百萬 Hz 的交流電即使用上四萬伏特也不會致命。

3. 既然人體的電阻如此的高，要多大的電壓才能通過身體？是否觸電的危險性隨電壓升高而升高，是否人體適用歐姆定律？可以肯定的是電解質水溶液適用歐姆定律(對直流電來說)，請參考下面網站

<http://www.scu.edu.tw/chem/e-handouts/general01/general-11.pdf>

可是人體，剛剛說過，皮膚表面電阻的範圍很大。所以通電時間的長短會影響皮膚表面電阻，尤其當你因為電流刺激而流汗，電流燒穿你的皮膚的油脂甚至皮膚本身，都會使電阻一瞬間下降。這不是普通的電子元件能夠比擬的現象。

當電流通過人體後，會使肌肉收縮產生運動，造成機械性損傷，電流產生的熱效應和化學效應可引起一系列急驟的

病理變化，使肌體遭受嚴重的損害，特別是電流流過心臟，對心臟損害極為嚴重。極小的電流可引起心室纖維性顫動，導致死亡。被電擊時對人體的傷害程度與電流的種類、大小、途徑、接觸部位、持續時間、人體健康狀態、精神狀態等都有關係。

1、通過人體的電流越大，對人體的影響也就越大，因此，接觸的電壓越高，對人體的損傷也就越大。一般將 36 伏特以下的電壓作為安全電壓。但在特別潮濕的環境中即便接觸 36 伏特的電源也有生命危險，所以在這種場所，要用 12 伏特電壓比較安全。

2、交流電對人體的損害作用比直流電大，不同頻率的交流電對人體影響也不同。人體對頻率的交流電要比直流電敏感得多，接觸直流電時，其強度達 250 毫安有時也不引起特殊的損傷，而接觸 60 赫茲交流電時只要有 50 毫安的電流通過人體，如持續數十秒，便可引起心臟心室纖維性顫動，導致死亡。交流電中 28-300 赫茲的電流對人體損害最大，極易引起心室纖維性顫動，20,000 赫茲以上的交流電對人體影響較小，故可用來作為理療之用。我們平時採用的頻率交流電源為 60 赫茲，從設計電氣設備角度考慮是比較合理的，然而 60 赫茲的電流對人體損害是較嚴重的，故一定要提高警惕，所以一定要作好用電的安全工作。

3、電流持續時間與損傷程度有密切關係，通電時間短，對肌體的影響小；通電的時間長，對肌體損傷就越大，危險性也就增大，特別是電流持續流過人體的時間，超過人的心臟搏動周期時，對心臟的威脅很大，極易產生心室纖維性顫動。

4、通過人體的電流途徑不同時，對人體的傷害情況也不同。通過心臟、肺和中樞神經系統的電流強度越大，其後果也就越嚴重。由於身體的不同部位觸及帶電體，所以通過人體的電流途徑均不相同，因此流經身體各部位的電流強度也不同，對人體的損害程序也就不一樣。所以通過人體的總電流，強度雖然相等，但電流途徑不同，其後果也不相同。

5、電流對心臟影響最大。

因此，交流電比直流電對人傷害較大。

人體大部份是水，又有很多其他雜質，所以還滿導電的，而被電到是你身體裡本來就有電子，並不是從電線進入你的，是電壓造成電能，將你體內的自由電子振動，當然，動很大你就死了！

所以根據以上公式，三個要素都是死因，但是電擊所造成的傷害是電流通過身體的結果，由所施的電壓及人體中的電阻而定！

觸電知識〈電流的大小及效應〉〈單位：安培〉

0.001：感覺得到

0.005：會痛

0.010：肌肉抽搐

0.015：肌肉失去控制

0.070：通過心臟會很嚴重，超過一秒會死！

第四章 製作過程及成品展示

本簡易型電擊棒之製作分成數個階段：1. 電路設計, 2. 元件尋找/採購, 3. 電路修改/放棄以及重新設計, 4. 電路最後定案以及電路信號測試與驗證, 另外附加 5. 保護電路置放(位置選擇及測試)

