

屏東縣第 61 屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別： 生活與應用科學科(一)(機電與資訊)

組 別： 國中組

作品名稱： 無線發電

關 鍵 詞： 線圈、頻率、無線發電

編號： B6011

摘要

我們利用13005電晶體製造出電壓變化頻率很高的訊號，再經由主線圈及次級線圈產生高電壓，製作出特斯拉線圈，以此裝置進行點亮日光燈管的實驗。在進行特斯拉線圈實驗中，常造成教室中的喇叭產生啪啪的雜音，表示周圍產生了很強的磁場，我們聯想到也可以做無線發電的主題；於是我們利用石英振盪器，連接除頻器產生不同的電壓變化頻率，再利用線圈造成磁場變化，最後加上利用線圈做成的無線接收器，並且連接利用二極體做成的橋式整流電路，將交流電整流，再連接穩壓模組，讓輸出的電流維持在固定電壓，讓做為負載的發光二極體發亮。經由實驗發現，當頻率為21600Hz時，無線發電的轉換率大約為18.6%。

壹、研究動機

記得國二的時候理化老師，介紹我們看一部關於電的影片，這是我們第一次認識特斯拉這一位傳奇人物，後來我們查詢，了解早在1899年特斯拉在科羅拉多建造了一個實驗站，以高電壓、高頻率的電來產生無線電波，據說可以不用電線，隔空傳電40多公里，而沒有絲毫電力的損耗。他更於1901年起開始在長島建造了一個 Wardencllyffe Tower，打算用來實現遠距離無線的電力傳輸，可惜後來由於資金耗盡，而未能完成。在一次記者招待會上，特斯拉更展示經由特斯拉線圈輸出的「高頻電流」，此電流流經自己的身體，而使一顆無線燈泡發亮，而他確毫髮未傷，這讓我們覺得太神奇了，所以我們決定也來製作特斯拉線圈。

更進一步想要了解市面的無線充電板是如何運作的。於是，我們朝向無線發電的目標邁近。

貳、研究目的

研究一：利用電晶體驅動特斯拉線圈

研究二：利用石英振盪器、除頻器及放大電路產生高頻電壓讓喇叭產生聲音

研究三：利用高頻振盪無線發電

利用無線充電器用來幫手機充電這樣可以解決找不到插頭的煩惱真的是太棒了!不過有線充電，雖然在電壓電流的轉換上會有一定的損耗，但是並不算太多，加上最後的電池裡電能轉化學能，轉換率都在85%上下。但無線充電能耗相對高，不充電不拔也會持續耗電。對比有線充電，無線充電的轉化離多了一個電能轉磁場、磁場轉電能的過程，以目前的技術，理論最高轉化是90%，而一般的無線充電器轉化率在75%上下，加上充電過程原有的85%上下轉化率，整個充電過程就只有60%-75%上下，有電源的時候體驗不明顯，但是使用充電寶的話就會發現原本能充電5次的充電寶，充電4次就沒了。所以如果可以改善無線充電能耗高的問題，無線充電可以帶給我們生活很大的便利。

參、研究設備及器材

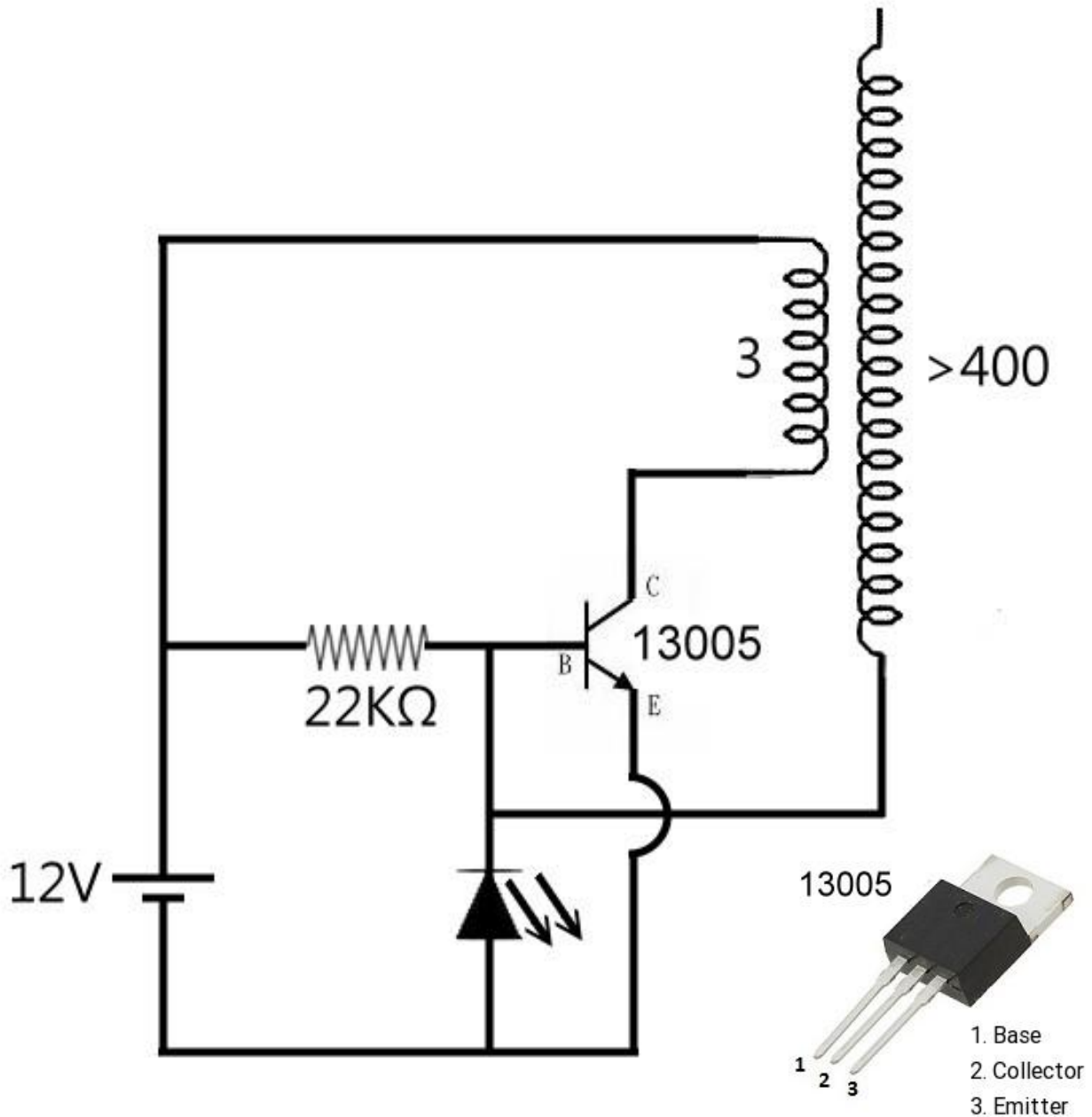
 <p>漆包線</p>	 <p>石英振盪器 4.096MHz 11.0592MHz</p>	 <p>13005 1. Base 2. Collector 3. Emitter 13005 電晶體</p>	 <p>CD4060 除頻器</p>
 <p>麵包板</p>	 <p>各種電阻</p>	 <p>日光燈管</p>	 <p>電源供應器</p>
 <p>示波器</p>	 <p>發光二極體</p>	 <p>喇叭</p>	 <p>20pf 電容</p>
 <p>積納二極體</p>	 <p>穩壓模組</p>	 <p>LED 負載</p>	 <p>三用電表</p>

