

# 屏東縣第 63 屆中小學科學展覽會 作品說明書

科別：物理科

組別：國中組

作品名稱：焦耳小偷-自製電感升壓研究

關鍵詞：焦耳小偷、升壓器、電壓

編號：B2002

## 摘要

本實驗在研究名為”焦耳小偷”的升壓電路中，不同電感對於輸出電壓造成的影響。根據本實驗數據可得出以下結果。1. 輸入電壓低於 0.3V 時，無法透過該電路進行升壓。2. 建議選用 10mm 的鐵芯可以得到最好的升壓效果。3. 匝數纏繞越多，升壓效果越明顯。4. 依照輸出電壓的需求，可依照實驗數據自行搭配鐵芯和纏繞匝數找到最佳組合。

## 壹、前言

### 一、研究動機

現代生活中，電池為我們帶來許多的便利。但是有些一次電池明明內部還有電，但是卻因為電壓的衰退而無法繼續供電而需要淘汰。我們在偶然的機會看到網路上有一種電路，名字叫做”焦耳小偷”，號稱可以榨乾電池內部所有的電力。這點引起了我們了興趣，所以我們開始了對”焦耳小偷”的研究。

### 二、研究目的

- (一) 了解焦耳小偷的工作原理。
- (二) 改變自製電感匝數後，找出匝數和輸出電壓的關係。
- (三) 改變自製電感的鐵芯直徑後，找出直徑和輸出電壓的關係。

### 三、文獻回顧

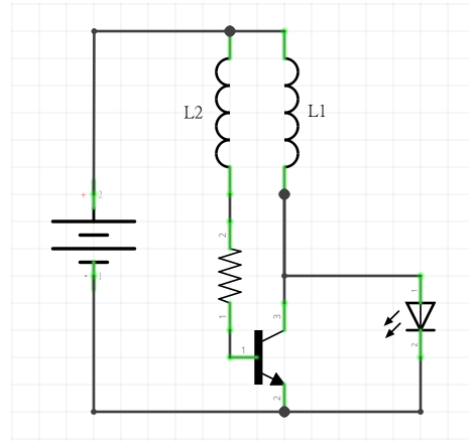
#### (一) 電感

為一種電路元件，以導線繞磁性材料製成，有濾波、放大電壓等功能。根據電磁感應定律，磁場會對載流導線內部電流產生「反抗」現象。若自身產生的磁場造成磁通量變化導致電磁感應，稱為「自感應現象」，若外部磁場造成磁通量變化導致電磁感應，稱為「互感應現象」。另外電感器也有儲能作用，將電能轉換成磁能儲存，儲存的能量和儲能後釋放出的電壓正比於電感量。

#### (二) 焦耳小偷電路

為一種自震盪變壓電路，電路中利用兩個電感器放大電壓後輸出，是一種極簡易的升壓器，運作流程如下：

- (1) 電路導通後電流瞬間經過 L1 導致自感現象發生，此時 L1 形成上正下負的電動勢。
- (2) L1 與 L2 產生互感現象，L2 產生上負下正的感應電動勢，和電池電壓串聯相互疊加，電流流到電晶體基極(B)增大，則從集極(C)流到射極(E)的電流也因此增大。
- (3) 由於從集極(C)流到射極(E)的電流增大，則流過 L1 電流增加，L2 產生的互感電動勢也增大。
- (4) 重複上述流程直到電流大到進入電晶體截止區(飽和導通)，則 L1 電流瞬間減小，產生上負下正感應電動勢。
- (5) L2 也因此產生上正下負互感電動勢，使的流入基極(B)電流快速減小。
- (6) 此時電池電壓串聯 L1 感應上負下正感應電動勢，流入 R2 直到 L1 所儲存磁能用完，則再進入下一個周期。

