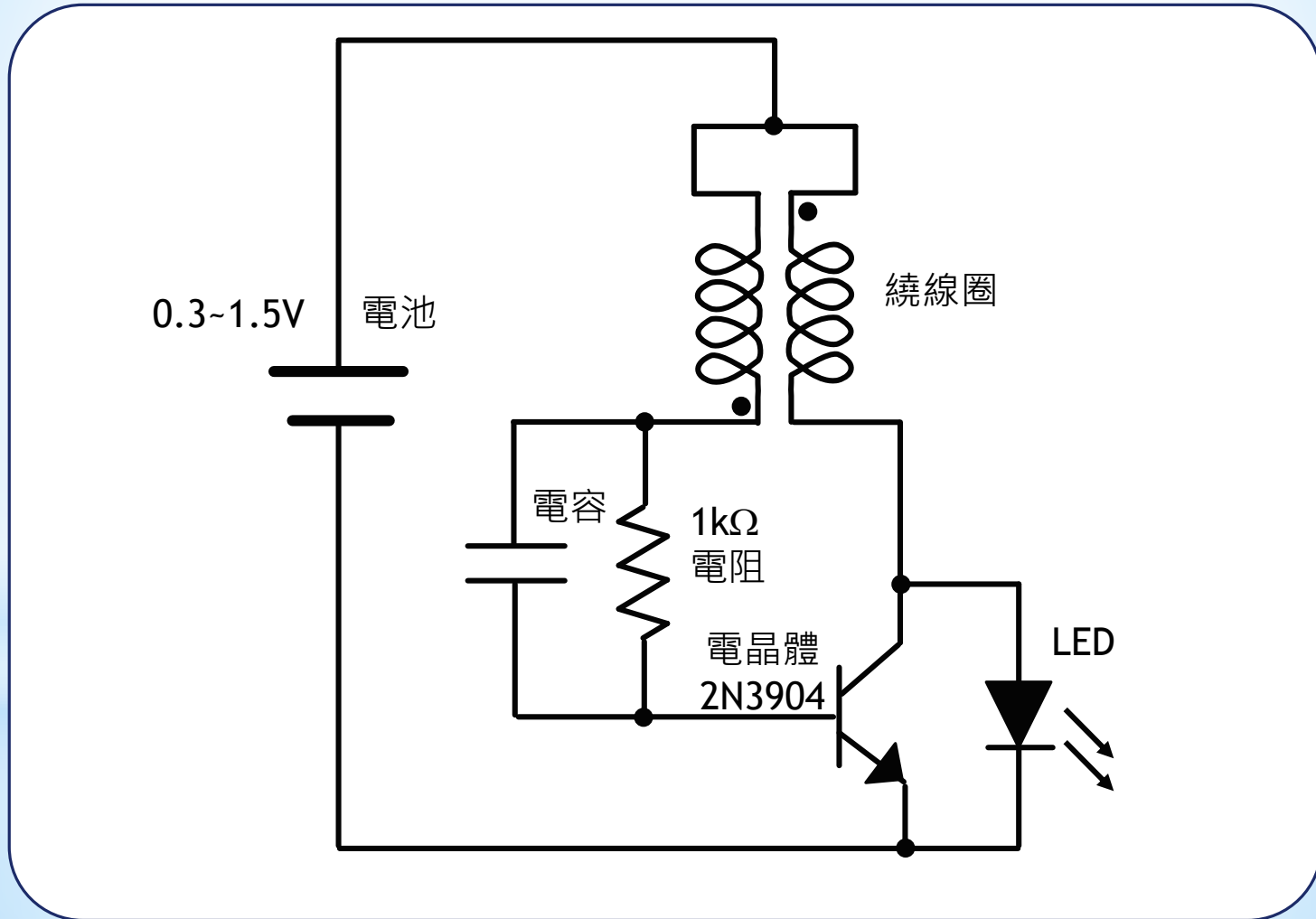


焦耳神偷 (JOULE THIEF)



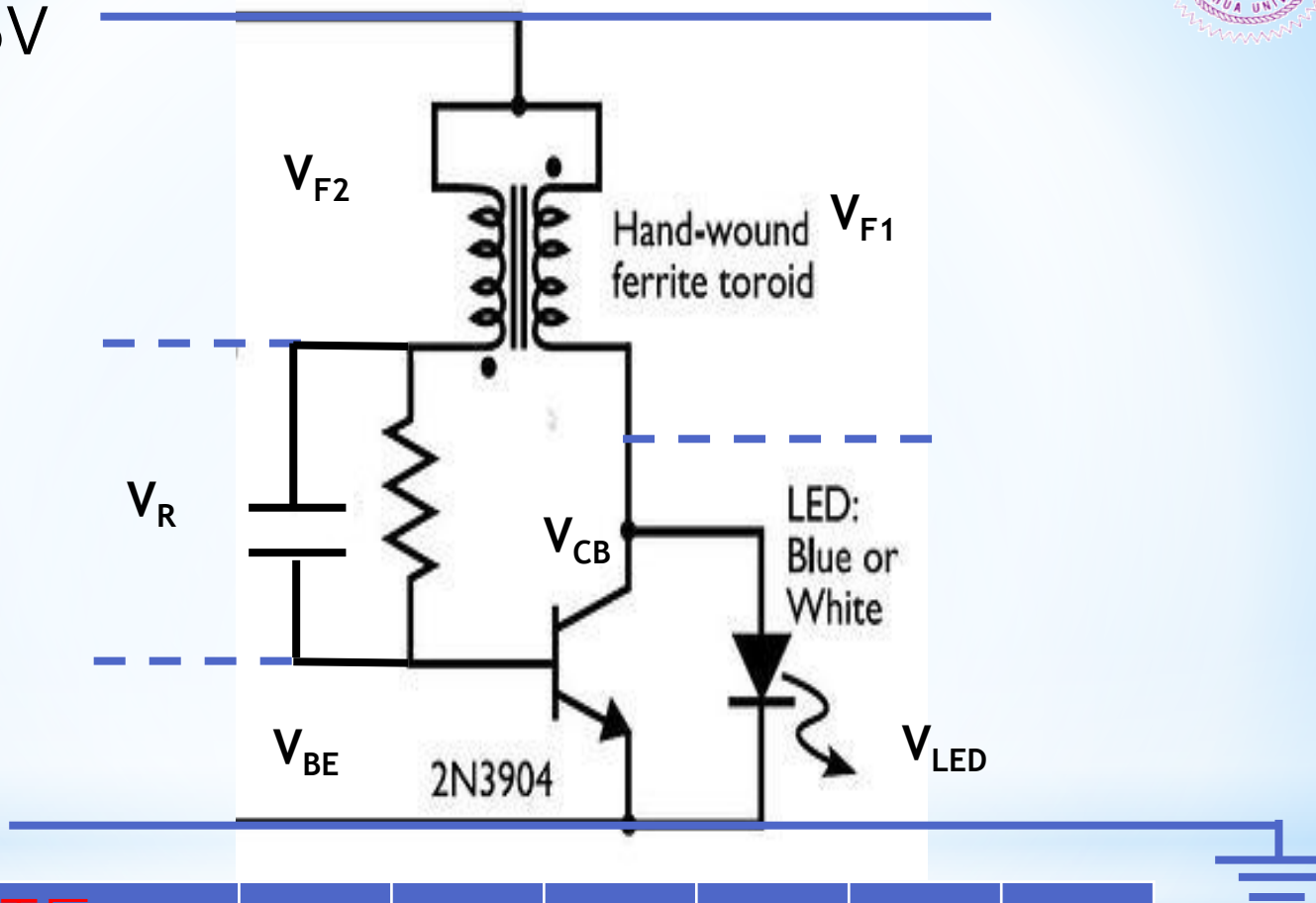
新版---以電容取代磁鐵環



試測量各元件的頻率及電壓



電池電壓：1.5V

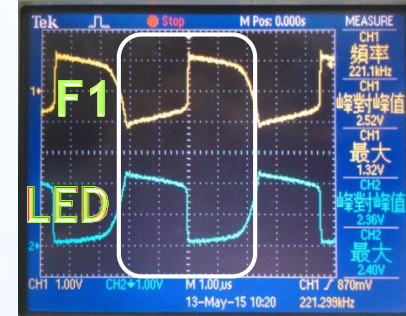
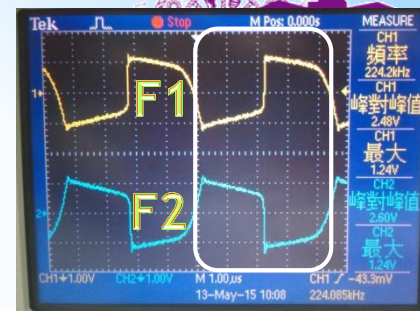
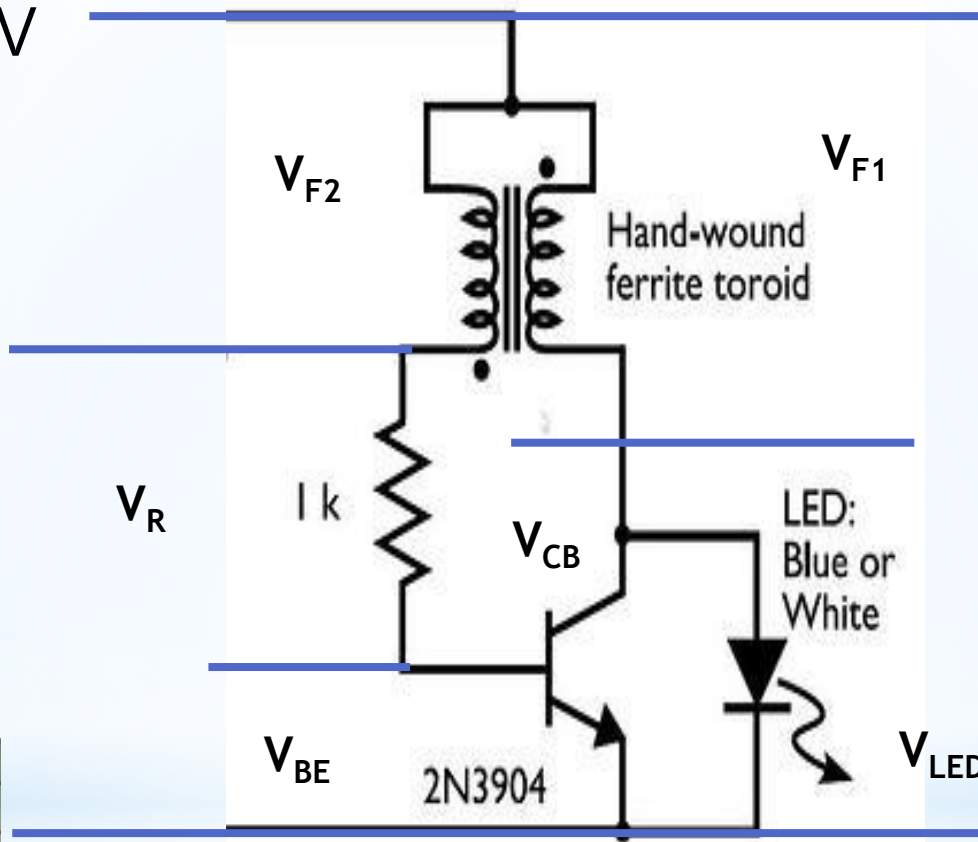
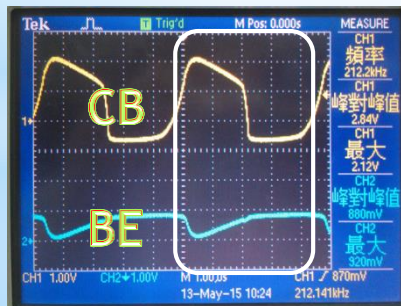
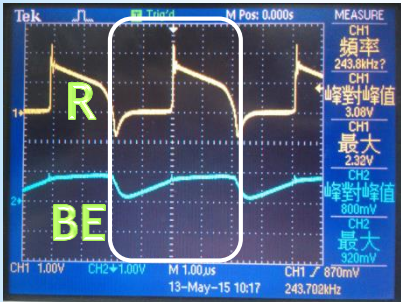
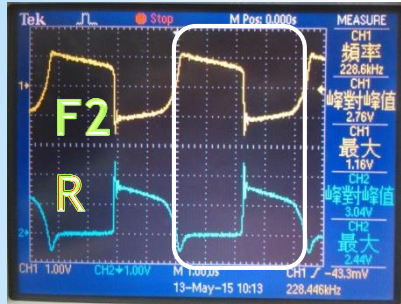


電壓	V_{F1}	V_{F2}	V_R	V_{CB}	V_{BE}	V_{LED}
頻率(kHz)						
峰對峰 (V_{p-p})						
最大 (V_{max})						

(黃光LED:工作電壓/電流1.8~2.2V/20mA)