肆、研究過程及方法

研究一：利用電晶體驅動特斯拉線圈

我們搜尋如何製作特斯拉線圈，發現可以利用電晶體製作安全的特斯拉線圈，成功的點亮日光燈管，以下是我們的實驗：

一、電路圖



二、動作原理

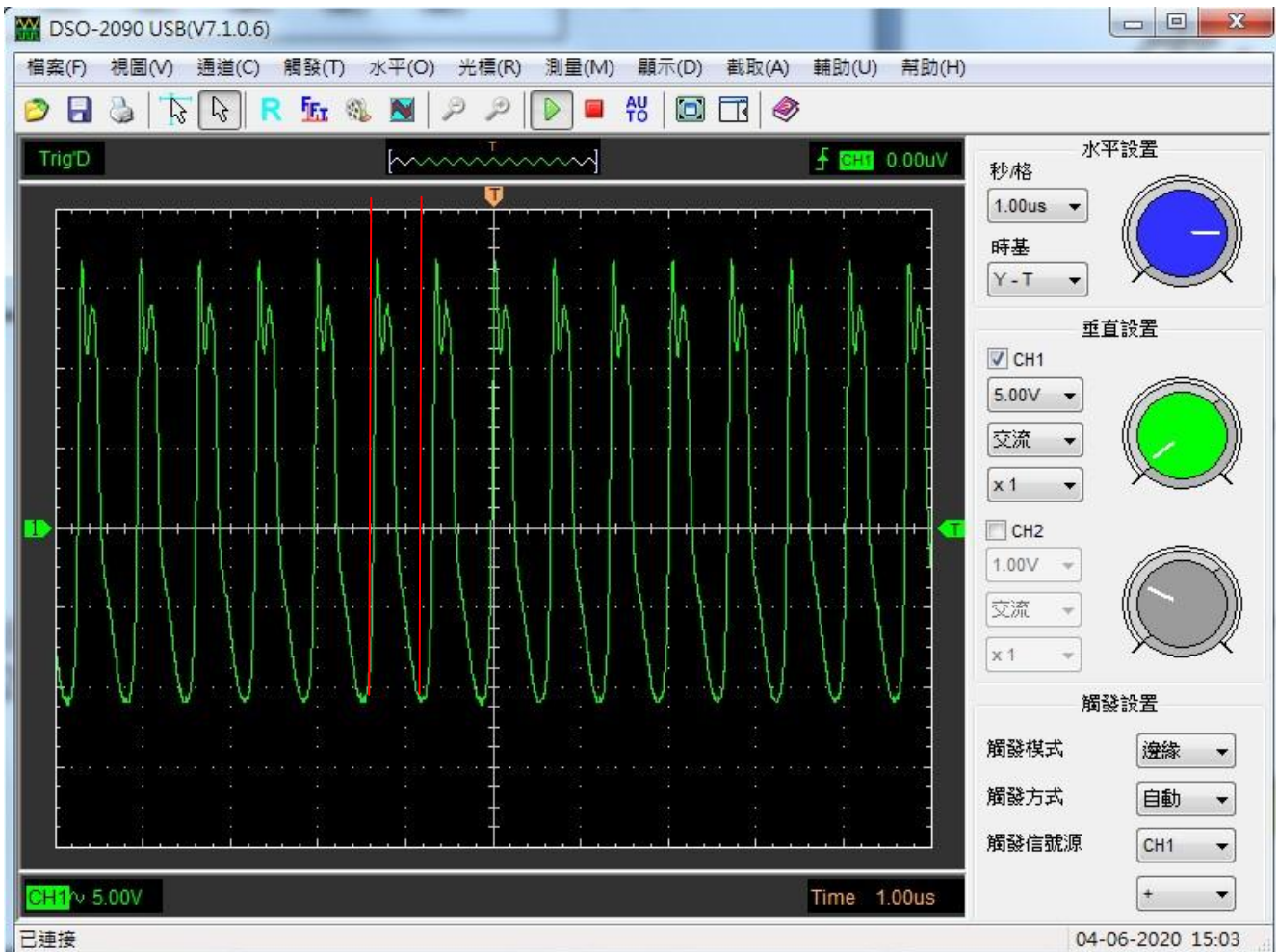
1. 電流流過電晶體BE極，使得電晶體CE極導通，電流流經主線圈，主線圈電流變化產生磁場變化，進而讓次線圈產生感應電壓。
2. 次線圈的感應電壓造成電晶體產生逆向偏壓，逆向偏壓造成電晶體CE極不通。
3. 電晶體CE極反覆開關造成主線圈電流變化產生磁場變化，主線圈的磁場變化進而讓次線圈產生

感應電壓。

4. 次線圈匝數越多，感應到的電壓就越高，次線圈的高壓讓日光燈管內的電子和管內氣體原子高速運動相互撞擊，游離出更多的電子和離子，當這種現象達到某一定程度時，燈管即被點亮。
5. 由於管內裝的是水銀蒸氣，此時釋放出來的大部分是肉眼無法看到的紫外線，紫外線再次激發管壁的螢光物質轉化會讓日光燈管發亮。

三、13005電晶體電壓變化

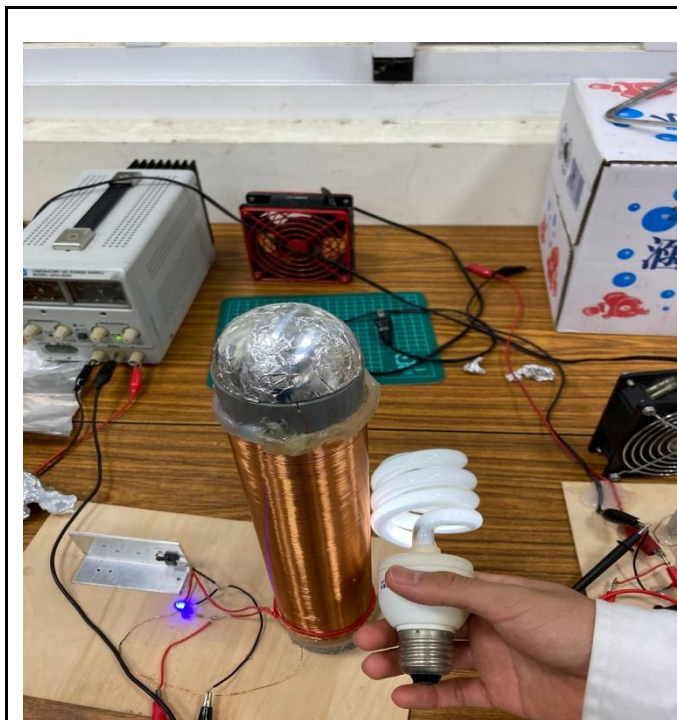
我們用示波器觀察 13005 電晶體 C 極電壓變化，圖中 1 大格為 1us，1 小格為 0.2us，此電壓變化頻率大約為 $1/(3.2 \times 0.2\mu s) = 1/(0.64\mu s) = 1.5625 \times 1000000 = 1562500\text{Hz}$



四、觀察次線圈有無接地，與日光燈或省電燈泡距離遠近之發光情形

做出高頻的特斯拉線圈後，我們趕快將日光燈及省電燈泡拿來靠近線圈，在這個過程中，我們發現次線圈另一端有無接地，會影響到省電燈泡或日光燈管的發光情形，以下是我們所作的實驗：