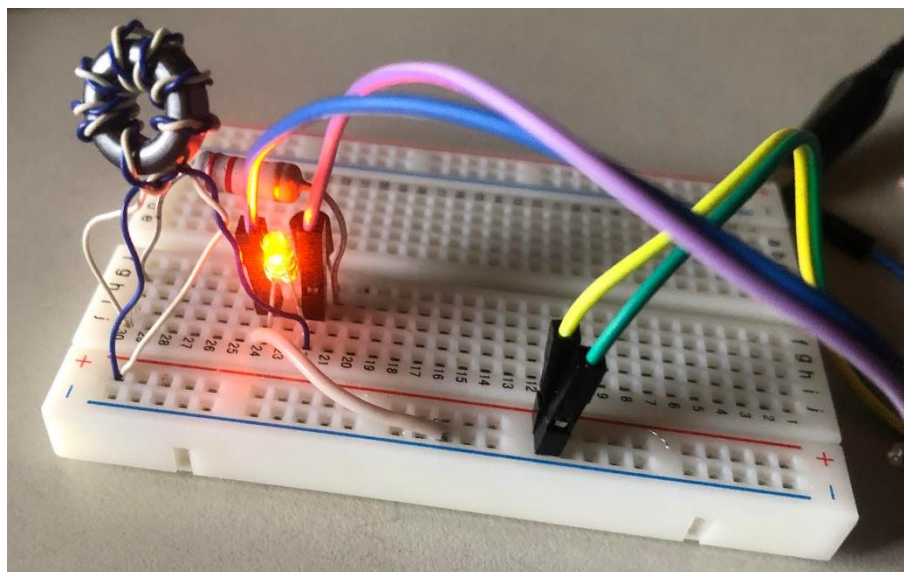


## 貳、實驗器材與裝置

### 一、實驗器材

品名	規格及用途	數量
麵包板	規格：85*55mm 用途：連接電路，修改方便	1
氧化鐵芯	規格：直徑 6mm、10mm、12mm、18mm 用途：製作電感器	4
電晶體	規格：NPN C1815 用途：電路需求	1
示波器	規格：GOS-622G 用途：觀察電感器輸出電壓、波形	1
直流電源供應器	規格：GWINSTEK-GPC-3060D 用途：提供穩定電壓源	1
電阻	規格：22Ω 用途：電路需求	1