僅供參考(因電路稍有不同-舊版)

電池電壓：1.5V



電壓	峰對峰 (V)	最大 (V)
V_{F2}	2.76	1.16
V_R	3.04	2.44
V_{BE}	0.8	0.92

電壓	峰對峰 (V)	最大 (V)
V_{F1}	2.52	1.32
V_{CB}	2.84	2.12
V_{LED}	2.32	2.36

周期：4 μ s

頻率：0.25 MHz



以下為參考資料

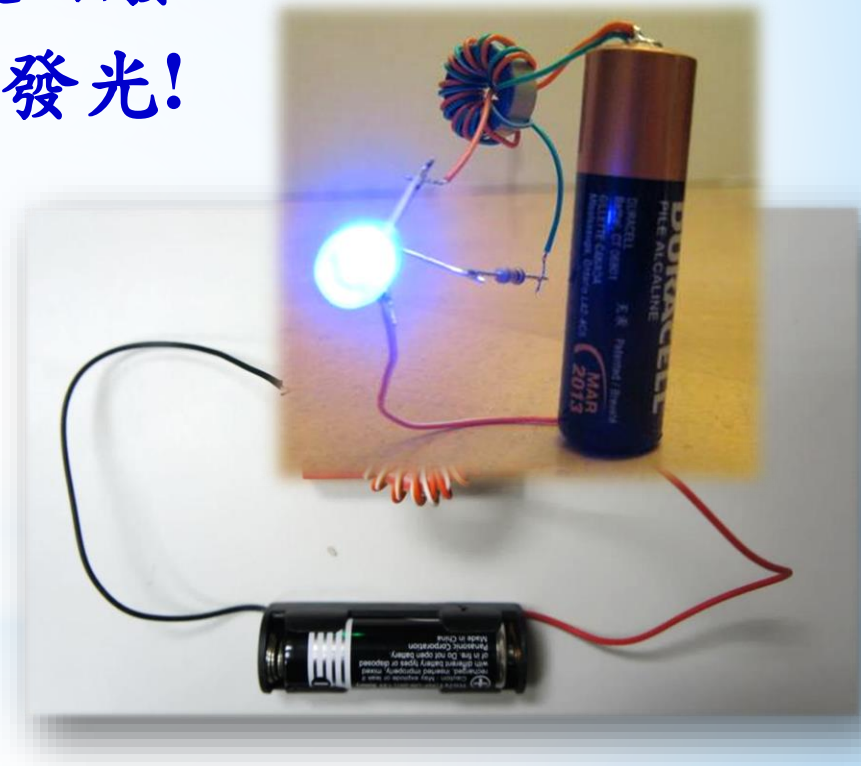


焦耳神偷 (JOULE THIEF)



~舊電池的回春之術~

小小的升壓電路,就能使用廢
舊電池點亮LED二極體發光!



清大物理系 & 科普團隊 戴明鳳 教授

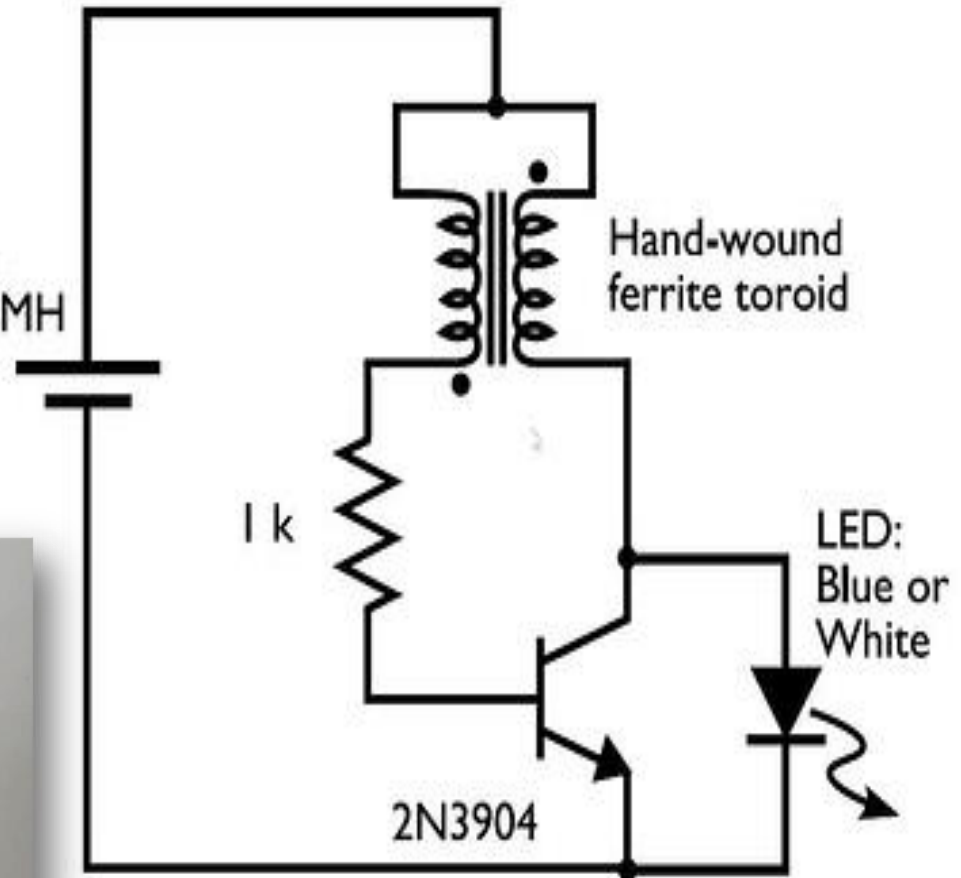
焦耳神偷



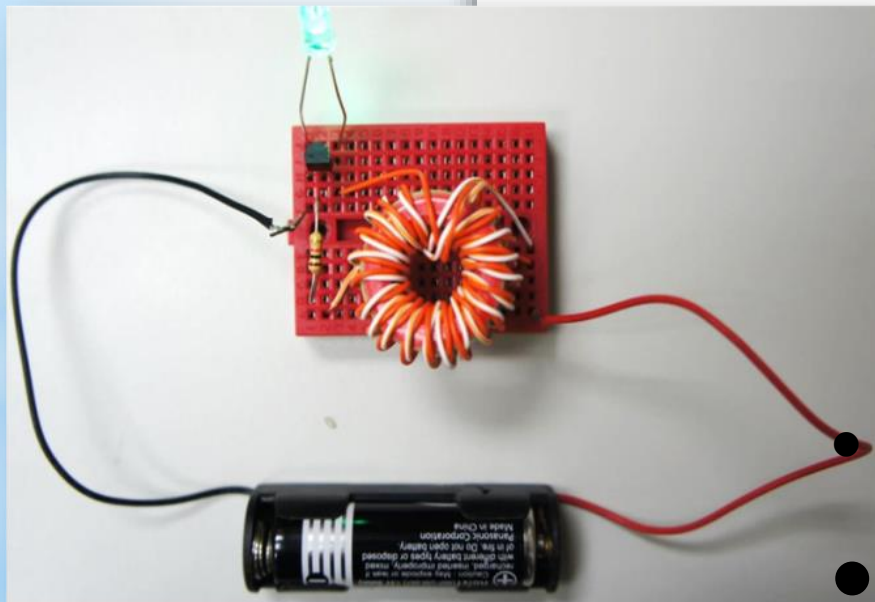
- 焦耳神偷：最小型的阿姆斯壯自激發振盪升壓器 (Armstrong self-oscillating voltage booster)
- 可使實際上因電壓不夠而報廢的電池能夠再利用，減少資源的浪費，盡一份環境保護的責任。
- 此簡單電路源自於1999年11月份Everyday Practical Electronics (EPE)，p.804，Ingenuity Unlimited 單元中讀者的回饋。
- 體積小，成本低，而且易於製造；通常用於驅動低負載。
- 可以將電池幾乎所有的能量使用殆盡，甚至遠低於在其他電路考慮完全放電的電池的電壓，因而得名。
- 即電路從電池偷得能量或”焦耳”，此詞是一個雙關語的表達如”珠寶竊賊”：誰偷了首飾或寶石。
- 該電路採用的自激振盪特性間歇振盪器，形成一個調節電壓的升壓轉換器。以輸入高電流消耗為代價，使輸出電壓上升。

電路圖

Single Battery Cell:
Alkaline, NiCD, NiMH
(0.3 - 1.5 V typ.)



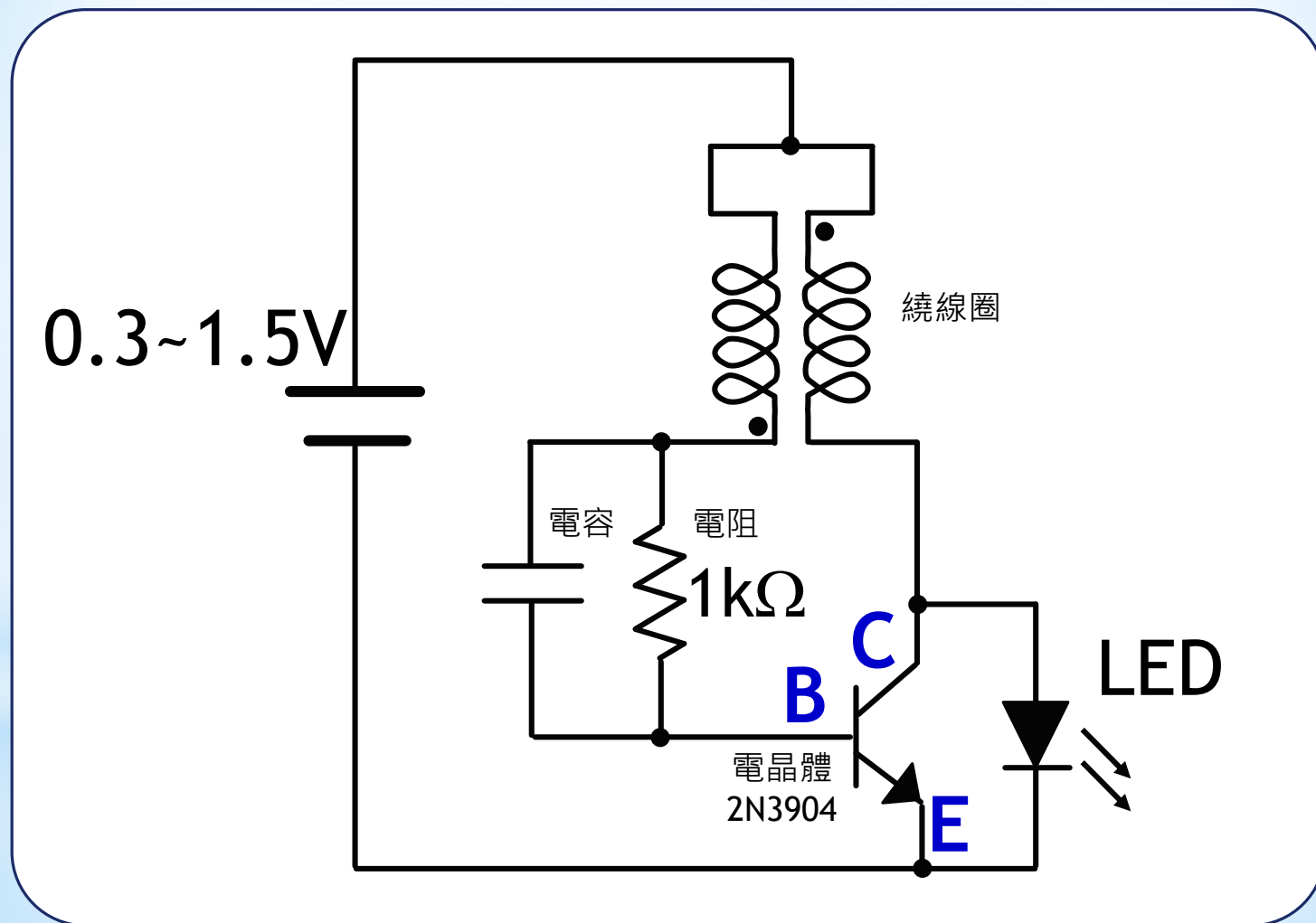
圖源：http://farm3.static.flickr.com/2327/1828270262_b76c867954.jpg



- Make a Joule Thief,
www.instructables.com/...ief/#step1
- 經過測量,總耗電電流37mA,發光二極管兩端的波形頻率52KHz,占空比24%