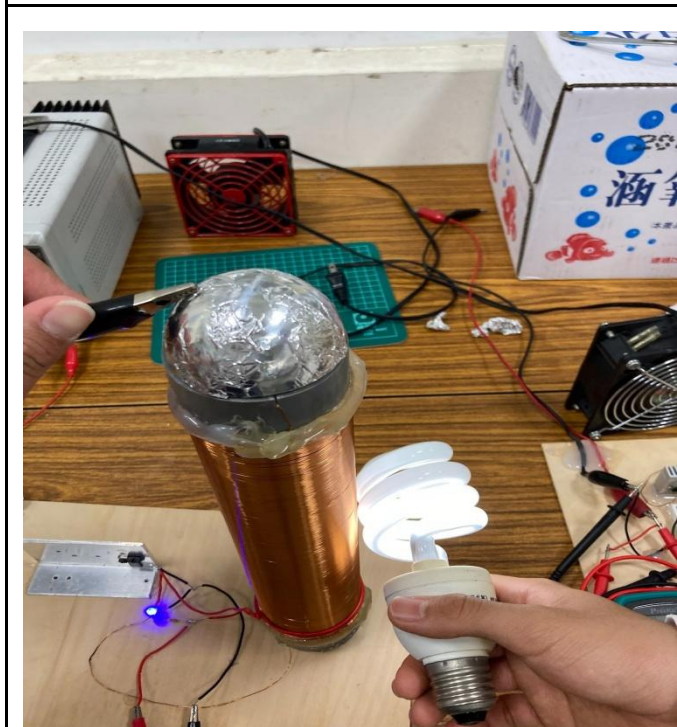
(一) 線圈有無接地與省電燈泡發光情形



次線圈無接地，省電燈泡靠很近發光情形



次線圈無接地，省電燈泡離較遠發光情形



次線圈有接地，省電燈泡靠很近發光情形



次線圈有接地，省電燈泡離較遠發光情形

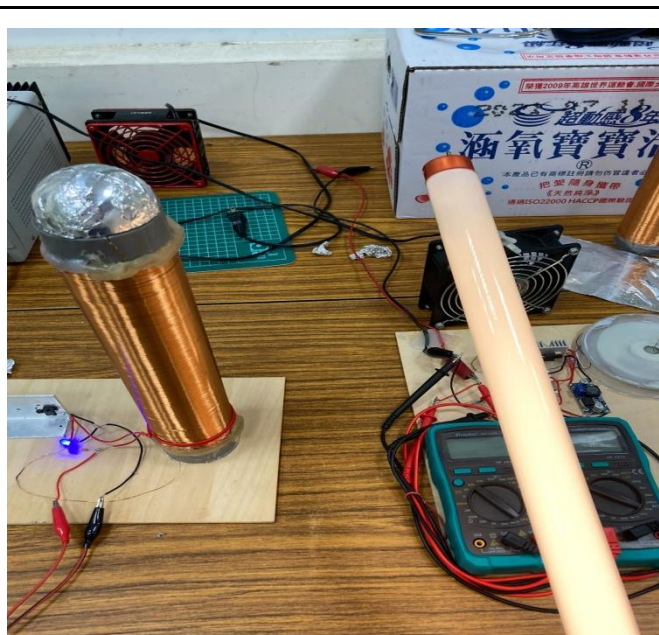
從上表可發現，無接地時省電燈泡不管離線圈遠或近，亮度都差不多，但有接地時，靠得近的亮度會比無接地的亮，離較遠的反而不如無接地。