## 二、實驗裝置



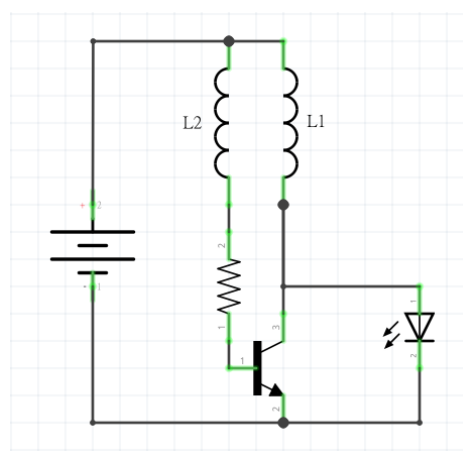
## 參、實驗流程

### 一、製作電感器

取兩條絕緣導線，並排後纏繞氧化鐵芯，可得電路圖中電感器的L1、L2並聯部分。

### 二、接出焦耳小偷電路

右圖為焦耳小偷電路示意圖，其中輸入電源我們是採用直流電供應器，這樣可以方便我們隨時調整輸入的電壓，而且電壓相較電池比較穩定。



### 三、測試不同輸入電壓流經電路後的結果

調整直流電供應器提供電路穩定電壓源(0.3V、0.4V、0.5V、0.6V、0.9V)，利用示波器觀察 22Ω 電阻端的輸出電壓、波形，並記錄下數據。

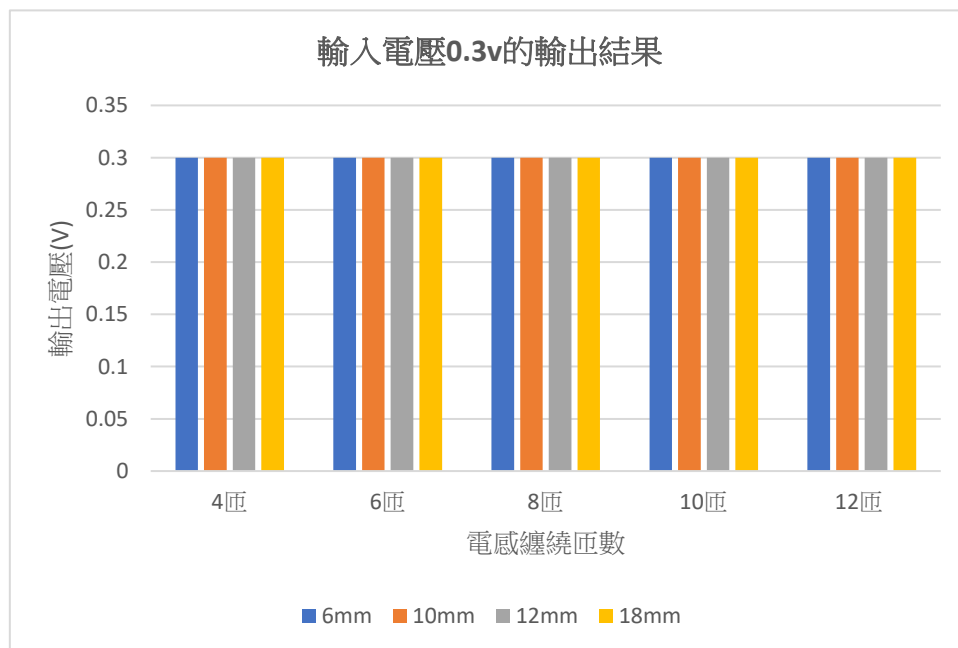
四、更換不同匝數的自製電感，重複上面步驟一到步驟三。

五、更換不同直徑的自製電感，重複上面步驟一到步驟三。

## 肆、研究結果

一、輸入電壓為 0.3v，不同直徑、匝數的自製電感，輸出電壓結果如下：

直徑 \ 匝數	匝數				
	4 匝	6 匝	8 匝	10 匝	12 匝
6mm	0.3v	0.3v	0.3v	0.3v	0.3v
10mm	0.3v	0.3v	0.3v	0.3v	0.3v
12mm	0.3v	0.3v	0.3v	0.3v	0.3v
18mm	0.3v	0.3v	0.3v	0.3v	0.3v



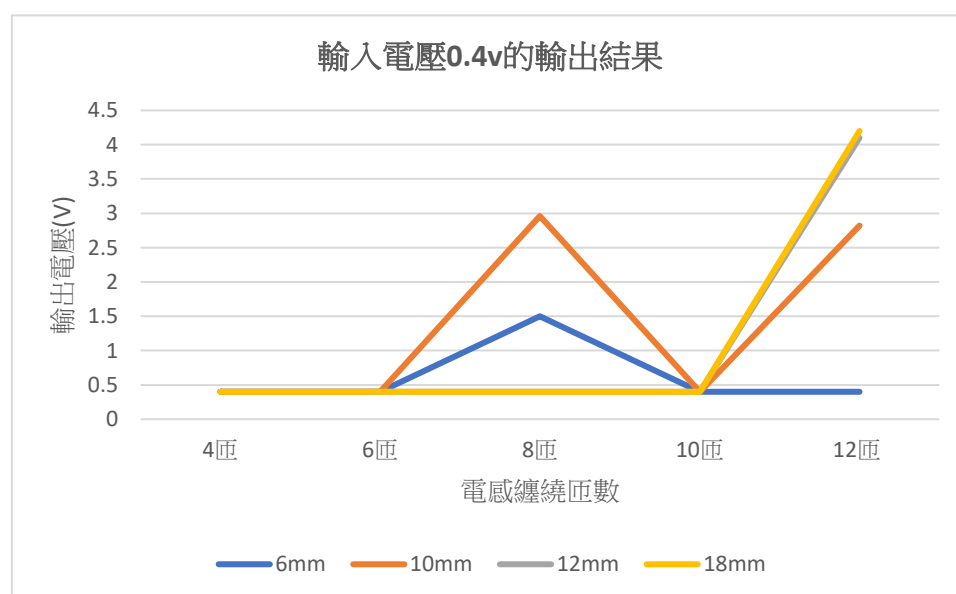
從數據可以看出，輸出電壓和輸入電壓相比完全沒有改變，和匝數及線圈直徑都沒有關係，也就是說 0.3V 已經低於焦耳小偷電路的作用範圍。所以當電池的電壓低於 0.3V 時，可視為無法再利用該電路增壓。