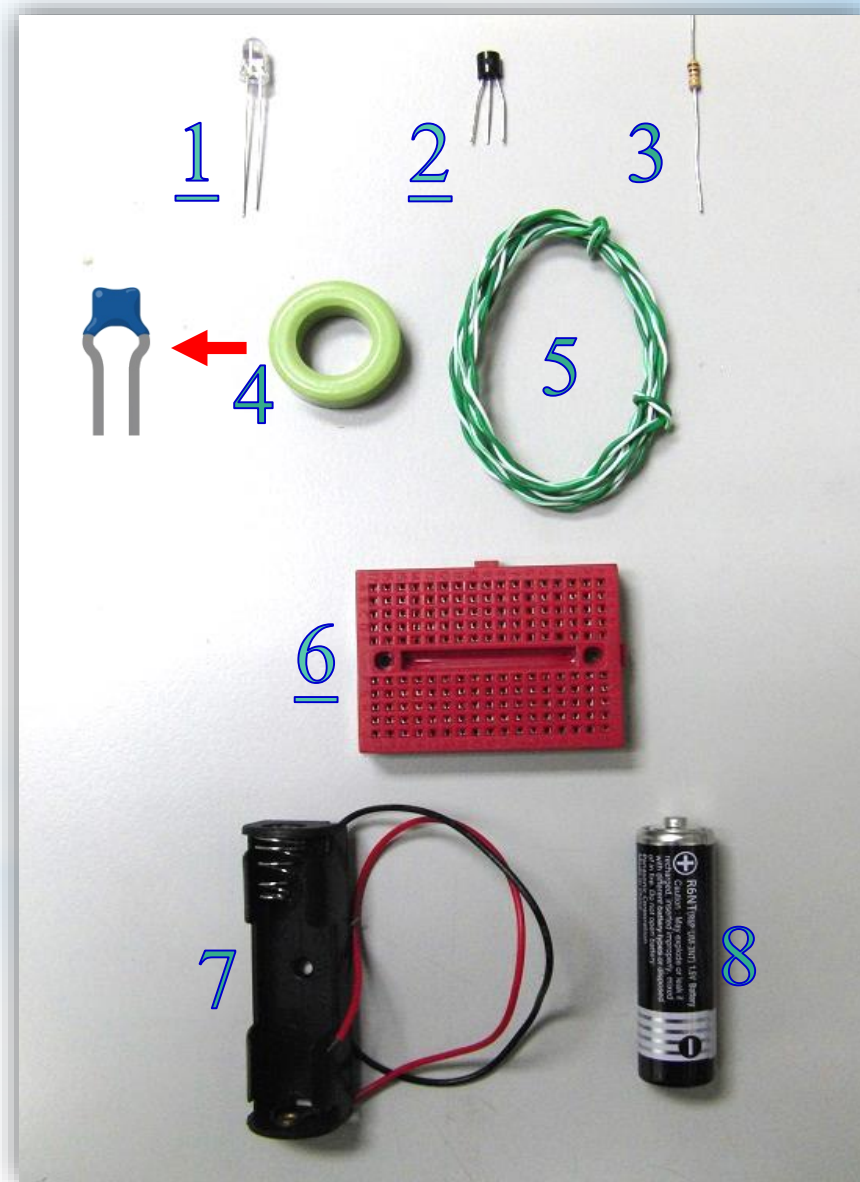
新版---以電容取代磁鐵環



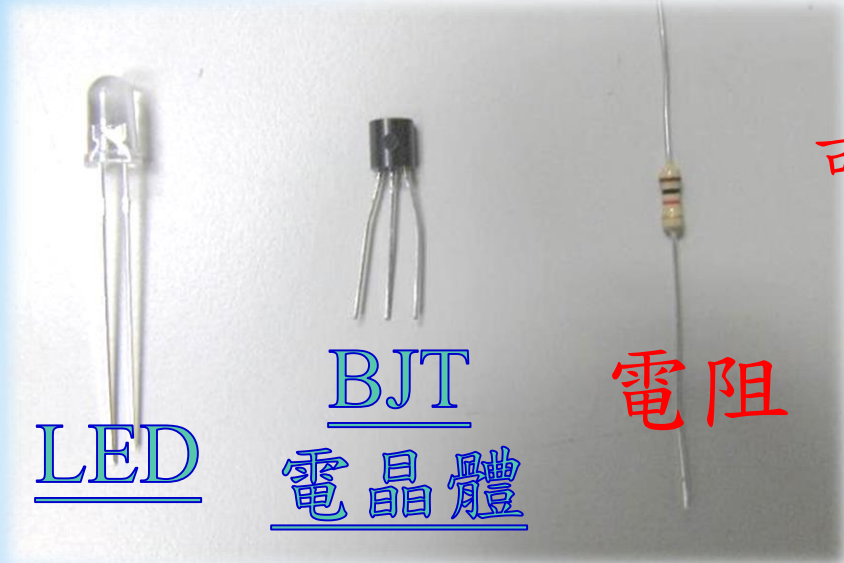
實 驗 材 料



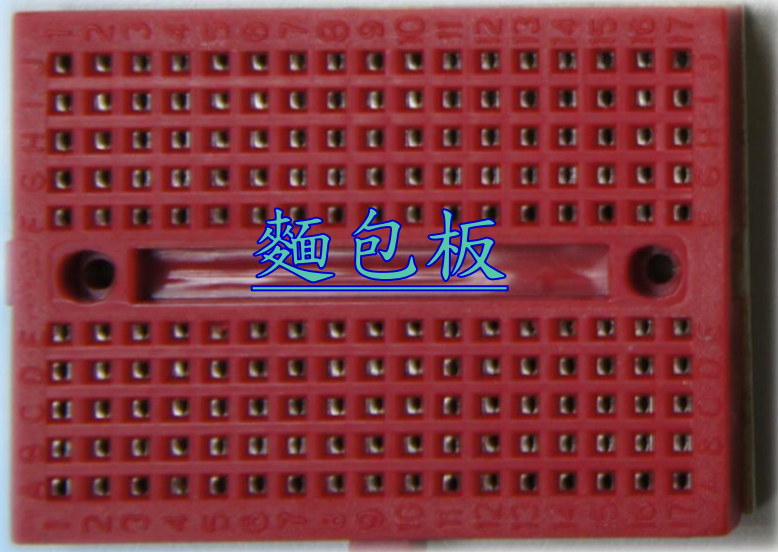
1. 藍光 LED
2. 電晶體 2N3904
3. 電阻 1 k Ω
4. 鐵粉心
→現以電容元件取代
5. 雙絞線(可用網路線)
6. 麵包板
7. 3號電池座
8. 3號電池



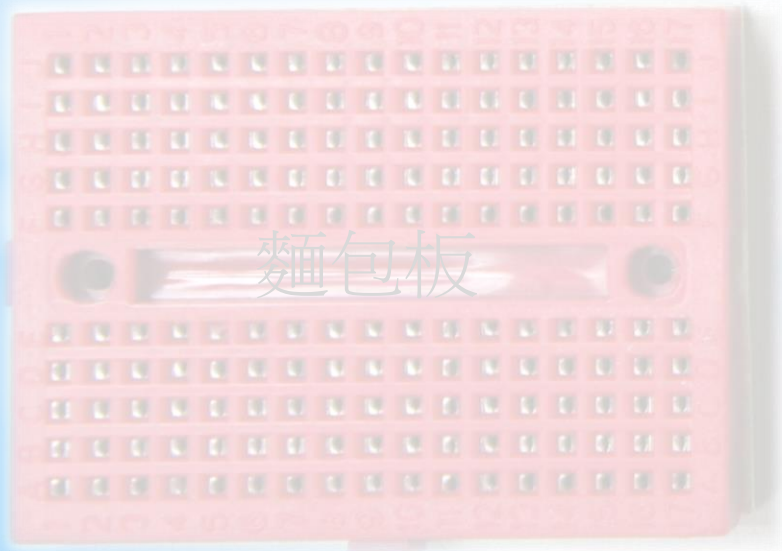
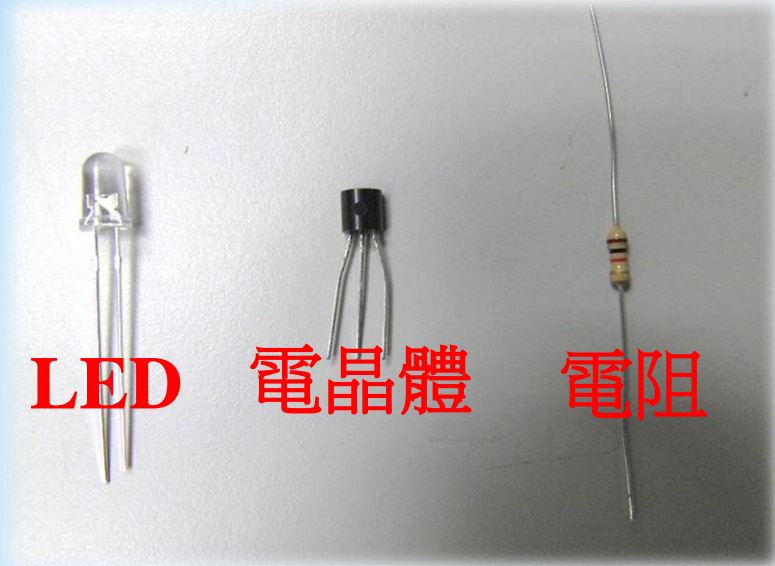
元件與材料介紹



鐵粉心
可改以電容取代



元件介紹



LED 燈簡介



1. 發光二極體 (Light-Emitting Diode, LED) 是一種能發光的半導體電子元件，可以把**電能轉化成光能**。
2. LED在1962年出現，早期只能夠發出低光度的紅光；時至今日，能夠發出的光已遍及可見光、紅外線及紫外線。
3. LED與一般二極體皆由P型、N型半導體組合而成，具有陽極和陰極兩個端子。
4. LED的電流只能往單一方向流動，可以從陽極流向陰極，不能從陰極流向陽極，此種單向導電的特性通常稱為**整流**。
5. LED順向流通時具有**順向偏壓**，當電流流過時，電子與電洞在其內重合而輻射出單色光；逆向阻斷時則具有**逆向偏壓**。
6. LED發出的光線，其波長、顏色與其所採用的半導體物料種類和摻入的**元素雜質**有關。

LED 燈簡介



1. 發光二極體 (Light-Emitting Diode, LED) 是一種能發光的半導體電子元件，可以把電能轉化成光能。
2. LED在1962年出現，早期只能夠發出低光度的紅光；時至今日，能夠發出的光已遍及可見光、紅外線及紫外線。
3. LED與一般二極體皆由P型、N型半導體組合而成，具有陽極和陰極兩個端子。