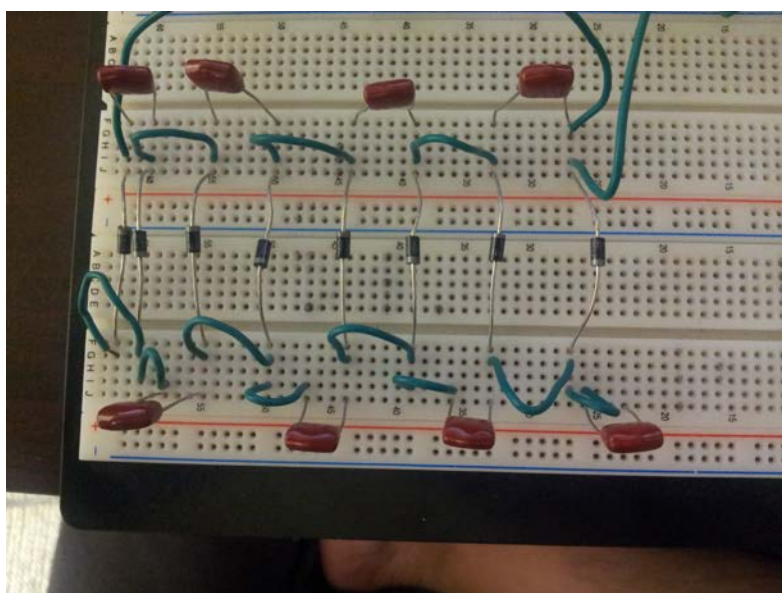


圖 4-1 整流電路配置於麵包板上

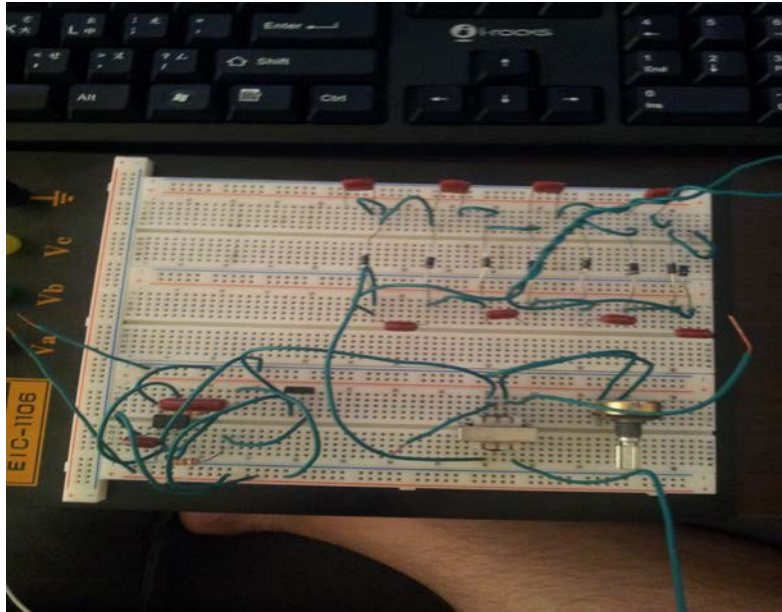


圖 4-2 電路分功能區塊配置

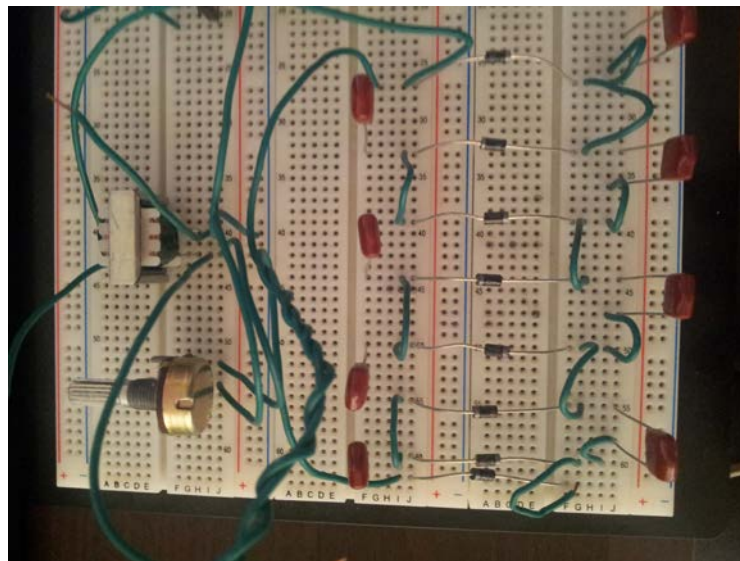


圖 4-3 將變壓器和整流電路連接

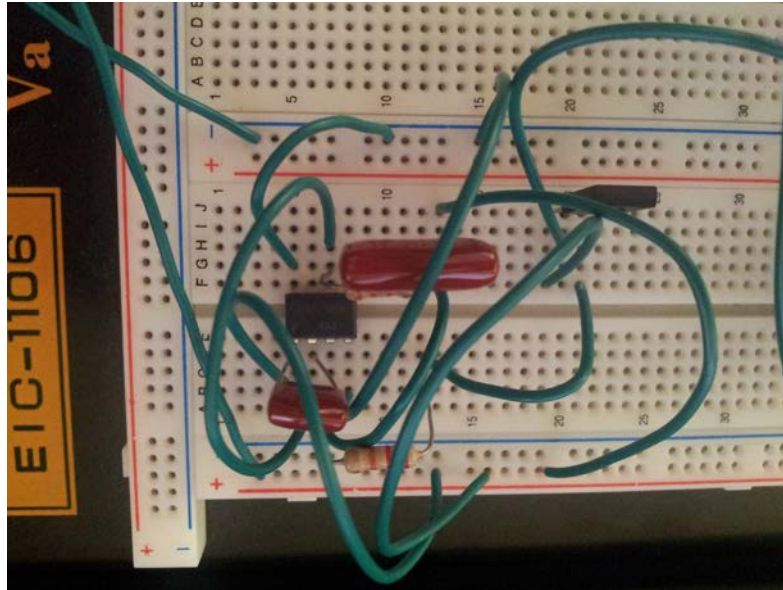


圖 4-4 接於 NE555 振盪器的零件

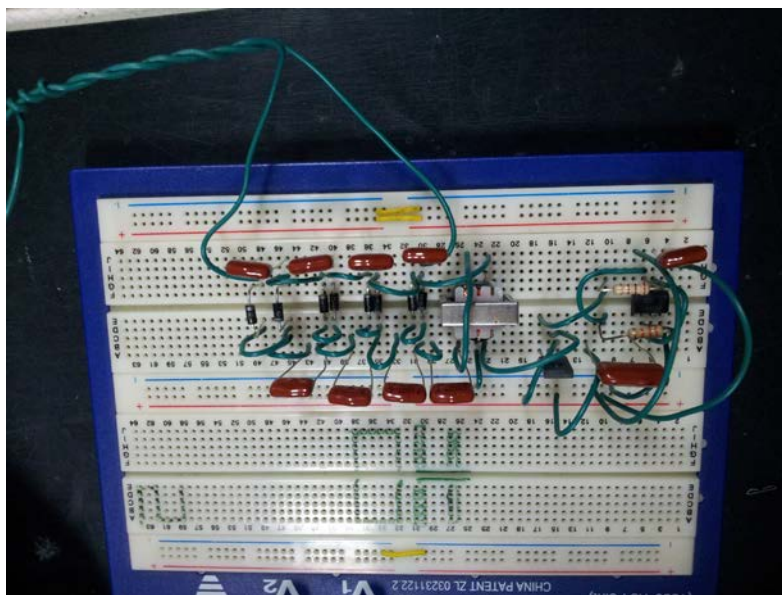


圖 4-5 第一次電路完成圖

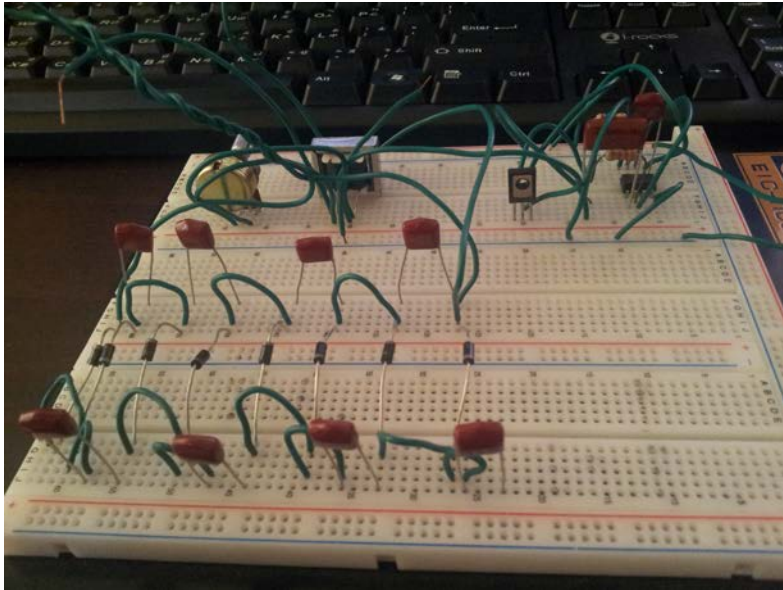