而因為電壓並沒有任何變化，如果採用折線圖會形成全部疊在一起的水平線，所以我們這個數據轉換出來的圖形是採用長條圖表示。

二、輸入電壓為 0.4v，不同直徑、匝數的自製電感，輸出電壓結果如下：

直徑 \ 匝數	4 匝	6 匝	8 匝	10 匝	12 匝
6mm	0.4v	0.4v	1.5v	0.4v	0.4v
10mm	0.4v	0.4v	2.96v	0.4v	2.82v
12mm	0.4v	0.4v	0.4v	0.4v	4.1v
18mm	0.4v	0.4v	0.4v	0.4v	4.4v

(圖中有底色的部分為有升壓的部分，其餘為沒有升壓)



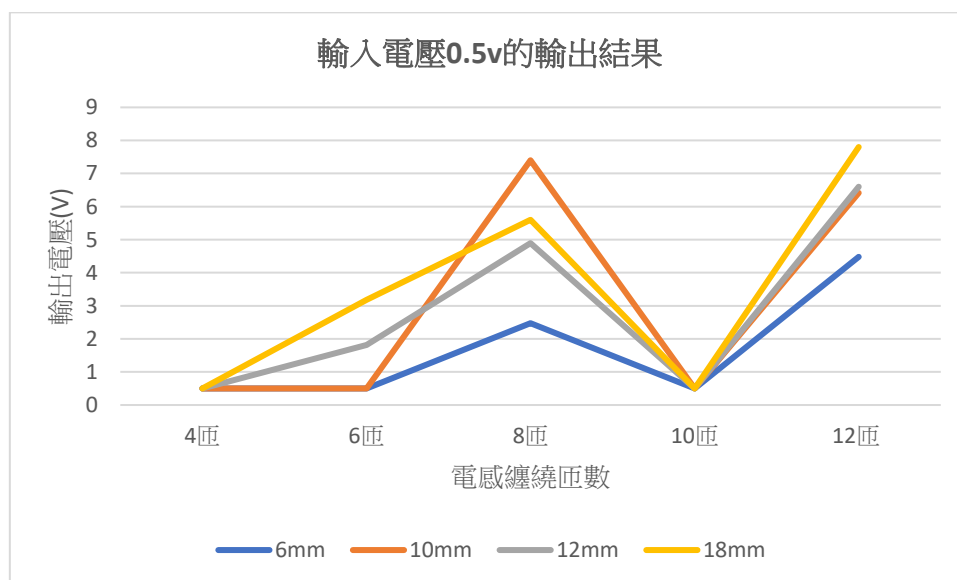
輸入電壓增加為 0.4V 時，可以從數據中看出 4 匝、6 匝及 10 匝完全沒有升壓。而 8 匝時是 6mm 與 10mm 的鐵芯才能升壓；纏繞圈數為 12 匝時，則是 10mm、12mm 與 18mm 三種直徑的鐵芯才能造成升壓。

這表示如果要對 0.4V 的輸入電壓升壓是有機會的，但是需要考慮鐵芯直徑和纏繞匝數的搭配才辦得到。

三、輸入電壓為 0.5v，不同直徑、匝數的自製電感，輸出電壓結果如下：

直徑 \ 匝數	4 匝	6 匝	8 匝	10 匝	12 匝
6mm	0.5v	0.5v	2.47v	0.5v	4.48v
10mm	0.5v	0.5v	7.4v	0.5v	6.41v
12mm	0.5v	1.82	4.89v	0.5v	6.6v
18mm	0.5v	3.18v	5.6v	0.5v	7.8v

(圖中有底色的部分為有升壓的部分，其餘為沒有升壓)