LED 該如何判斷正、負極呢？



回介紹面

LED正負極判斷



負極

正極

大片

小片

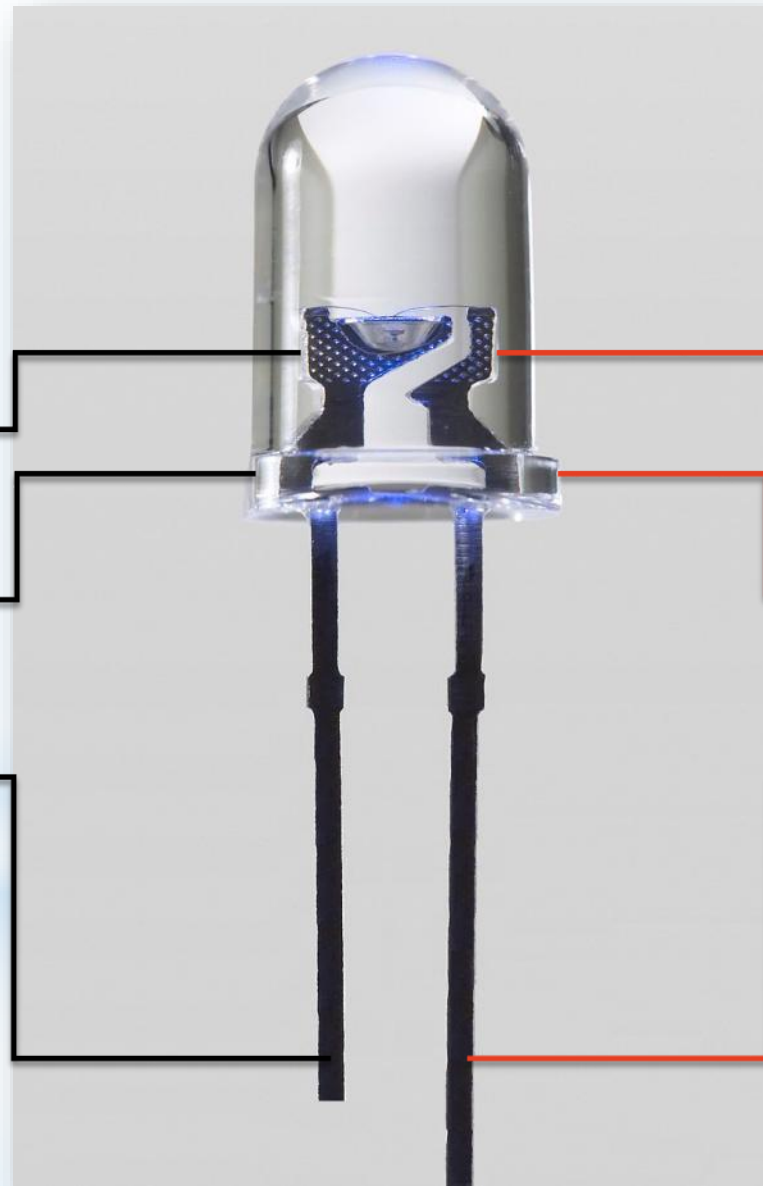
平邊

圓邊

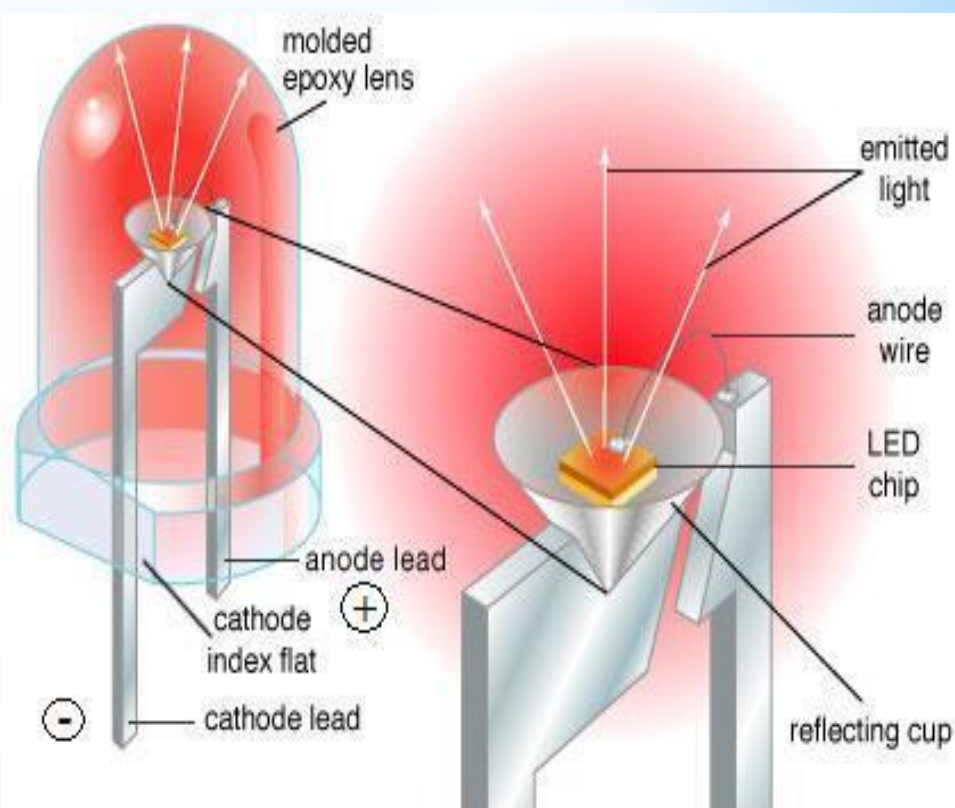
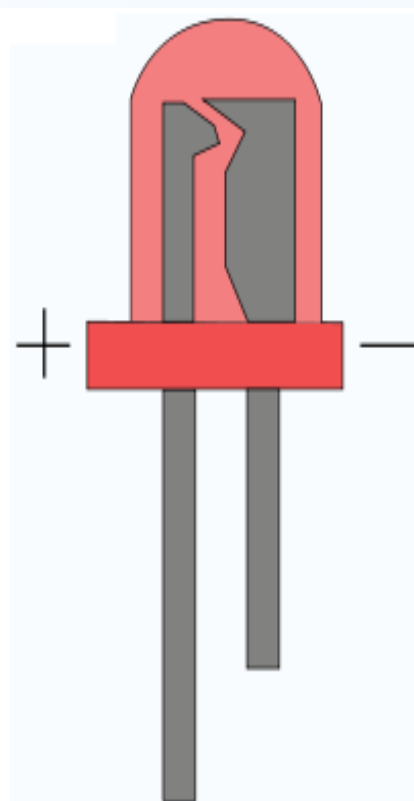
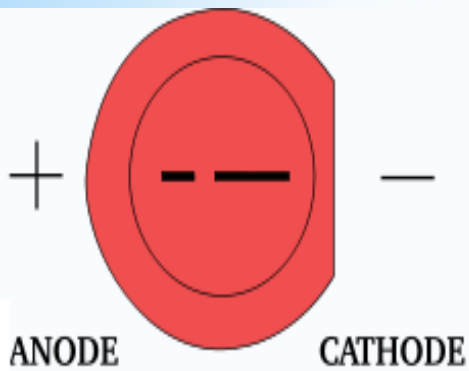
短腳

長腳

[回介紹面](#)

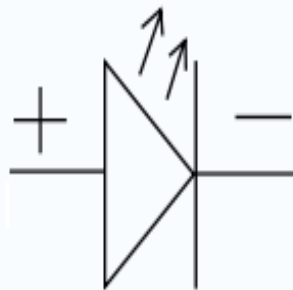


LED結構及電路符號

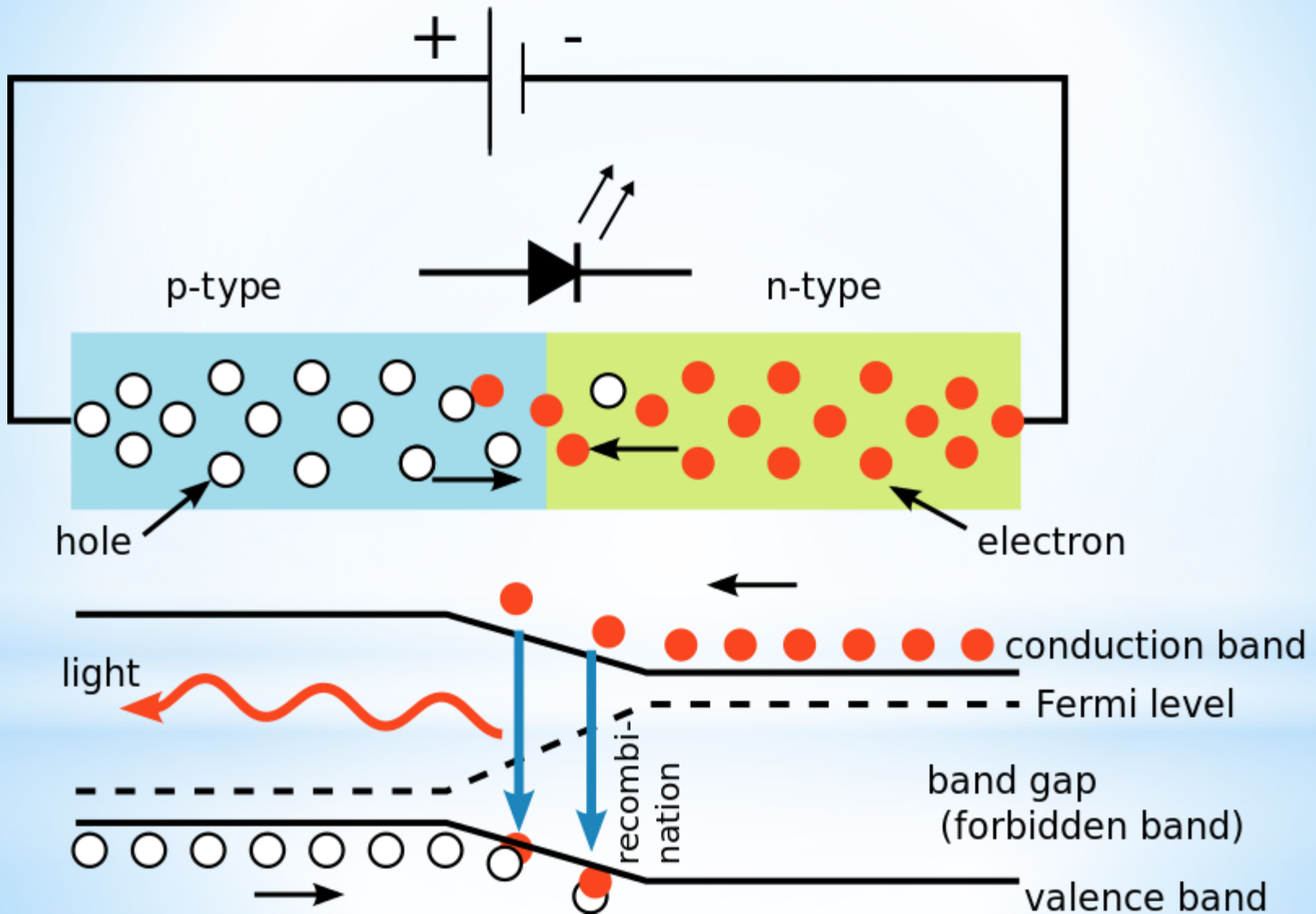


http://www.societyofrobots.com/electronics_led_tutorial.shtml

http://www.jandy-electronic.com/public_html/led%20model.jpg

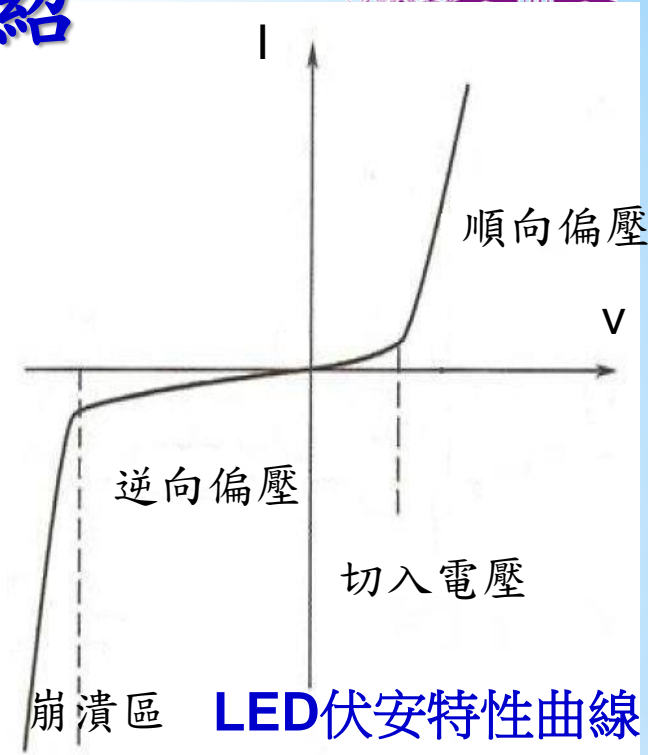


LED發光二極體的P-N接面圖

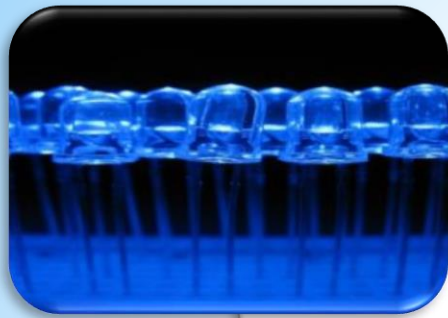


LED發光二極體的特性介紹

1. LED電流只能往**單一**方向流動，可以從陽極流向陰極，不能從陰極流向陽極，此種單向導電特性稱為**整流效應**。
2. LED需有足夠高的**順向偏壓**時，才可產生較大的順向電流流過，此時電子與電洞在其內重合而輻射出單頻光；
3. **逆向偏壓**：則使電子電洞反被逆向推開，故使電阻變大，阻斷電流通，故無電流。
4. LED發出之光線的波長、顏色與其所使用的半導體**材料種類**和摻入的**元素雜質**有關。



光線顏色	波長(nm)	順向偏壓(V)	物料種類
紅色	760~610	1.6 ~ 2.0	AlGaAs、GaAsP
綠色	570~500	1.9~4.0	AlGaInP、GaP
藍色	500~450	2.4~3.7	InGaN、ZnSe
紫色	450~380	2.7~4.0	InGaN



諾貝爾物理獎榮耀

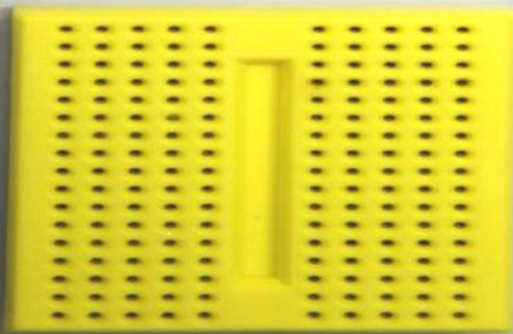
- 1970年代末期時，紅光 LED 與綠光 LED 已出現，但二極體本身發光能量太低，發出藍光需要更高的能量，因而使得藍光 LED 的製備技術困擾著人類許多年。
- 一直到 1990 年代初期，開發**氮化鎵(GaN)**結晶化技術的赤崎勇，與名古屋大學的天野浩、曾任職於日亞化學公司的中村修二有過交流，成功自半導體材料中研發出高亮度藍光 LED 技術，為世人帶來更長效節能的白光照明，取代傳統有害的照明燈具。
- 2014年，日本學者中村修二、赤崎勇、天野浩，憑藉「**發明高亮度藍色發光二極體，帶來了節能明亮的白色光源**」，共同獲得諾貝爾物理學獎。