亮度比較：有接地近 > 無接地近 = 無接地遠 > 有接地遠

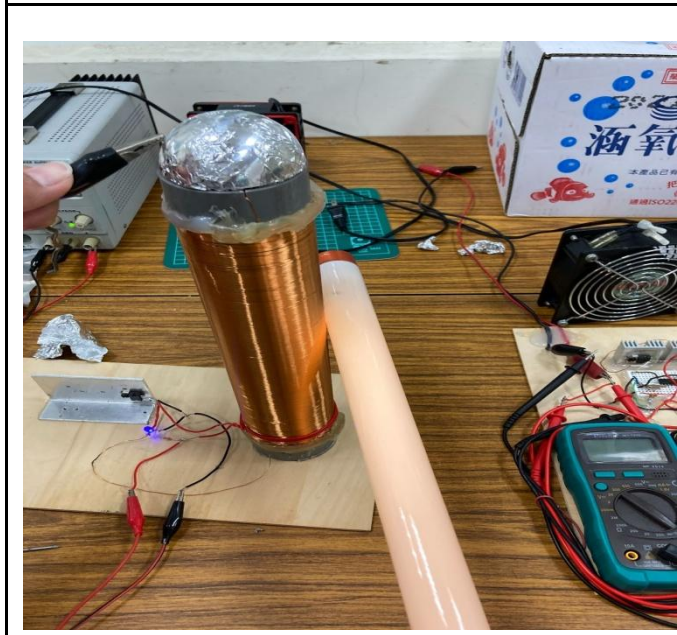
(二) 線圈有無接地與日光燈發光情形



次線圈無接地，日光燈靠很近發光情形



次線圈無接地，日光燈離較遠發光情形



次線圈有接地，日光燈靠很近發光情形



次線圈有接地，省電燈泡離較遠發光情形

由上表可發現，次線圈無接地時，日光燈管靠很近亮度大於離較遠，但有接地時，不管是靠較近的，或是離較遠的，都相當暗，比無接地離較遠還暗。

亮度比較：無接地近 > 無接地遠 > 有接地近 = 有接地遠

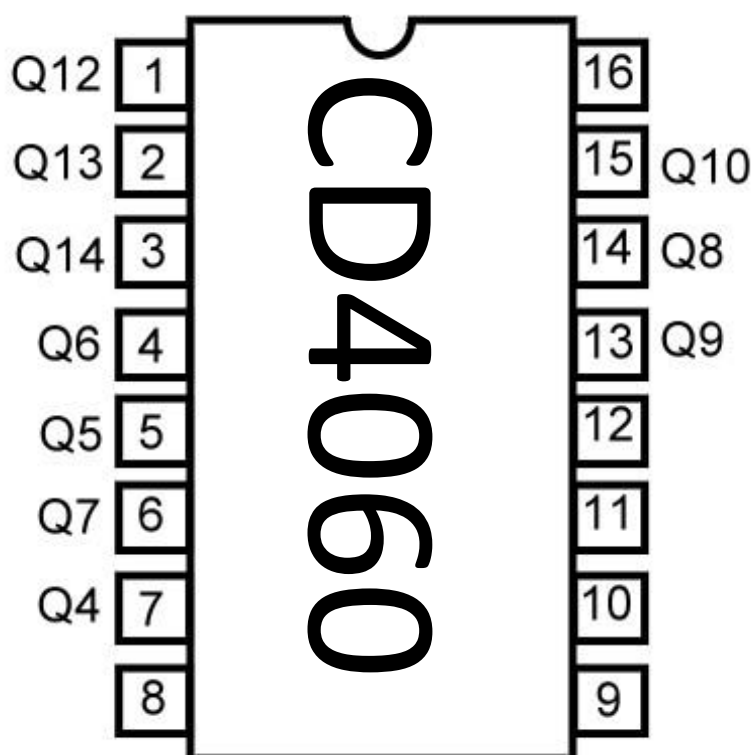
(三) 結果

	次線圈另一端有接地	次線圈另一端無接地
省電燈泡靠近	最亮	中等
省電燈泡遠離	最暗	中等
日光燈管靠近	最暗	最亮
日光燈管遠離	最暗	中等

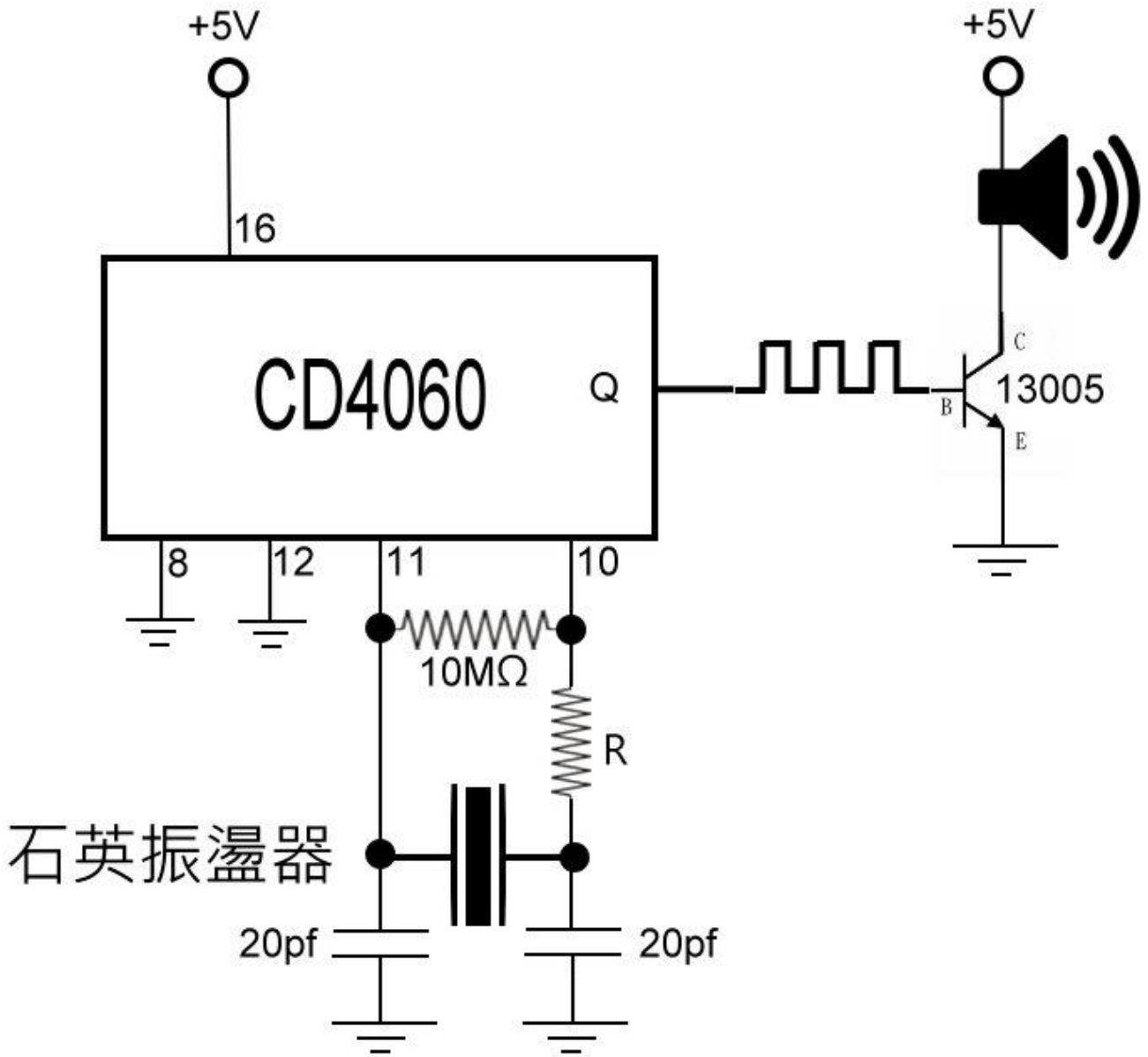
研究二：利用石英振盪器、除頻器及放大電路產生高頻電壓讓喇叭產生聲音

在進行研究一的過程中，我們發現特斯拉線圈會讓教室牆上的喇叭啪啪作響，我們決定利用喇叭來進行研究。我們的特斯拉線圈產生的是 1562500Hz，那如果我們讓電壓變化頻率改變，是否喇叭發出來的聲音也會跟著不同呢？為了讓電壓變化頻率產生特定頻率，於是我們決定使用**石英振盪器**及**除頻器**。

一、CD4060 電晶體腳位

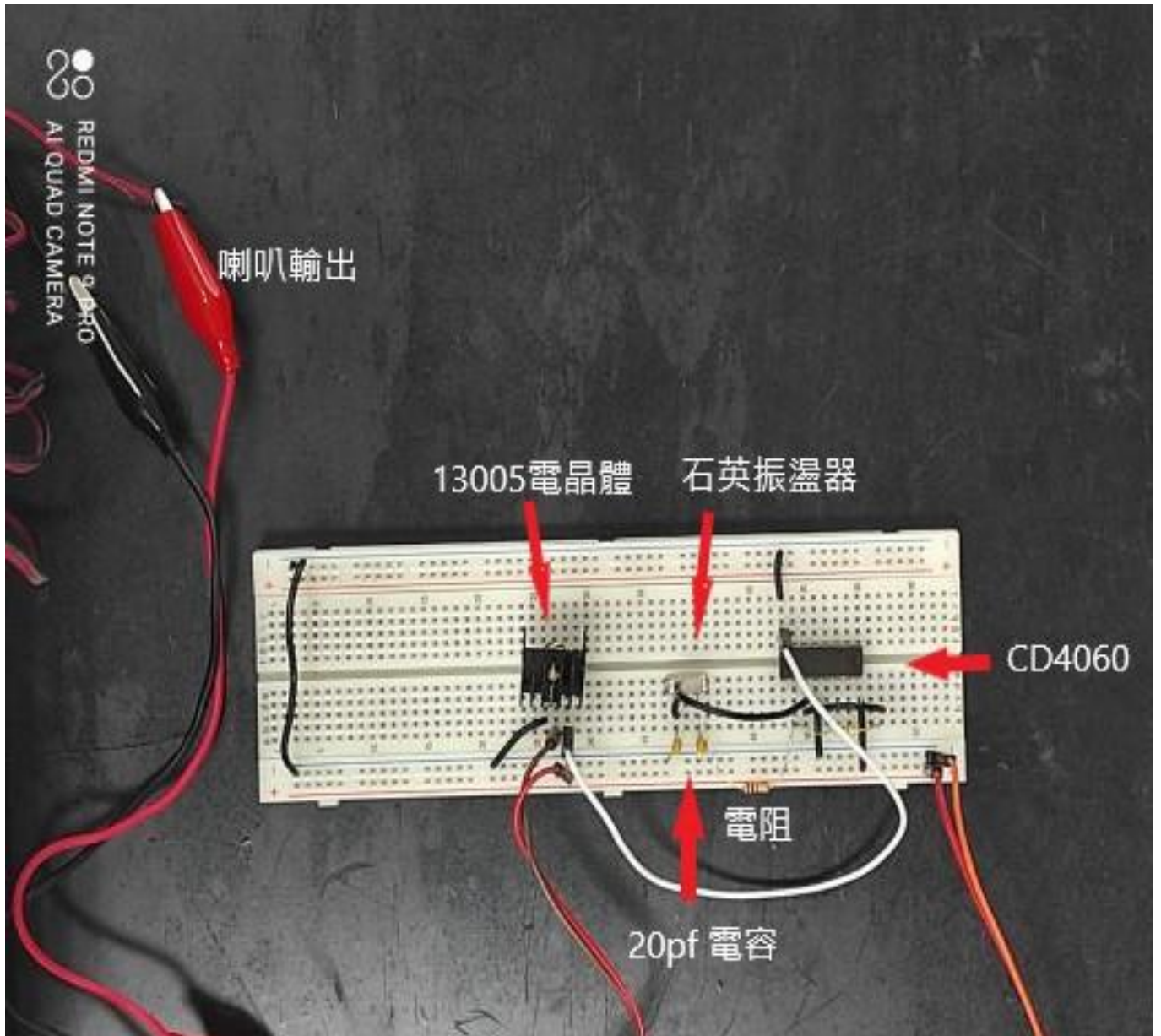


二、電路圖



石英振盪器頻率	4.096MHz	11.0592MHz
電阻 R	1KΩ	0Ω

三、實際接線圖



由於電壓頻率是看不到、摸不著的，只能以示波器顯示。我們接上喇叭，讓石英振盪器產生不同的頻率，結果喇叭發出來的聲音也跟著不同，經由喇叭發出不同的聲音，我們也可知道我們確實利用石英振盪器、除頻器及放大電路，產生了不同頻率的電壓。