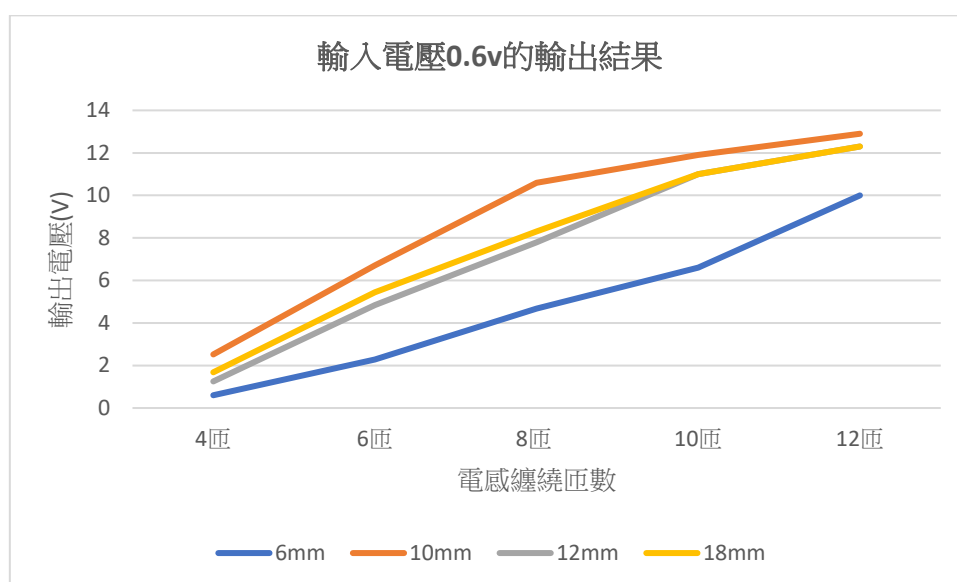
輸入電壓為 0.5V 的實驗結果中，可以看出 4 匝與 10 匝一樣沒有造成升壓，但是 8 匝與 10 匝的升壓效果相較 0.4V 時提升許多。而纏繞匝數為 6 匝的時候，則是要搭配 12mm 與 18mm 的鐵芯才能達到升壓的效果。

而在所有的搭配中，以 12 匝、18mm 鐵芯的搭配能造成最好的升壓效果；而當匝數為 12 匝時，升壓效果則是會隨著鐵芯的直徑增加而提升。

四、輸入電壓為 0.6v，不同直徑、匝數的自製電感，輸出電壓結果如下：

直徑 \ 匝數	4 匝	6 匝	8 匝	10 匝	12 匝
6mm	0.6v	2.28v	4.68v	6.6v	10v
10mm	2.52	6.71v	10.6v	11.9	12.9v
12mm	1.25	4.84v	7.80v	11v	12.3v
18mm	1.68v	5.44v	8.31	11.1	12.3v

(圖中有底色的部分為有升壓的部分，其餘為沒有升壓)



在輸入電壓為 0.6V 的實驗結果中，唯一沒有升壓的是 4 匝、6mm 鐵芯的搭配。其餘的搭配則是在同樣尺寸的鐵芯時，隨著匝數的增加而造成輸出電壓的上升。

接著我們觀察不同直徑的鐵芯，可以發現採用 10mm 的鐵芯時，在我們測試的不同匝數下，升壓效果明顯優於其他直徑的鐵芯；而採用 6mm 鐵芯製作的電感，整體看來升壓效果明顯較其他直徑時低。

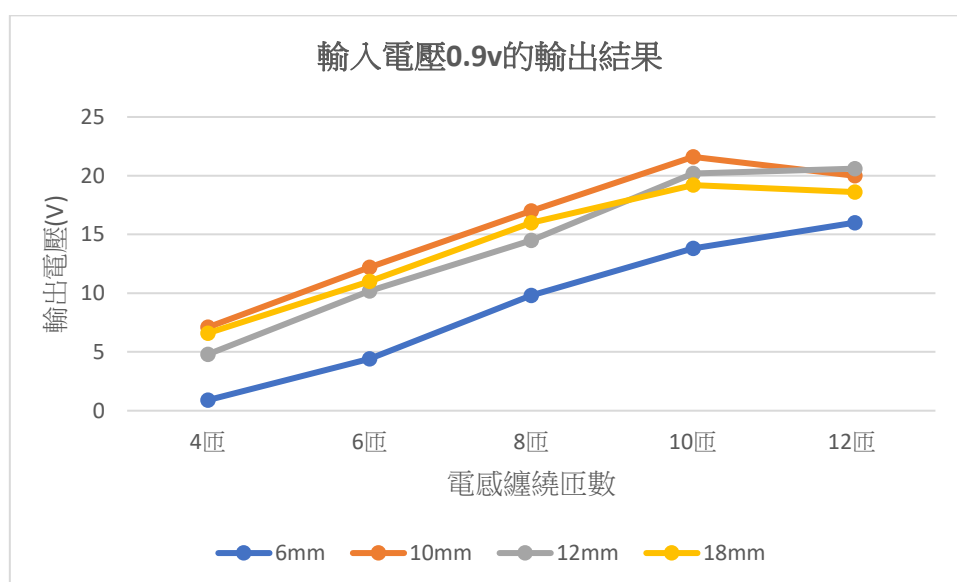
而在所有的搭配中，升壓效果最好的是 12 匝搭配 10mm 的鐵芯。這樣的搭配能將 0.6V 的輸入電壓升到 12.9V 輸出，整體的升壓幅度約為 21 倍。