Nobelprize.org

圖源:Nobelprize.org



麵包板介紹



1. **麵包板**：有很多排列整齊小插孔的板子。此發明因參考自烘烤西式小餐包時所用之烤盤的小孔，因此而得名！
2. **用途**：因應在電路設計時，能夠不需焊接而用的。各種電子電路元件可依需要隨時插拔，免去焊接和解焊的麻煩，節省電路組裝時間，適合電子電路的組裝、測試和訓練。
3. 麵包板的電路實驗可使學生產生創新思維。

通斷路大圖解



正面

背面

通路

通路

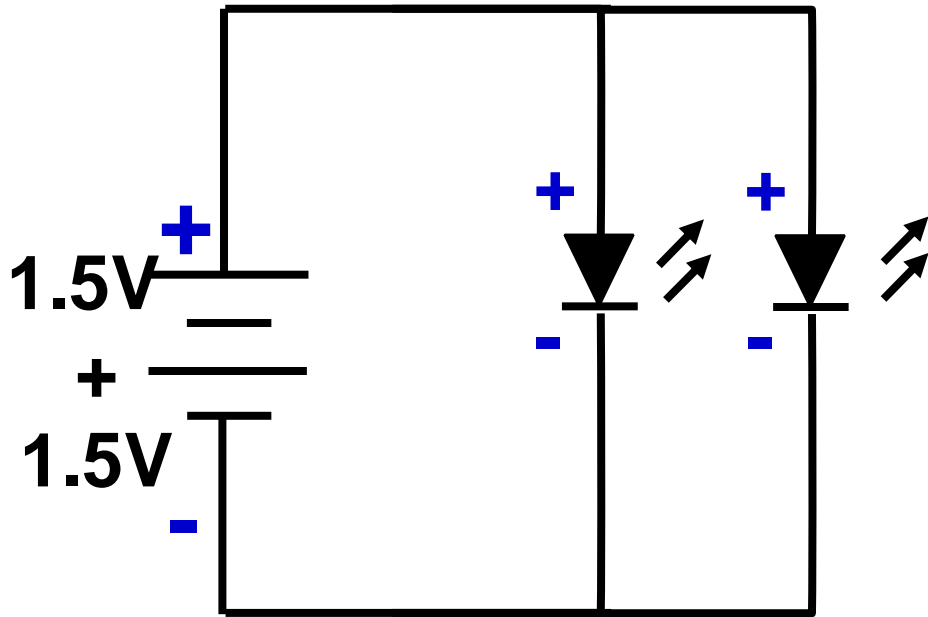
斷路

斷路

正面 5 個孔用
1 條金屬條連接

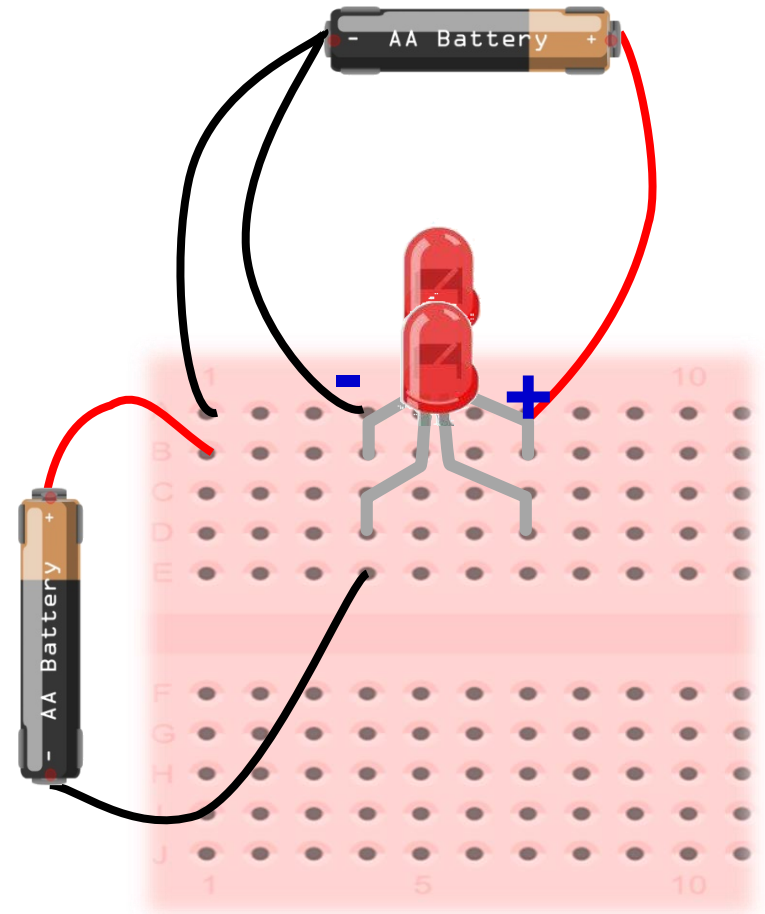
元件插入孔中與金屬條接觸達到導電目的

LED元件 測試

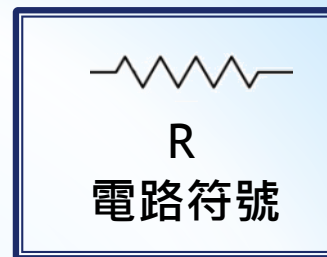


麵包板使用的絕對禁忌：

- ☹️ 單一元件的兩端點
絕不可插接在同一排上。
- ➡️ 否則會形成元件短路，
進而燒毀！



電阻簡介



<http://zh.wikipedia.org/wiki/電阻>

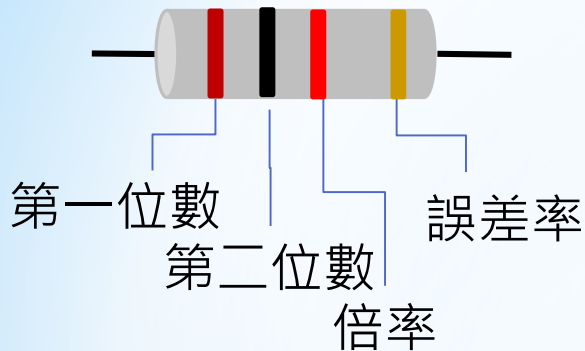
- 在電磁學裏，**電阻(Resistance, R)**是一個物體對於電流通過的阻礙能力，以方程式定義為：

$$R = V / I$$

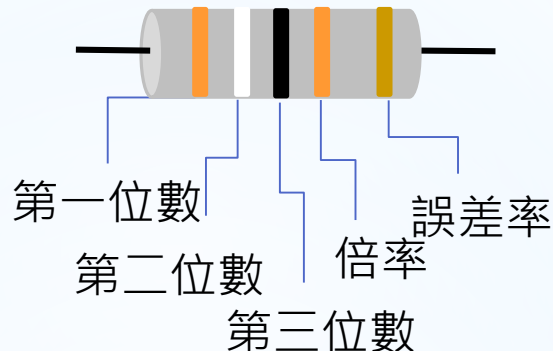
其中， V (Voltage, V)為物體兩端的電壓， I (Current, I)為通過物體的電流。

- 假設這物體具有均勻截面面積，則其電阻與電阻率、長度成正比，與截面面積成反比。
 - 國際單位制，電阻的單位為歐姆(Ω , Ohm)。
 - 假設溫度不變，則很多種物質會遵守歐姆定律，即這些物質所組成的物體，其電阻為常數，不跟電流或電壓有關。稱這些物質為「歐姆物質」；不遵守歐姆定律的物質為「非歐姆物質」。
- 電路符號常常用 R 來表示,例: R_1 、 R_{02} 、 R_{100} 等。

電阻器電阻值的色碼色環



→ $10 \times 10^2 \pm 5\% = 1\text{k}\Omega \pm 5\%$

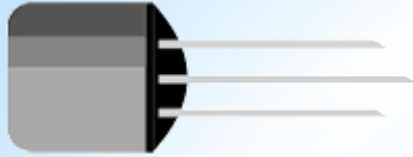


→ $390 \times 10^3 \pm 5\%$

同樣的色碼可標示電容值及電感值，電容值單位為為 pF、電感值為 μH 。

For more information, see [EN 60062.2005](#)

色碼	黑	棕	紅	橙	黃	綠	藍	紫	灰	白	金	銀	透明
Color	黑 Black	棕 Brown	紅 Red	橙 Orange	黃 Yellow	綠 Green	藍 Blue	紫 Violet	灰 Gray	白 White	金 Gold	銀 Silver	透明 None
代表數字	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	-	-	-
倍率 (Multiplier)	10^0	10^1	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9	10^{-1}	10^{-2}	-
誤差 (Tolerance)	-	$\pm 1\%$	$\pm 2\%$	-	-	$\pm 0.5\%$	$\pm 0.25\%$	$\pm 0.1\%$	$\pm 0.05\%$	-	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$



電晶體簡介



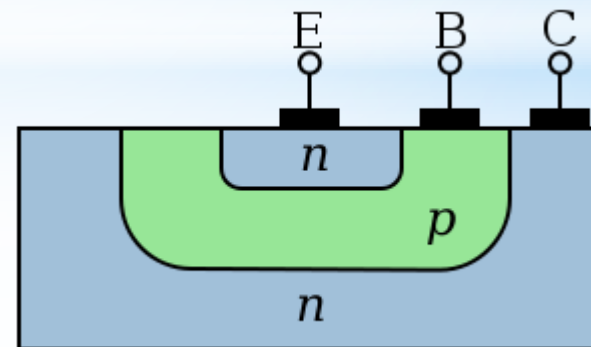
- 一種固體半導體元件，用於放大、開關、穩壓、訊號調變等功能。
- 電晶體由半導體材料組成，有三個端子（稱為極）可連接外界電路。輸入電流或電壓，可改變輸出端的阻抗，從而控制通過輸出端的電流，因此電晶體可作為電流開關。
- 電晶體主要分為兩大類：**雙極性電晶體** (Bipolar Junction Transistor, **BJT**) 和 **場效應電晶體** (Field-Effect Transistor, **FET**)。
- **BJT** 的三個極，**射極**(Emitter)、**基極**(Base) 和 **集極**(Collector)；射極到基極的微小電流，會使得射極到集極之間的阻抗改變，從而改變流經的電流。
- **FET** 的三個極，分別是 **源極**(Source)、**閘極**(Gate) 和 **汲極**(Drain)。在閘極與源極之間施加電壓能夠改變源極與汲極之間的阻抗，從而控制源極和汲極之間的電流。

BJT 雙極性電晶體說明



- **雙極性電晶體**能夠放大訊號，並且具有較好的功率控制、高速工作以及耐久能力，所以它常被用來構成放大器電路，或驅動揚聲器、電動機等設備，並被廣泛地應用於航空航天工程、醫療器械和機器人等應用產品中。
- 一個雙極性電晶體由三個不同的摻雜半導體區域組成，它們分別是**射極**區域、**基極**區域和**集極**區域。這些區域在**NPN型**電晶體中分別是N型、P型和N型半導體，而在**PNP型**電晶體中則分別是P型、N型和P型半導體。
- 每一個半導體區域都有一個引腳端接出，通常用字母**E**、**B**和**C**來表示**射極(Emitter)**、**基極(Base)**和**集極(Collector)**。

從右邊這個典型NPN型雙極性電晶體的截面簡圖可以看出，集極接面的面積大於射極接面。此外，射極具有相當高的摻雜濃度。



BJT 雙極性電晶體工作模式

以 NPN 型為例



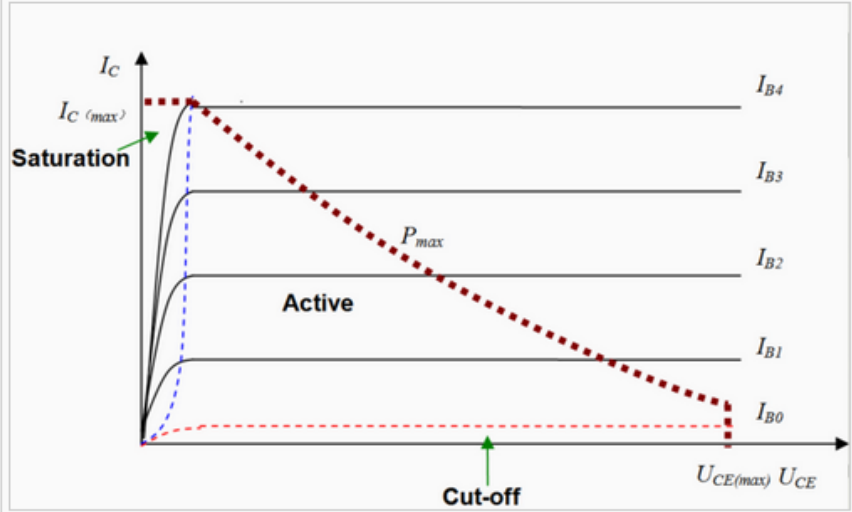
當NPN型電晶體處於順向主動區時，它的基極-射極電壓、集極-基極電壓均為正值，即射極接面為順向偏壓，集極接面為逆向偏壓。在主動區內，電子從N型摻雜的射極區域被注入到P型的基極區域。在基極，電子一方面漂移到到N型摻雜的集極，一方面與基極區域的多數載子電洞發生複合。