圖 4-6 第二次將電路分區放置完成圖

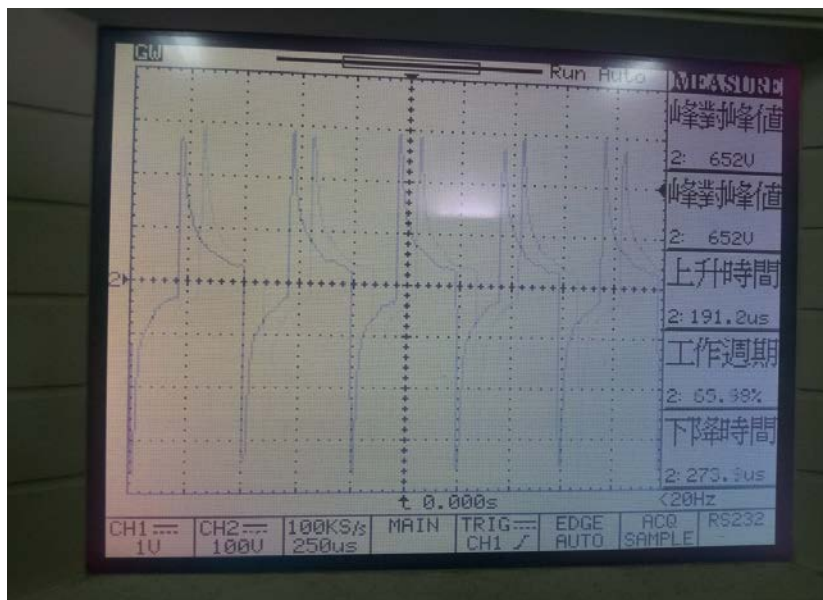


圖 4-7 變壓器一次測電壓

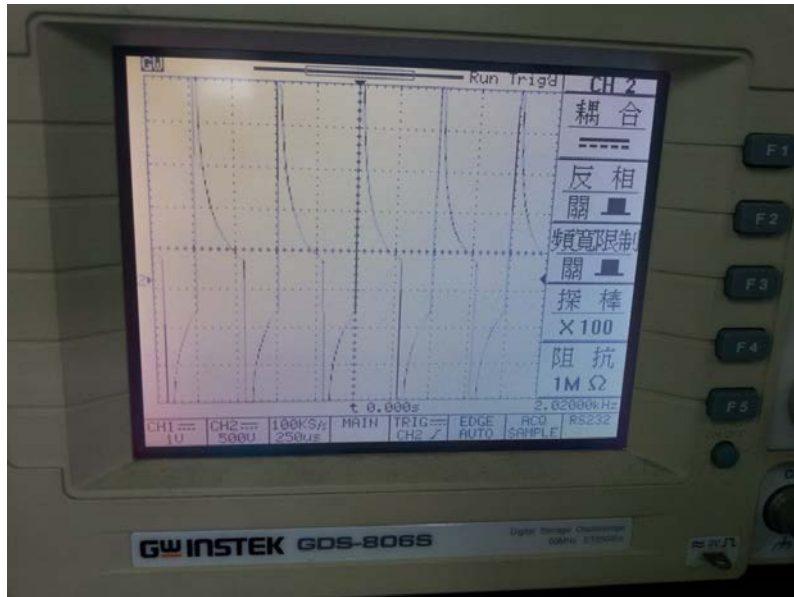


圖 4-8 變壓器二次測電壓

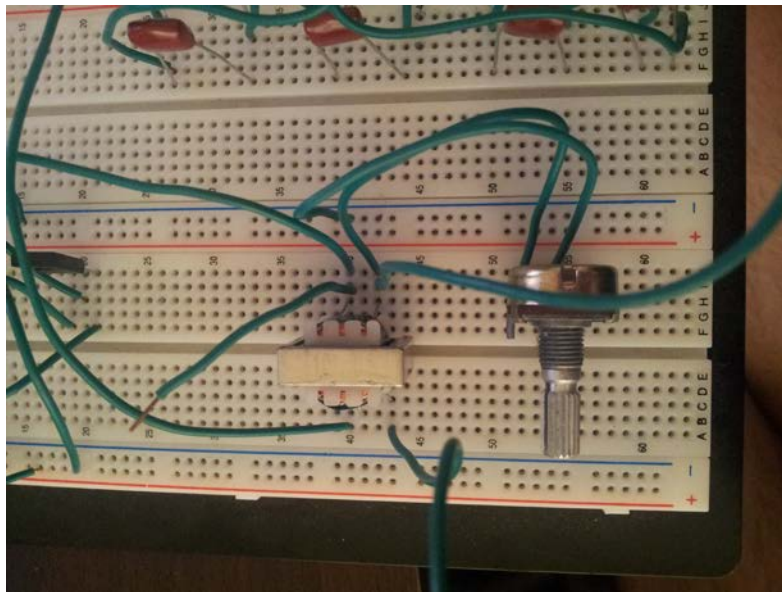


圖 4-9 保護變壓器裝置

第五章 結論

在這次暑修專題中，嘗試了三個電路，雖然都失敗了，但是我在專題進行的期間，遇到了許多困難，雖然都會有很多零件找不到，在第三個電路中有一個零件在台灣買不到，我找了替代零件來完成此電路，最後結果就是在線路兩端無法放出電弧，但是用示波器量出了電壓確實有提升。