五、輸入電壓為 0.9v，不同直徑、匝數的自製電感，輸出電壓結果如下：

直徑 \ 匝數	4 匝	6 匝	8 匝	10 匝	12 匝
6mm	0.9v	4.4v	9.8v	13.8v	16v
10mm	7.1v	12.2v	17v	21.6v	20v
12mm	4.8v	10.2v	14.5v	20.2v	20.6v
18mm	6.6v	11v	16v	19.2v	18.6v

(圖中有底色的部分為有升壓的部分，其餘為沒有升壓)



當輸入電壓為 0.9V 時，跟 0.6V 的狀況差不多。一樣是 4 匝、6mm 的組合沒有升壓，其餘都有升壓。

當鐵芯的尺寸相同時，輸出電壓基本上是隨著匝數的增加而增加。而從我們的數據中一樣可以看出 6mm 的鐵芯整體的升壓效果最差，10mm 的鐵芯除了在 12 匝的升壓略低於 12mm 的鐵芯時，其餘匝數都是高於其他直徑的鐵芯的。整體看來，升壓效果最好的是出現在 10 匝、10mm 的鐵芯組合。

## 伍、討論

我們一開始試做實驗時，裝置無法順利升壓，所以我們開始尋找無法升壓的原因。查找過文獻資料後，發現是因纏繞線圈的方式錯誤，因而導致無法升壓。在改變纏繞方式後，升壓結果有得到明顯的改善。

由於電感器能儲存的能量和儲能後釋放出的電壓正比於電感量，此當電路中電感器電感量越高， $22\Omega$  電阻端電壓也就越大，當電感器能儲存的能量越多，放電所需的時間也就越長。

接著我們進一步檢視細部數據，發現輸入電壓低於 0.5V 時，升壓的數值有明顯差異。而輸入電壓高於 0.6V 後，由實驗數據中，我們可以發現直徑為 10mm 的鐵芯升壓效果最好，直徑 12mm 與 18mm 的鐵芯升壓值大致相同，升壓效果最差的鐵芯直徑為 6mm。

在線圈匝數部分以 12、10 匝的升壓效果最好，可將 0.6v 的電升至 12.9v；線圈匝數為 4 匝的組別升壓效果最不明顯。

輸入電壓為 0.3V 時，無法透過此裝置升壓；0.4~0.5V 這個區間升壓的數值不穩定；0.6~0.9V 升壓值穩定且最高可升到 20 倍左右。透過此實驗，我們知道了要完全榨乾電池中剩餘的電壓是不可能的，廢電池剩餘最低不能低於 0.4v 否則將無法升壓。但大部分廢電池大約還有 0.7v 的電量，因此基本上是可以透過裝置提取廢電池中大部分的剩餘電量。

## 陸、結論

### 一、焦耳小偷電路升壓條件

經測試，若要使輸入電壓經焦耳小偷電路成功升壓，輸入電壓至少要在 0.4v 以上，否則將無法升壓。但輸入電壓在 0.4~0.5v 之間時，線圈纏繞匝數需在 8 匝以上，才有可能升壓，且此區間升壓值不穩定。