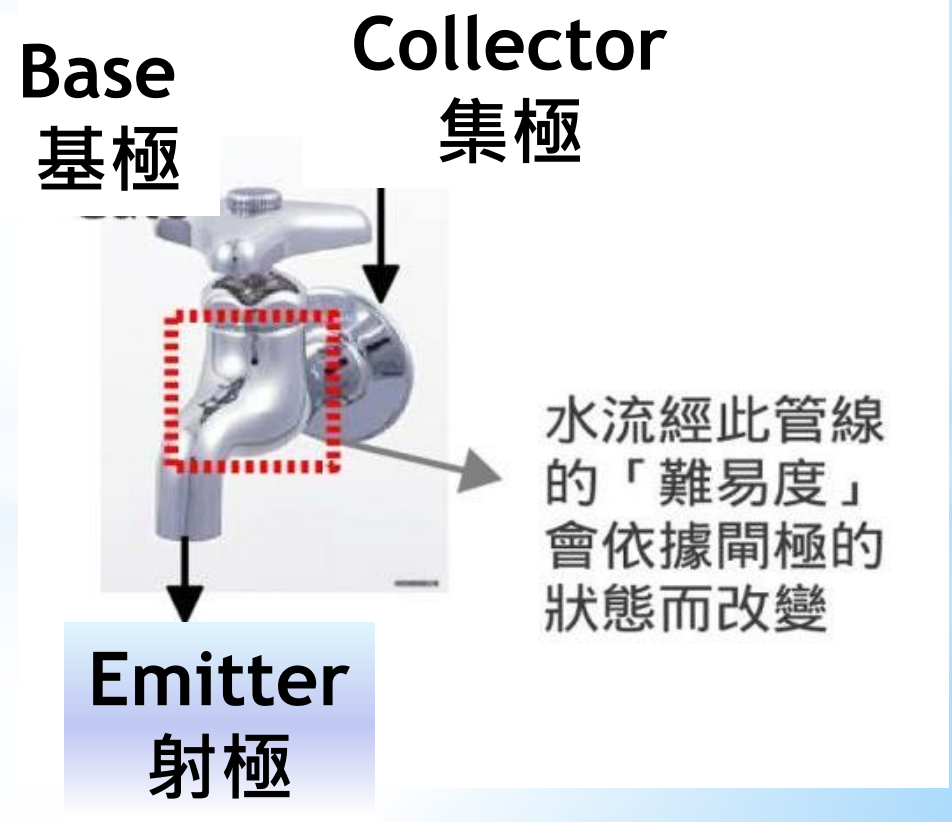
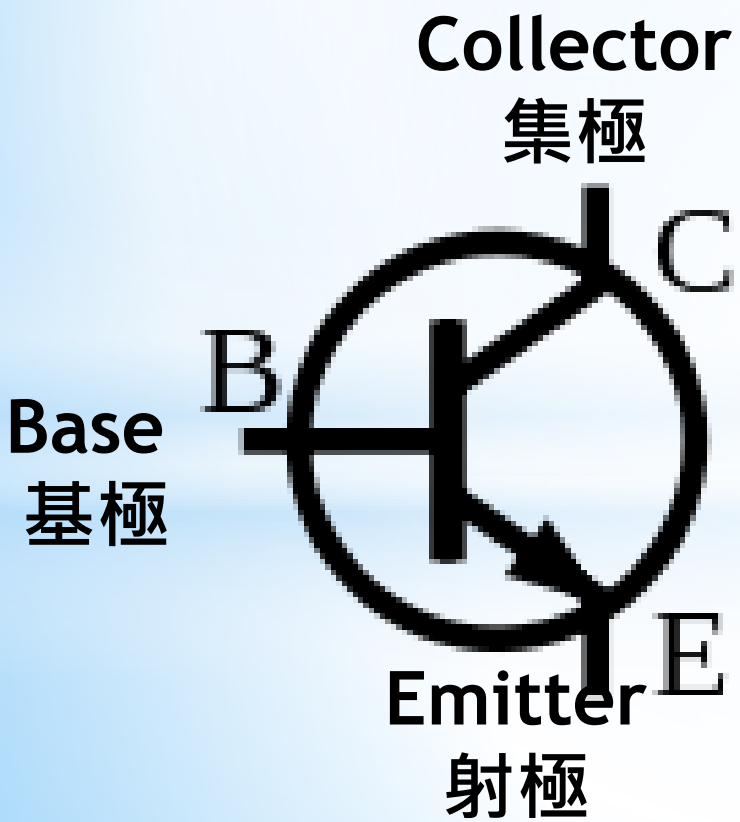
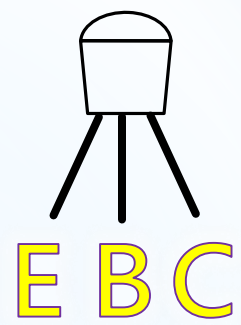
NPN型雙極性電晶體的符號
注意圖中的箭頭指向**外側**

電壓	射極接面偏壓	集極接面偏壓	工作模式
$E < B < C$	順向偏壓	逆向偏壓	順向-放大
$E < B > C$	順向偏壓	順向偏壓	飽和
$E > B < C$	逆向偏壓	逆向偏壓	截止
$E > B > C$	逆向偏壓	順向偏壓	逆向-放大

突崩潰：當施加在集極接面上的逆向偏壓將超過集極接面所能承受範圍時，這個PN接面將被擊穿，若電流足夠大會造成器件損壞。



The relationship between I_C , U_{CE} and I_B .



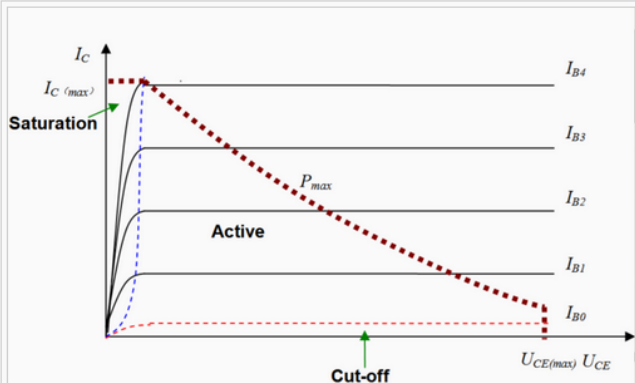
ELECTRICAL CHARACTERISTICS @ $T_A=25^{\circ}\text{C}$

PARAMETER	SYMBOL	2N3903		2N3904		UNIT	TEST CONDITIONS	
		MIN	MAX	MIN	MAX			
Collector-Base Breakdown Voltage	BV_{CBO}	60		60		V	$I_C=10\mu\text{A}$	$I_E=0$
Collector-Emitter Breakdown Voltage	BV_{CEO}^*	40		40		V	$I_C=1\text{mA}$	$I_B=0$
Emitter-Base Breakdown Voltage	BV_{EBO}	6		6		V	$I_E=10\mu\text{A}$	$I_C=0$
Collector Cutoff Current	I_{CEV}		50		50	nA	$V_{CE}=30\text{V}$	$V_{EB}=3\text{V}$
Base Cutoff Current	I_{BEV}		50		50	nA	$V_{CE}=30\text{V}$	$V_{EB}=3\text{V}$
Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(SAT)}$		0.2 0.3		0.2 0.3	V V	$I_C=10\text{mA}$ $I_C=50\text{mA}$	$I_B=1\text{mA}$ $I_B=5\text{mA}$
Base-Emitter Saturation Voltage	$V_{BE(SAT)}^*$	0.65	0.85 0.95	0.65	0.85 0.95	V V	$I_C=10\text{mA}$ $I_C=50\text{mA}$	$I_B=1\text{mA}$ $I_B=5\text{mA}$
D.C. Current Gain	H_{FE}^*	20 35 50 30 15	150	40 70 100 60 30	300		$I_C=0.1\text{mA}$ $I_C=1\text{mA}$ $I_C=10\text{mA}$	$V_{CE}=1\text{V}$ $V_{CE}=1\text{V}$ $V_{CE}=1\text{V}$
Current Gain-Bandwidth Product	f_T	250		300				

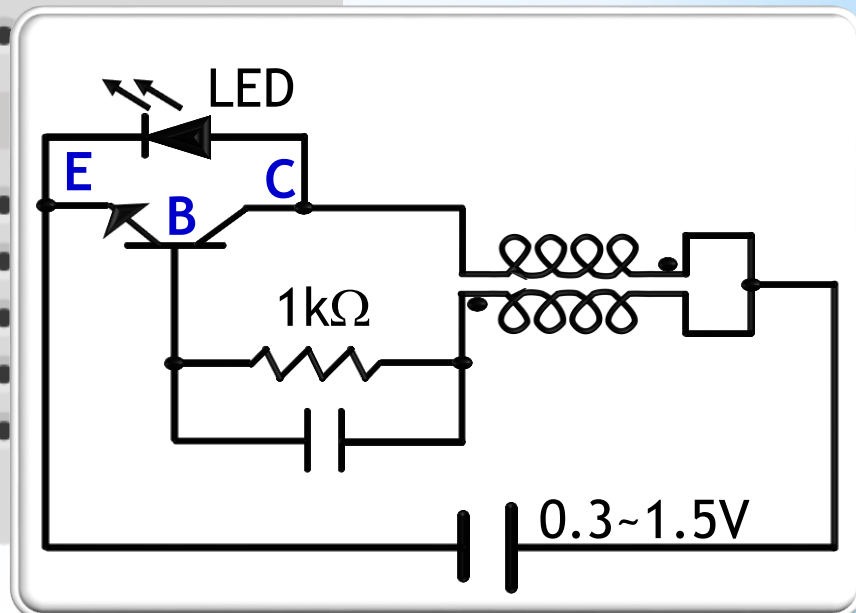
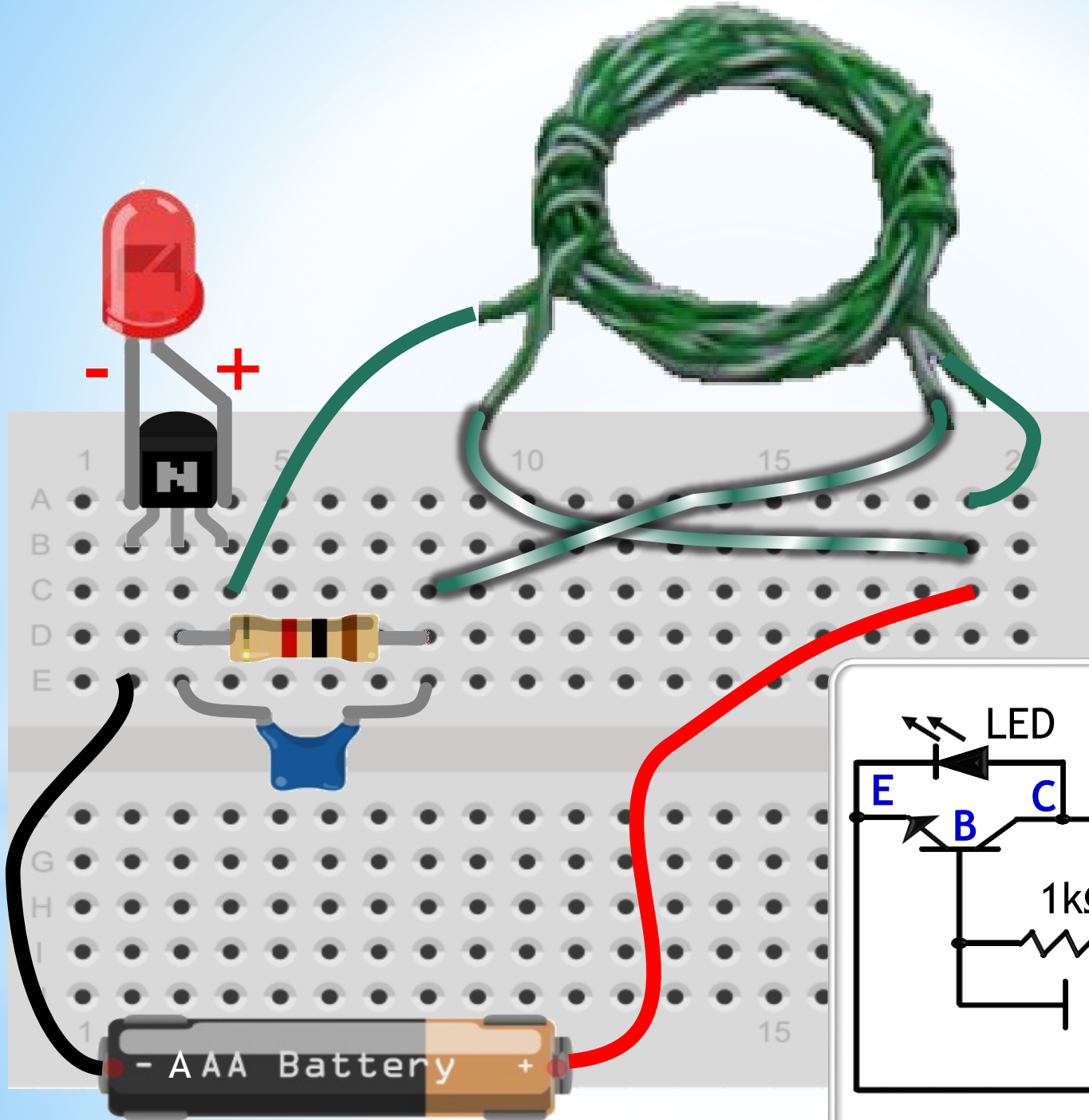
* Pulse Test : Pulse Width=0.3ms, Duty Cycle=1%

MICRO ELECTRONICS LTD.