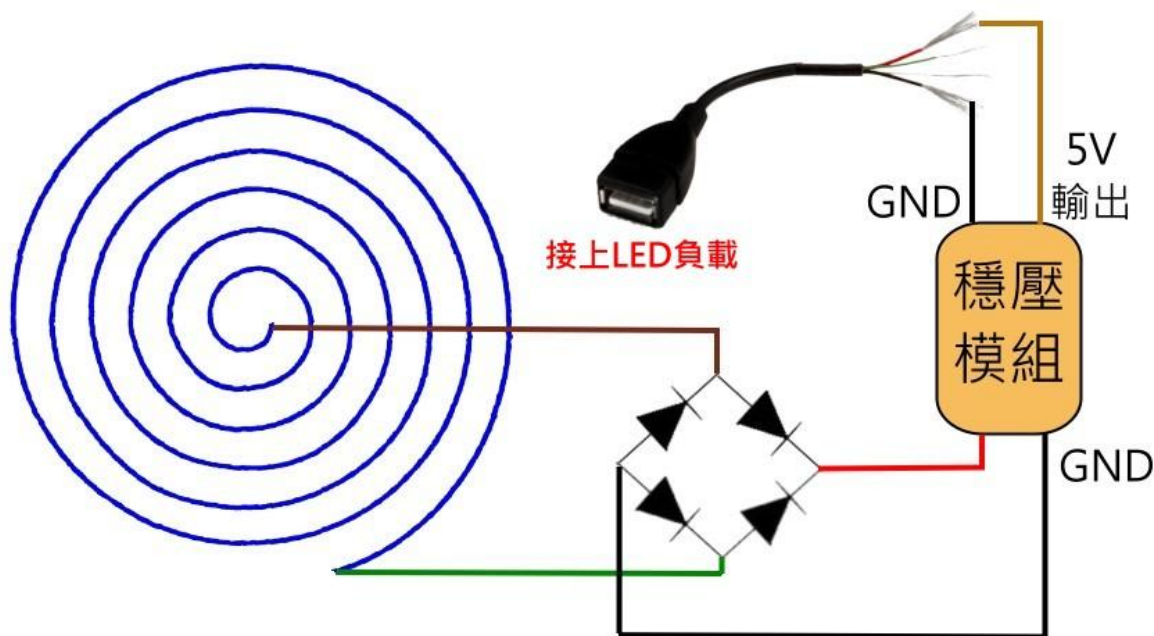
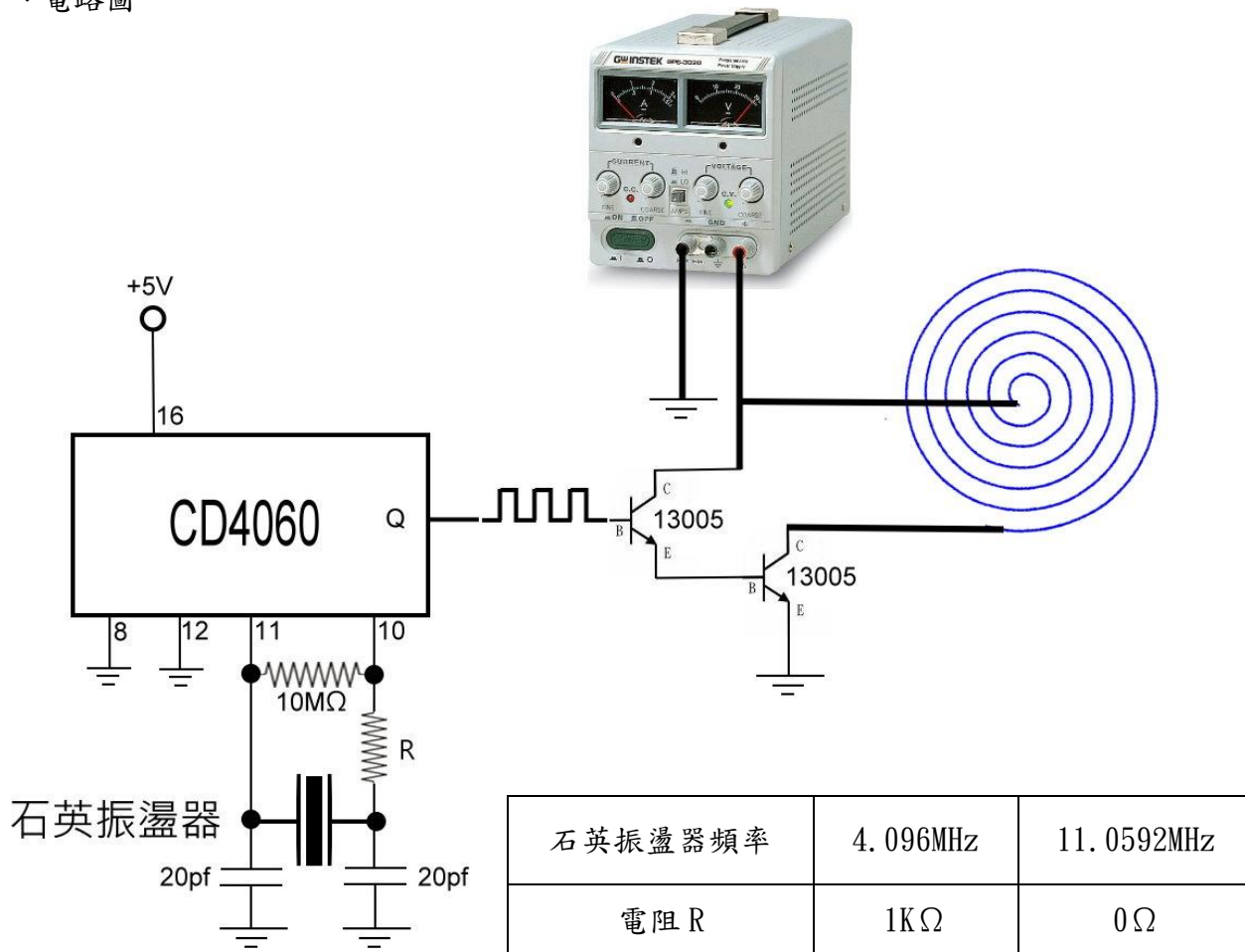
四、除頻頻率表

石英振盪 頻率(Hz)	除頻 代號	IC 接腳	除頻	除頻後頻率 (Hz)
4.096M	Q14	3	$2^{14}=16384$	250
4.096M	Q13	2	$2^{13}=8192$	500
4.096M	Q12	1	$2^{12}=4096$	1000
4.096M	Q10	15	$2^{10}=1024$	4000
4.096M	Q9	13	$2^9=512$	8000
4.096M	Q8	14	$2^8=256$	16000
4.096M	Q7	6	$2^7=128$	32000
4.096M	Q6	4	$2^6=64$	64000
4.096M	Q5	5	$2^5=32$	128000
4.096M	Q4	7	$2^4=16$	256000
11.0592M	Q14	3	$2^{14}=16384$	675
11.0592M	Q13	2	$2^{13}=8192$	1350
11.0592M	Q12	1	$2^{12}=4096$	2700
11.0592M	Q10	15	$2^{10}=1024$	10800
11.0592M	Q9	13	$2^9=512$	21600
11.0592M	Q8	14	$2^8=256$	43200
11.0592M	Q7	6	$2^7=128$	86400
11.0592M	Q6	4	$2^6=64$	172800
11.0592M	Q5	5	$2^5=32$	345600
11.0592M	Q4	7	$2^4=16$	691200