因為已經燒掉了NE555一個,還有功率放大器也差點燒掉，所以我和老師用了可變電阻來保護電路以免電流過大而燒掉，在聲頻邊壓器一次測使用示波器量出600多的電壓，而在聲頻邊壓器二次測量出4K以上的電壓，明顯是有升壓的作用，但是最後端信號卻不理想，所以無法放出電弧，但是在線路兩端相交時會產生火花這個實驗算是有不錯的收尾。

雖然這個專題沒有完全成功，但是我在製作專題中學到了在選擇電路、採買材料、製作電路、檢測電路的方法，雖然結果不是很完美，但是從頭到尾都是自己親手製作，這對我來說是個不錯的體驗。

參考文獻

- [1] 電路-----<http://www.555-timer-circuits.com/stun-gun.html>
- [2] NE555 振盪器介-<http://gc.digitw.com/Circuit/NE555-Function.pdf>
- [3] BD679--<http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/stmicroelectronics/4201.pdf>
- [4] 整流電路
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%95%B4%E6%B5%81%E5%99%A8>
- [5] 音頻變壓器：維基百科(中英文)網路皆有說明
- [6] 脈衝變壓器-----http://qzhi5.com/knowledge/it_336.html

作者簡介

吉有程

今年 22 歲彰化人，從小在普通家庭長大，高中從綜合高中轉電機科，大學科系也是選擇電機工程系繼續研讀，比較熟悉工業配線配線。