38 HUNG TO ROAD, KWUN TO
 KWUN TONG P. O. BOX69477
 TELEPHONE:- 3-430181-
 FAX: 2 410321



The relationship between I_C, U_{CE} and I_B .



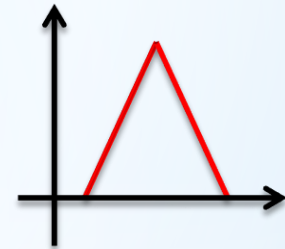
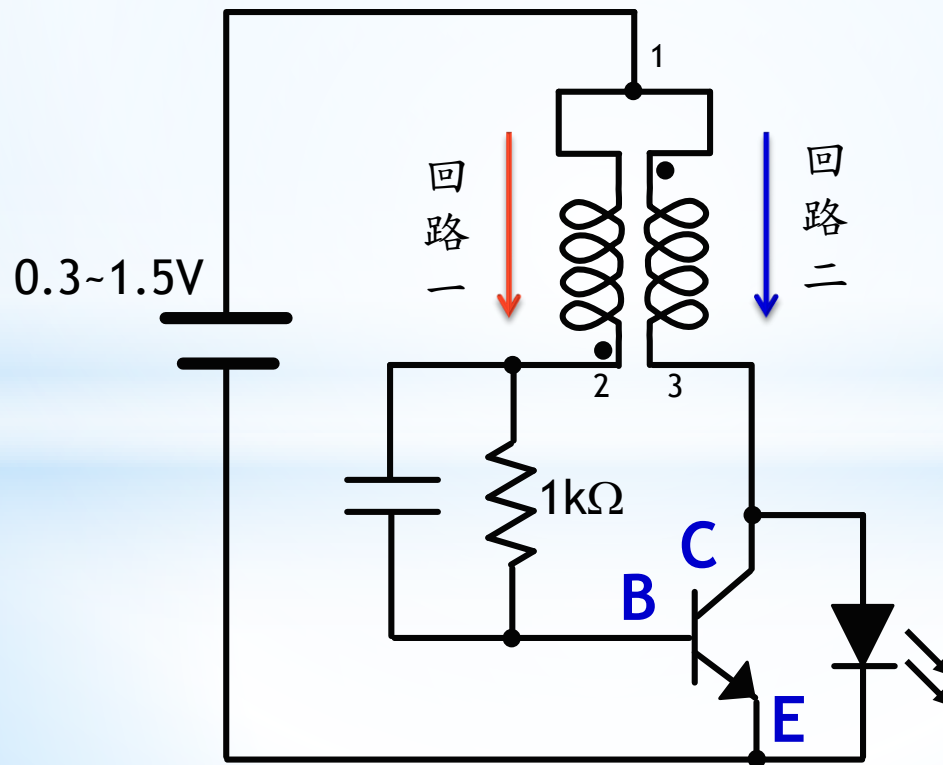
升壓原理：



- 回路一：電池正極→雙股線圈→ $1k\Omega$ 電阻&電容→電晶體基極B→電晶體射極E-電池極；

回路一中串聯線圈(電感)及電容，所以電流I是從零開始直到最大；
電流逐漸增大到電晶體開始導通後，電流開始增加另一回路：

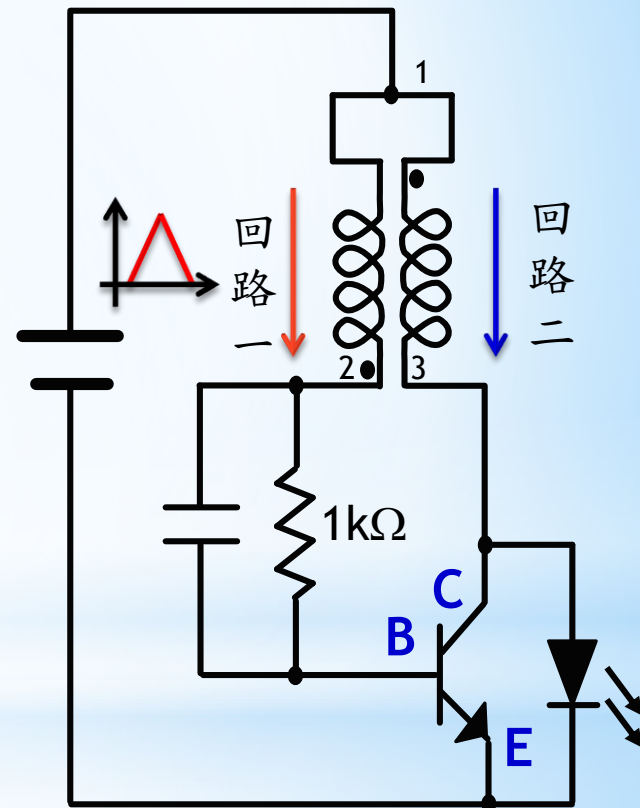
- 回路二：電池正極→雙股線圈→電晶體集極C→電晶體射極E



升壓原理：



- 由於變壓器互感效應，開始一場1-3電流增大導致1-2間電流繼續增大的“循環”，直到電晶體飽和(就是電晶體失去放大能力，C-E電流不再隨B-E電流變化)，此時1-3電感的電流最大並儲備了一定磁能(這個磁能遠大於1-2間磁能)，由於電晶體的飽和，1-3之間電流不再增大，所以不再“循環”，並且1-2之間電流也不再增大並迅速降低接近剛通電時的大小(此時的狀況像盪鞦韆時鞦韆達到最高點一樣儲備了最大位能)，導致電晶體的電流迅速降低，然而1-3間因電磁感應，磁能轉化成電能，努力維持電感的電流不降低，由於電晶體不讓多餘的電流通過C-E回路，於是這部分電流會和電池一起串連給LED供電。至此完成了一個1-3電感充磁，放電的過程。



升壓原理：

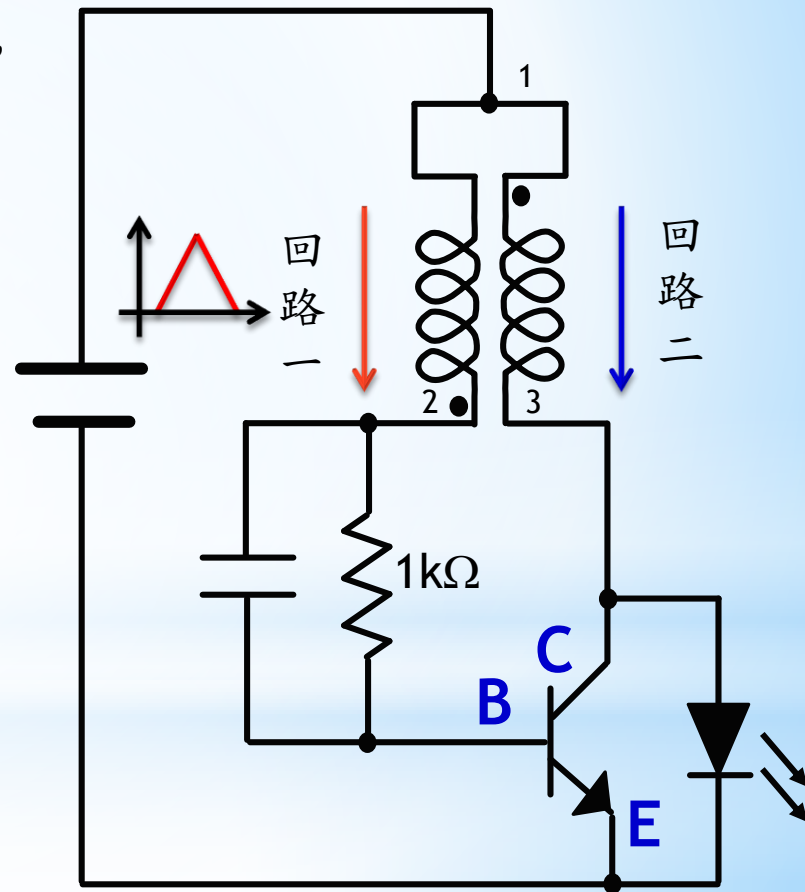


在放電過程中，磁能被釋放電流，由於互感作用，回路2-3電流減少也導致回路1-2電流減少直到電晶體截止或者磁能釋放電流完畢（兩種結束條件取決於電感、LED和電晶體基極電阻大小，電感和電阻也決定了該電路的充、放電周期，也就是電路震盪頻率）；