研究三：利用高頻振盪無線發電

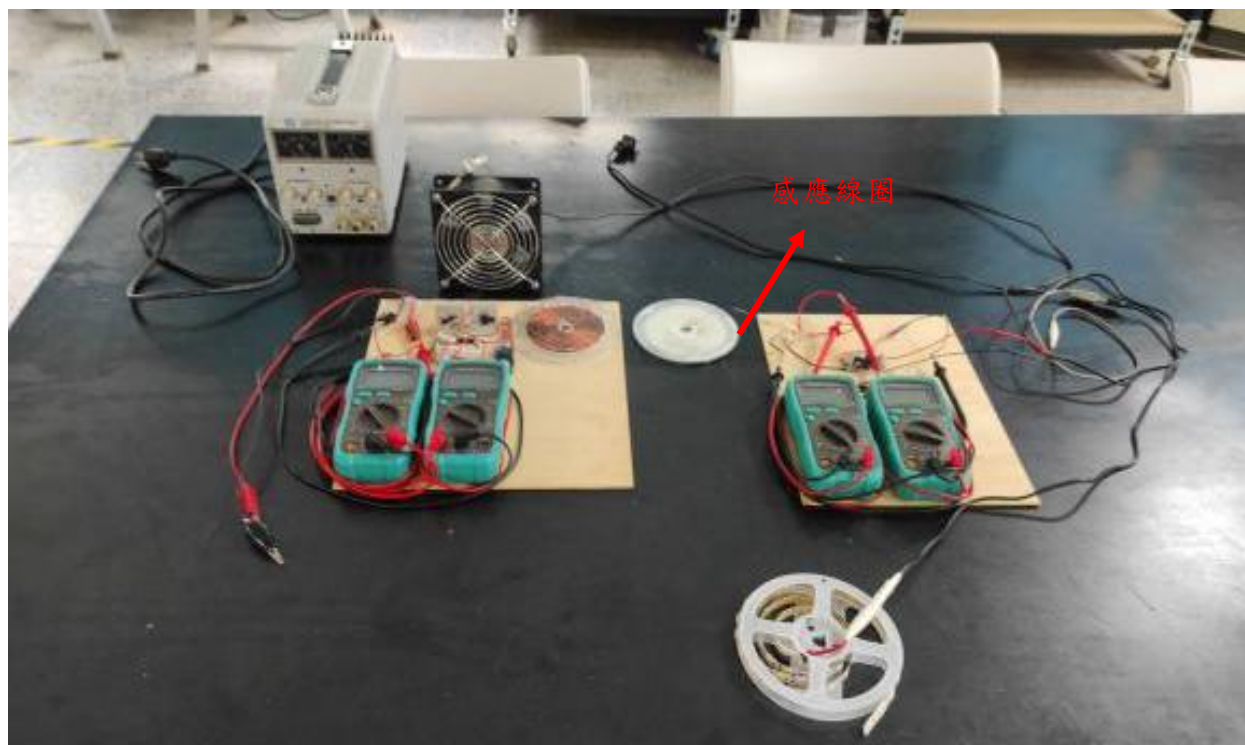
電流磁效應為電生磁，所以通電線圈產生的磁場讓喇叭啪啪叫，電磁感應為磁生電，既然我們已做成了電生磁，接下來我們打算利用研究二產生的特定高頻電壓來做高頻振盪無線發電。