而當輸入電壓高於 0.6V 時，除了 6mm、4 匝的電感外，其餘可依照自己的升壓需求組合鐵芯和纏繞圈數。





















### 二、升壓範圍

我們作的實驗中，升壓倍數在 0.4V 時，最高可達到 10 倍左右；在 0.5V 時可達到 15.6 倍；在 0.6V 時可達到 21.5 倍；而到 0.9V 時，可以達到 24 倍。就結果來看，輸入電壓越高，可得到的升壓範圍就越廣。

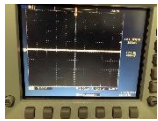
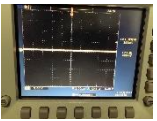
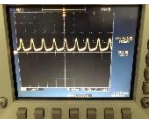
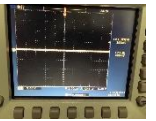
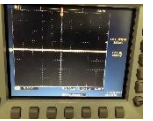
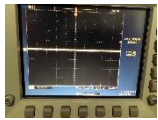
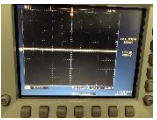
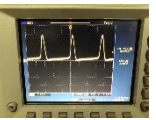
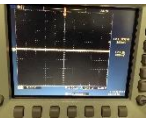
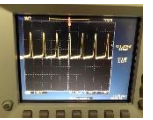
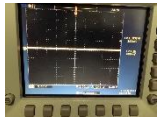
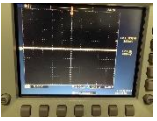
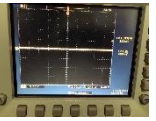
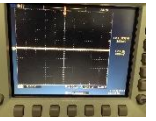
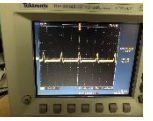
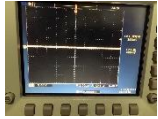
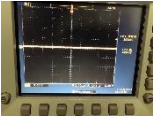
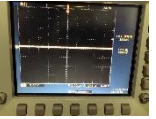
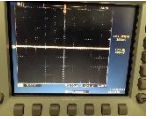
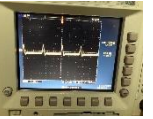
## 柒、參考資料及其他

### 一、其他

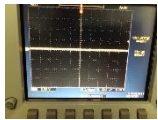
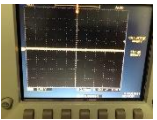
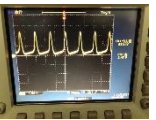
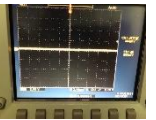
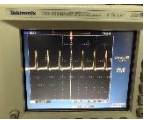
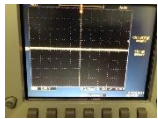
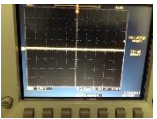
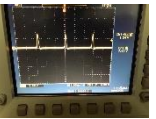
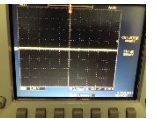
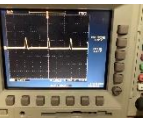
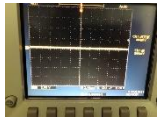
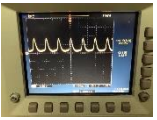
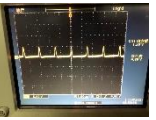
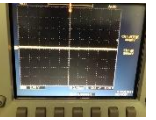
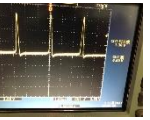
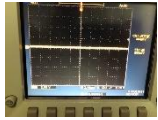

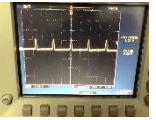
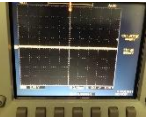
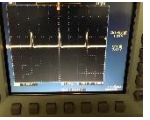
(一) 輸入電壓為 0.3v，不同直徑、匝數的自製電感，示波器輸出結果如下表：