當放電結束時，回路一電流會小於剛通電時的電流，於是開始另一輪由回路一電流恢復並增大引起的“循環”，直到電晶體飽和，然後1-3再放電…

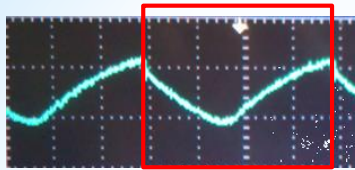
概括為

回路2電流增大、1-3電感儲能→回路1電流增大直至電晶體飽和→磁能釋放→回路1電流降低→磁能釋放完畢或電晶體截止→回路1電流增大直至電晶體飽和→磁能釋放……

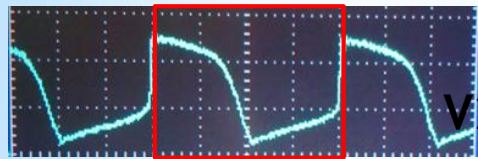




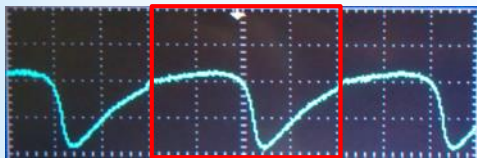
電池電壓：1.5V



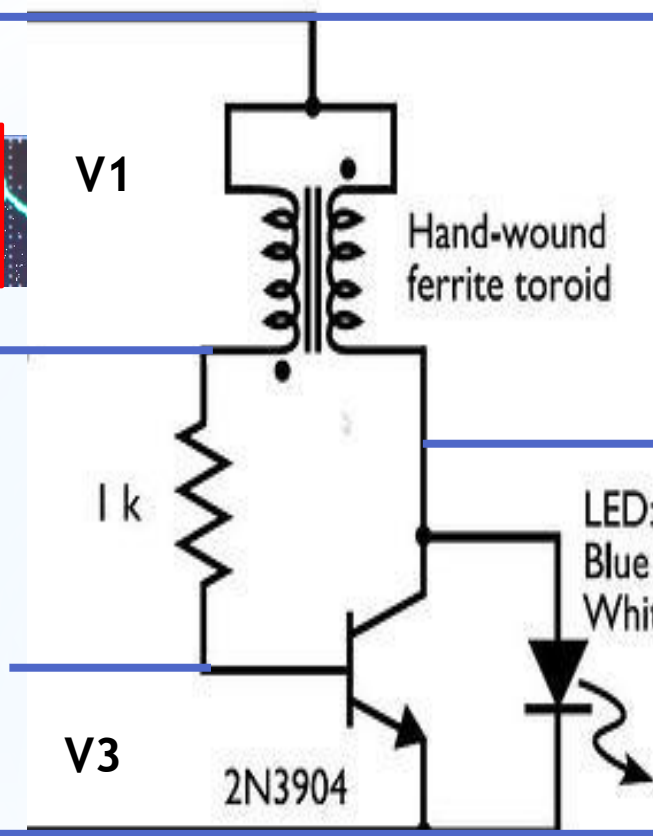
V1



V2

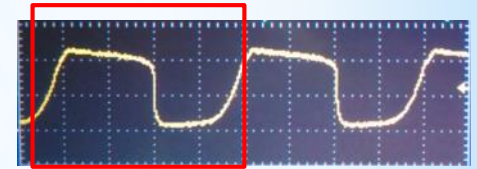


V3



周期：4 μ s

頻率：0.25 MHz



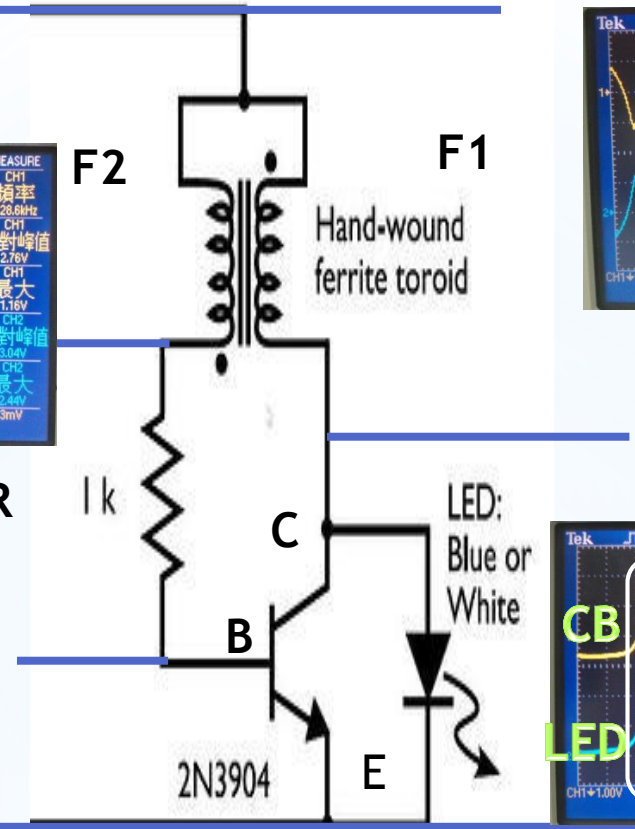
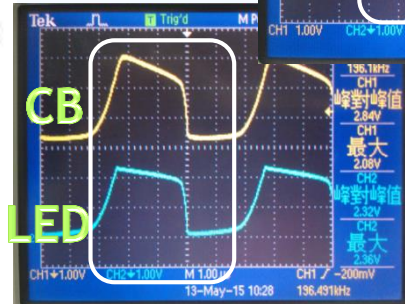
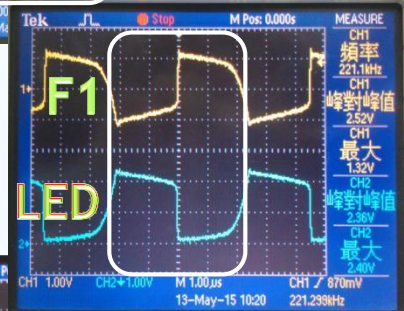
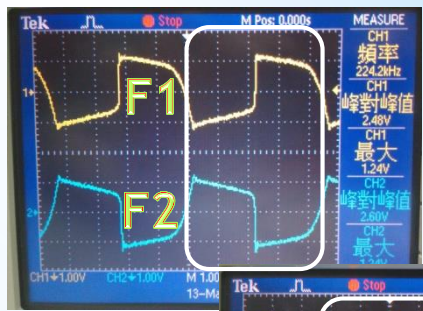
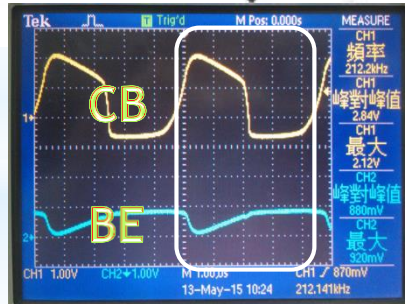
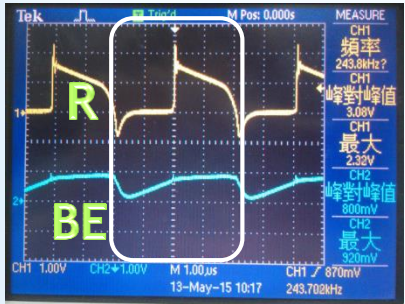
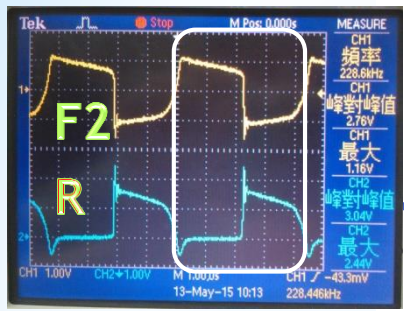
V4

電壓	頻率(kHz)	峰對峰 (V)	最大 (V)
V1:螺線管	253.8	0.27	1.42
V2:電阻	246.8	2.36	2.56
V3:電晶體BE端	246.8	0.43	0.85
V4:LED	247.3	2.20	2.32

(黃光LED:工作電壓/電流1.8~2.2V/20mA)



電池電壓：
1.5V

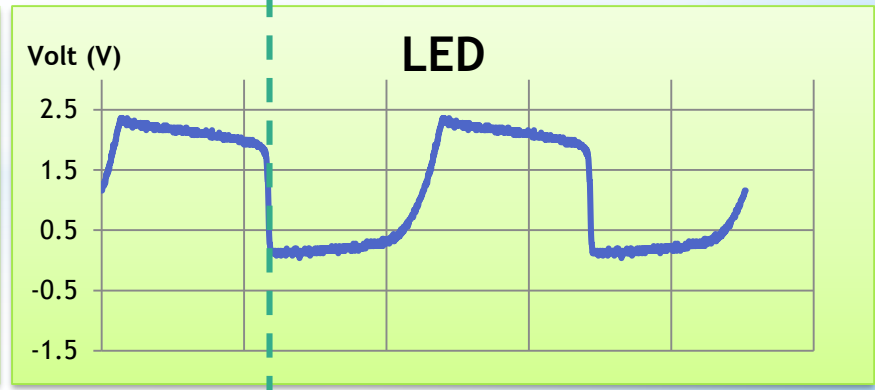
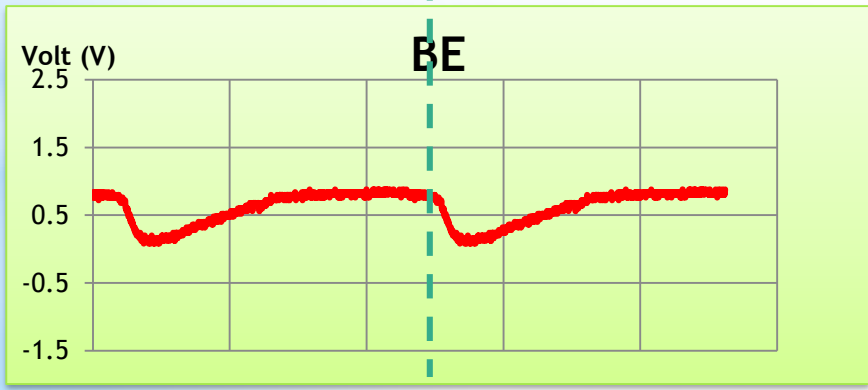
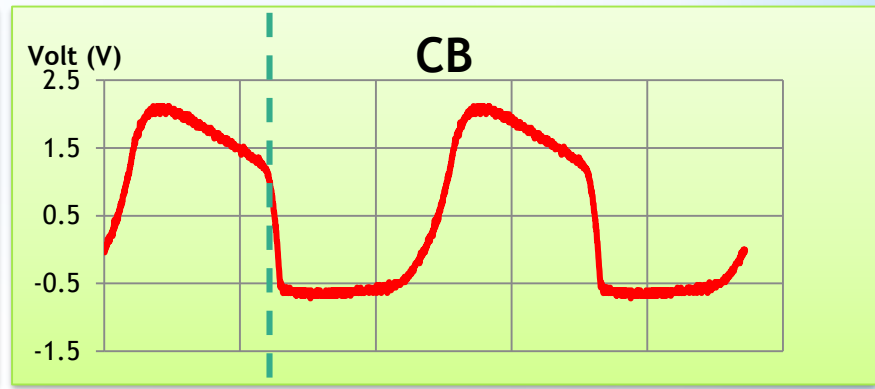
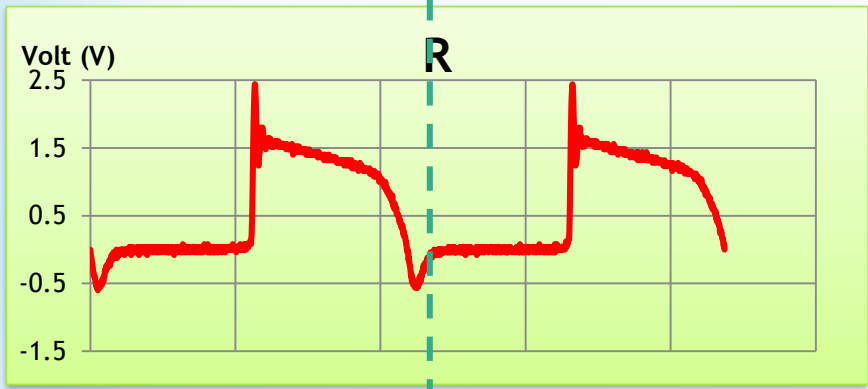
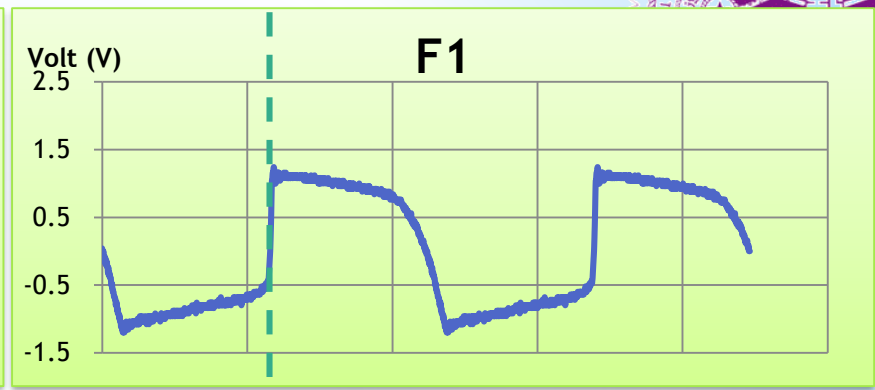
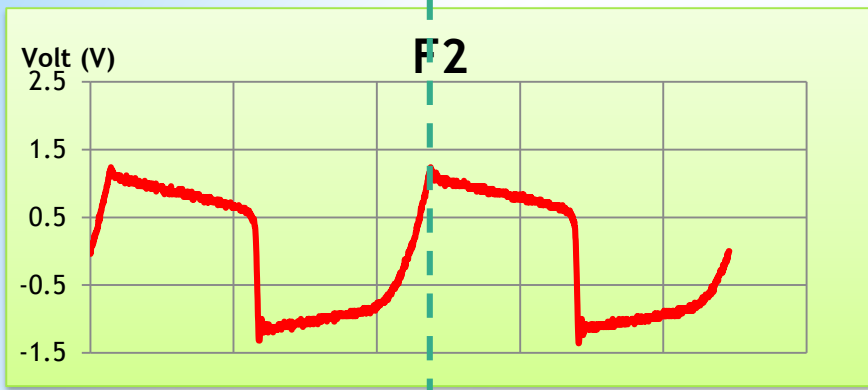


周期: $4\mu s$
頻率: 0.25 MHz

電壓	峰對峰 (V)	最大 (V)
F2	2.76	1.16
R	3.04	2.44
BE	0.8	0.92

電壓	峰對峰 (V)	最大 (V)
F1	2.52	1.32
CB	2.84	2.12
LED	2.32	2.36

(黃光LED: 工作電壓/電流 1.8~2.2V/20mA)





參考資料

- http://en.wikipedia.org/wiki/Joule_thief
- <http://www.instructables.com/id/Make-a-Joule-Thief/>
- http://www.rohm.com.tw/web/taiwan/tr_what1
- http://zuomin.blogspot.tw/2013/08/blog-post_28.html
- <http://zh.wikipedia.org/wiki/電晶體>
- <https://www.youtube.com/watch?v=HZKiubNdAXY>
- <https://www.youtube.com/watch?v=o0eI0d5yxmE&feature=youtu.be>