一、電路圖

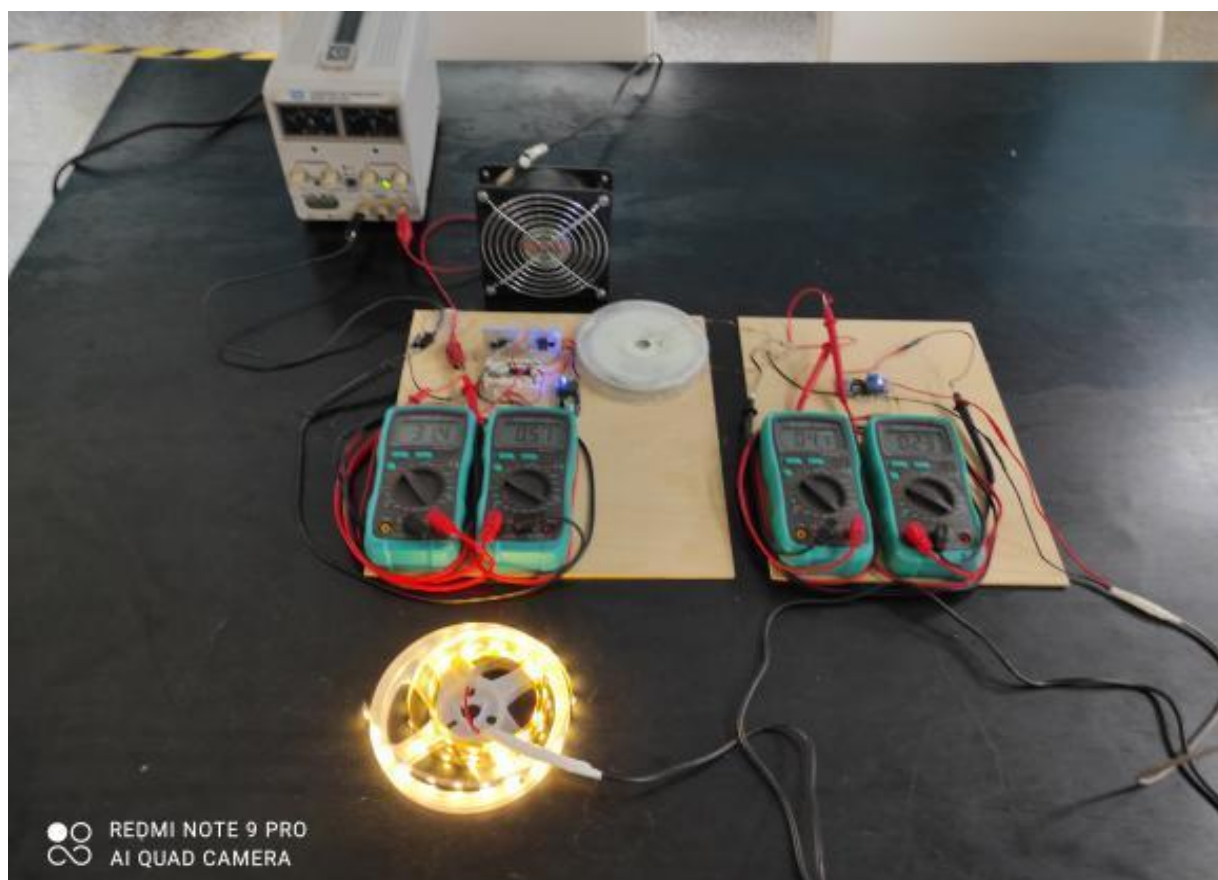


二、實際作品

(一) 無感應(線圈未放上)，LED(負載)不會亮



(二) 感應(線圈放上後)，LED(負載)會亮

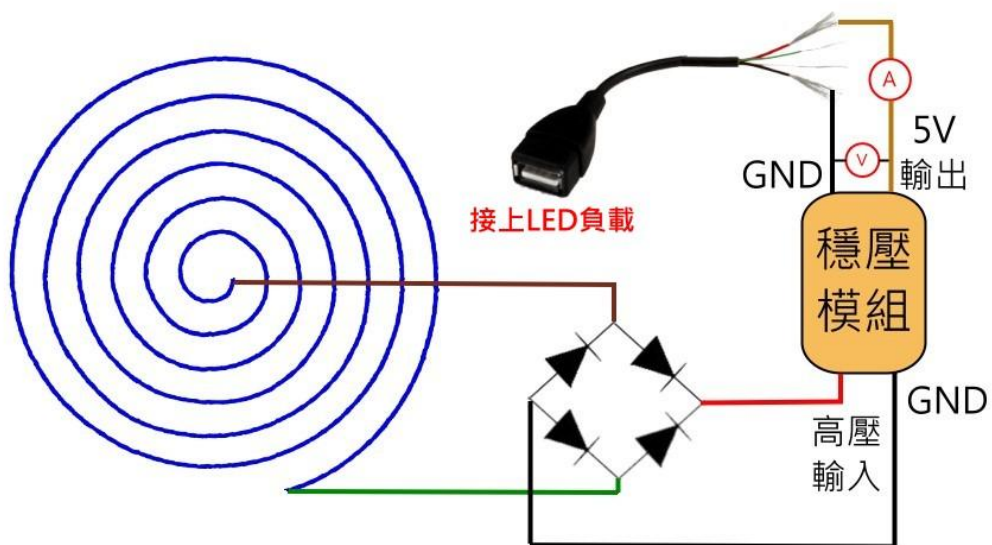
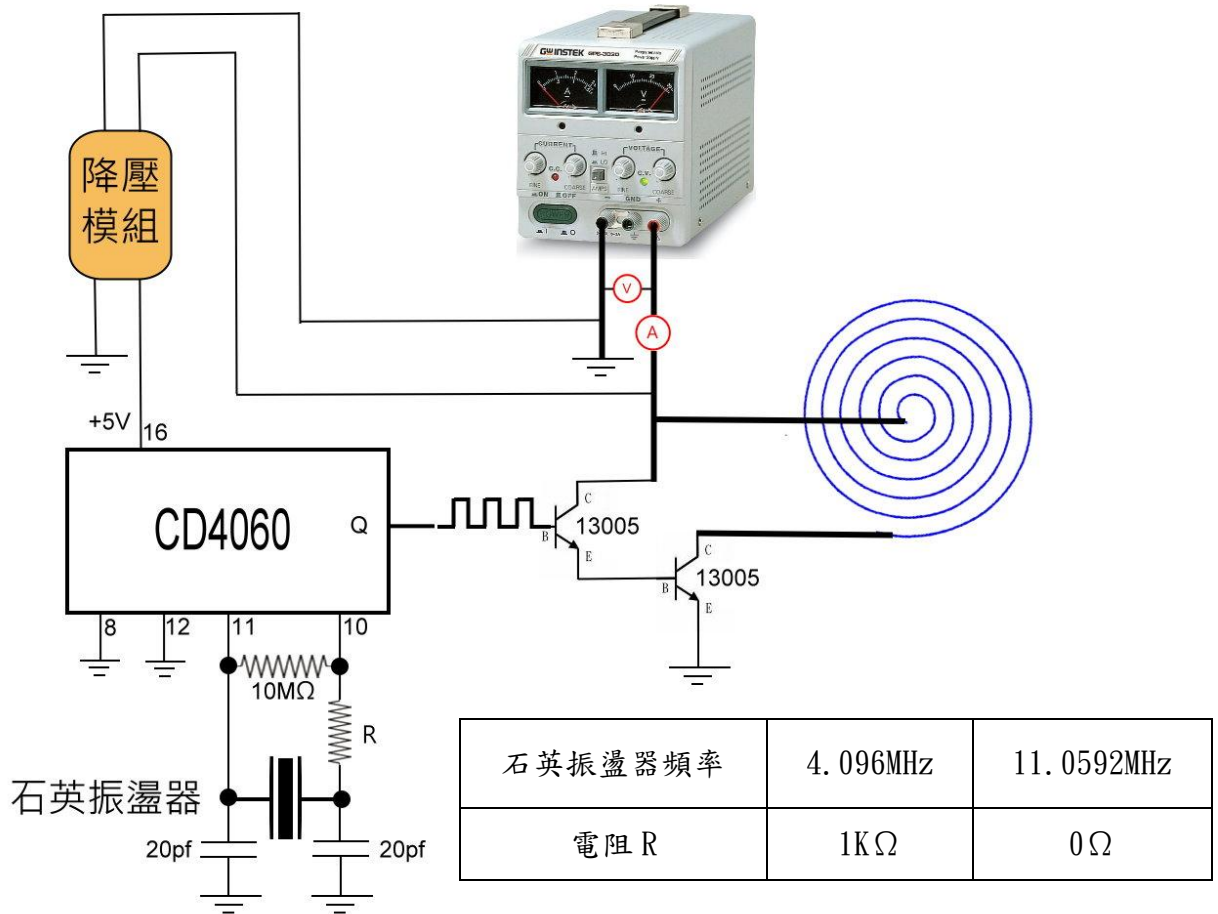