直徑 \ 匝數	4 匝	6 匝	8 匝	10 匝	12 匝
6mm					
10mm					
12mm					
18mm					

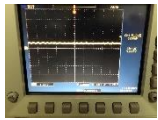
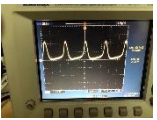
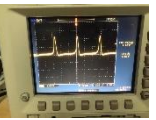
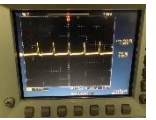
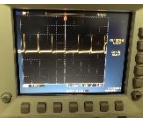
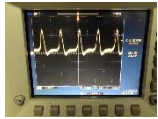
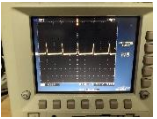
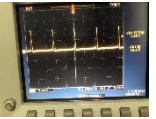
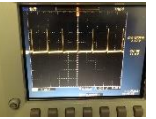
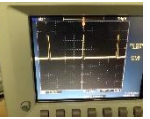
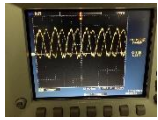
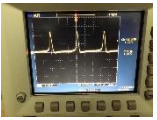
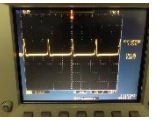

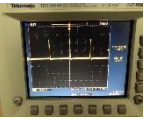
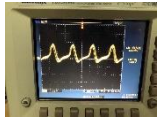
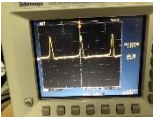


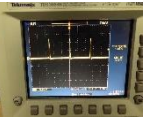
(二) 輸入電壓為 0.4v，不同直徑、匝數的自製電感，示波器輸出結果如下表：

直徑 \ 匝數	4 匝	6 匝	8 匝	10 匝	12 匝
6mm					
10mm					
12mm					
18mm					

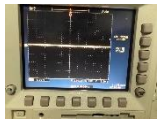
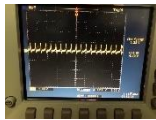
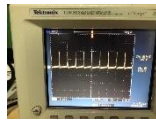
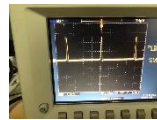
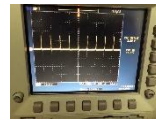
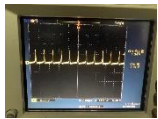
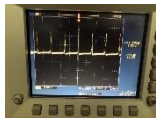

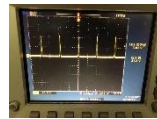
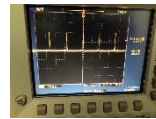
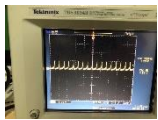
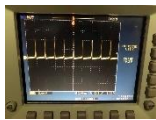
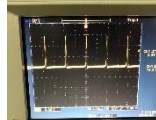
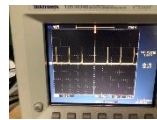
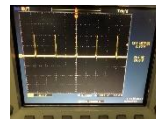
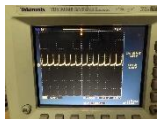
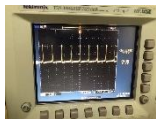
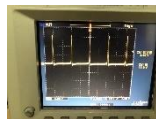
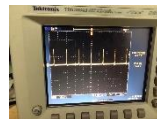
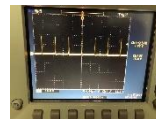
(三) 輸入電壓為 0.5v，不同直徑、匝數的自製電感，示波器輸出結果如下表：

直徑 \ 匝數	4 匝	6 匝	8 匝	10 匝	12 匝
6mm					
10mm					
12mm					
18mm					

(四) 輸入電壓為 0.6v，不同直徑、匝數的自製電感，示波器輸出結果如下表：

直徑 \ 匝數	4 匝	6 匝	8 匝	10 匝	12 匝
6mm					
10mm					
12mm					
18mm					

(五) 輸入電壓為 0.9v，不同直徑、匝數的自製電感，示波器輸出結果如下表：

直徑 \ 匝數	4 匝	6 匝	8 匝	10 匝	12 匝
6mm					
10mm					
12mm					
18mm					

## 二、參考資料

1. DIY Hacks and How Tos (2019 年 1 月 19 日)。Joule Thief。<<https://reurl.cc/NZGQrx>>
2. 科技大家談(2019 年 1 月 9 日)。最適合電子愛好者、初學者學習的小電路、焦耳小偷電路的理解分析[影片]。Youtube。<<https://reurl.cc/825vNM>>
3. BUfidea(2020 年 4 月 1 日)。電感器[影片]。<<https://reurl.cc/oxZRKD>>