伍、研究結果及討論

一、無線功率消耗

將輸出及輸入分別用三用電表並聯，量測電壓及串聯量測電流，探討無線功率消耗

(一) 電路圖

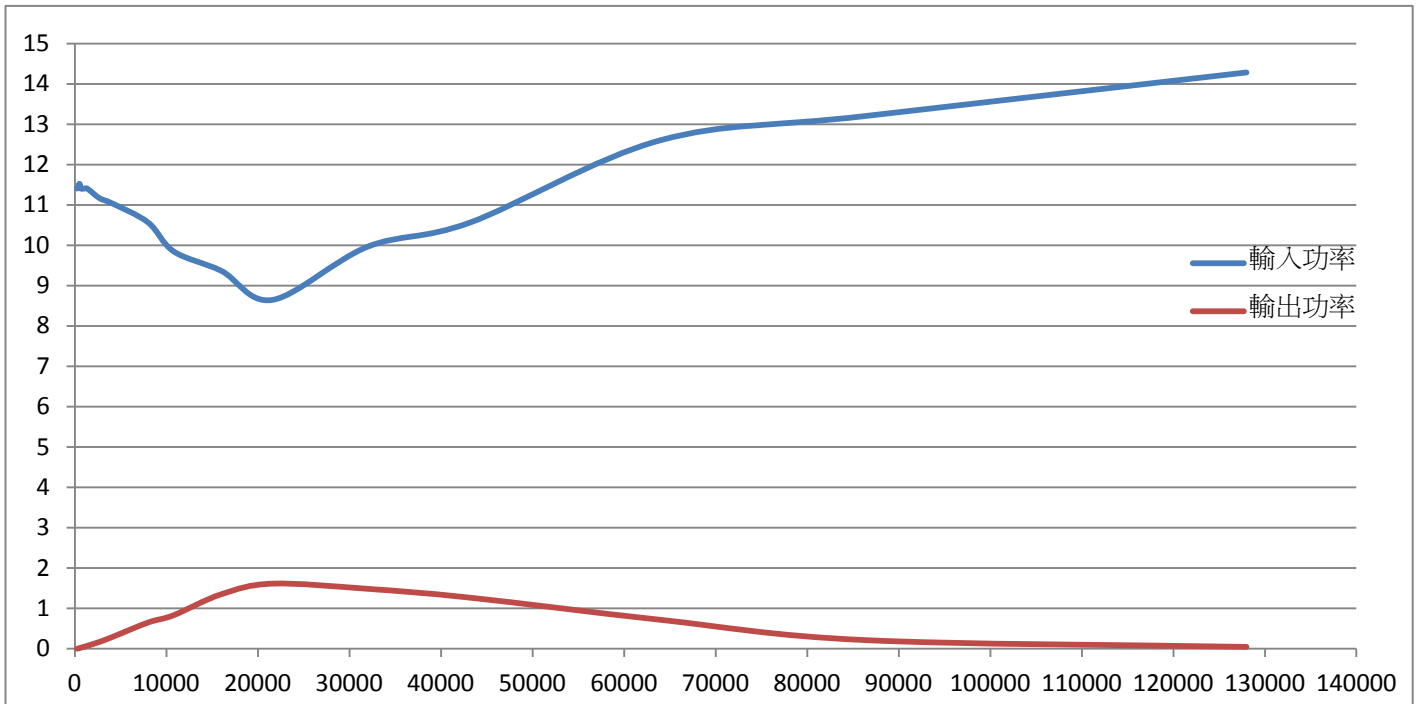


(二) 測量結果

石英振盪 頻率(Hz)	除頻 代號	IC 接腳	除頻後 頻率 (Hz)	輸入 電壓 V 伏特	輸入 電流 I 安培	輸入 功率 P=I×V 瓦特	輸出 電壓 V 伏特	輸出 電流 I 安培	輸出 功率 P=I×V 瓦特	轉換率 %
4.096M	Q14	3	250	12	0.95	11.40	2.33	0.00004	0.0000932	0.0008%
4.096M	Q13	2	500	12	0.96	11.52	2.56	0.0053	0.0135680	0.1178%
11.0592M	Q14	3	675	12	0.95	11.40	2.62	0.0093	0.0243660	0.2137%
4.096M	Q12	1	1000	12	0.95	11.40	2.79	0.0173	0.0482670	0.4234%
11.0592M	Q13	2	1350	12	0.95	11.40	2.76	0.0253	0.0698280	0.6125%
11.0592M	Q12	1	2700	12	0.93	11.16	3.00	0.0562	0.1686000	1.5108%
4.096M	Q10	15	4000	12	0.92	11.04	3.05	0.0918	0.2799900	2.5361%
4.096M	Q9	13	8000	12	0.88	10.56	3.50	0.1846	0.6461000	6.1184%
11.0592M	Q10	15	10800	12	0.82	9.84	3.76	0.2200	0.8272000	8.4065%
4.096M	Q8	14	16000	12	0.78	9.36	3.84	0.3500	1.3440000	14.3590%
11.0592M	Q9	13	21600	12	0.72	8.64	4.34	0.3700	1.6058000	18.5856%
4.096M	Q7	6	32000	12	0.83	9.96	4.22	0.3500	1.4770000	14.8293%
11.0592M	Q8	14	43200	12	0.88	10.56	4.06	0.3100	1.2586000	11.9186%
4.096M	Q6	4	64000	12	1.05	12.60	3.39	0.2100	0.7119000	5.6500%
11.0592M	Q7	6	86400	12	1.10	13.20	3.09	0.0682	0.2107380	1.5965%
4.096M	Q5	5	128000	12	1.19	14.28	2.69	0.0165	0.0443850	0.3108%
11.0592M	Q6	4	172800	12	1.16	13.92	0	0	0.0000000	0.0000%
4.096M	Q4	7	256000	12	1.13	13.56	0	0	0.0000000	0.0000%
11.0592M	Q5	5	345600	12	1.07	12.84	0	0	0.0000000	0.0000%
11.0592M	Q4	7	691200	12	0.85	10.20	0	0	0.0000000	0.0000%

(三) 不同頻率下功率變化

功率(瓦)

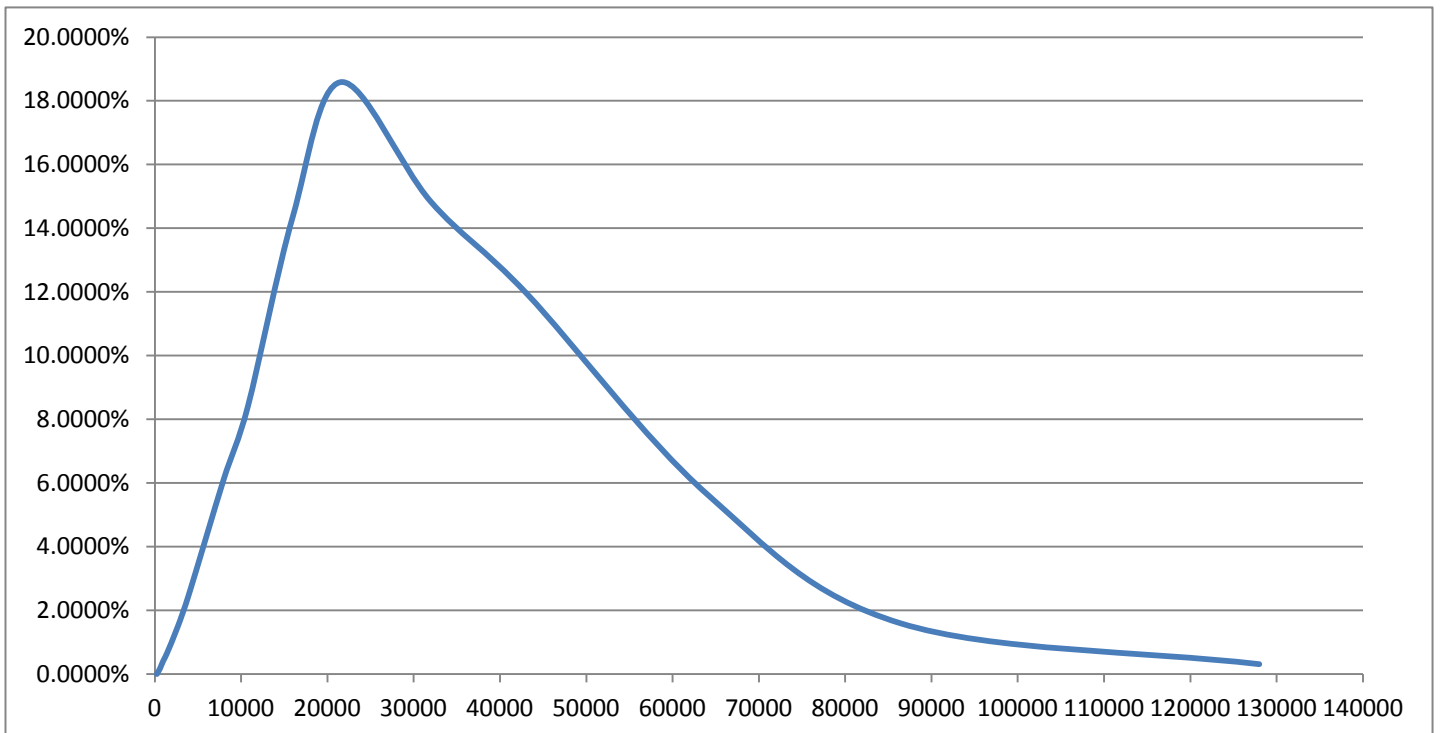


輸入功率與輸出功率與頻率關係圖

頻率

(四) 頻率與轉換率關係圖

百分比



頻率與轉換率

頻率

研究過後我們發現，依我們的技術我們的轉化率大約為 18.6%，以目前業界的技術，理論最高轉化是 90%，而一般的無線充電器轉換率在 75% 上下，加上充電過程原有的 85% 上下轉化率，整個充電過程就只有 60%-75% 上下，所以如果要把能耗降低還有待我們更進一步的研究。

二、無線發電（充電）的缺點

- 1、效率低：我們製作的無線發電（充電）效率只有 18.6%，市面標榜的也只有 60%-75% 上下。
- 2、成本高：需要製作高頻系統及線圈，增加製作成本。
- 3、發熱嚴重：電晶體需要承受高頻及高電流，所以發熱嚴重，需要加裝散熱片來散熱。如果時間足夠，我們打算加裝致冷晶片，將電晶體產生的熱能轉換為電能，電能又可以幫助電晶體散熱。

三、無線發電（充電）的優點

無線發電（充電）轉化率低的狀態下，還是有些實際的用途：

- 1、方便：充電時無需以電線連接，省去充電線的麻煩。
- 2、安全：會接觸水的電器用品，可以完全包覆避免電器用品短路、故障。例如：電動牙刷感應充電。
- 3、醫療：在植入嵌入式醫療裝置上，可以在不損害身體組織的情況下對植入在人體內的醫療裝置進行充電而不需要有電線穿過皮膚及其他自體組織，免去開刀痛苦及感染的風險。

四、Qi（無線充電標準）

我們在搜尋無線充電時，發現一個名詞：Qi（無線充電標準）。

Qi（無線充電標準），是一種由無線充電聯盟所制定的短距離 40mm 低功率無線感應式電力傳輸的互連標準，主要目的是提供行動電話手機與其他攜帶型電子裝置便利與通用的無線充電。

Qi（無線充電標準）是我們下一個研究的主题。

陸、參考資料及其他

一、特斯拉無線傳電的秘密

取自：

<https://www.shs.edu.tw/works/essay/2016/11/2016111612145675.pdf>



二、無線傳電「遠」又「多」— 利用特斯拉線圈自製無線傳電系統

取自：

<https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=15186>



三、跟著鄭大師玩科學 免費能源時代已經來臨？

取自：

<https://www.masters.tw/18251/%E5%85%8D%E8%B2%BB%E8%83%BD%E6%BA%90%E6%99%82%E4%BB%A3%E5%B7%B2%E7%B6%93%E4%BE%86%E8%87%A8>



四、維基百科無線充電

取自：

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%84%A1%E7%B7%9A%E5%85%85%E9%9B%BB>



五、「不插電」電動車環島將成真？改變生活的無線充電技術

取自：

<https://scitechvista.nat.gov.tw/c/sf7J.htm>



六、無線充電和有線充電對比

取自：

<https://kknews.cc/zh-tw/design/nvn5lq3.html>

