

九年級電子電路教學

以光控燈為例

九如國中 陳青霖

課程設計背景

- 八年級有學習到電與控制的相關課程
 - 手搖發電手電筒→電子零件測試、銲接
 - 小馬達動力車→測量電池、銲接馬達與開關
- 強化九年級理化電路學基本概念、避免觀念混淆
(對開，八年級上學期、九年級下學期)
- 九年級銜接實作課程
 - 調光氣氛燈→可變電阻、限流電阻、LED並聯、銲接
 - 可調式光控燈→電晶體開關電路
 - 加油版→電晶體無穩態電路
 - PWM調速器電路教學→電晶體電路、741電路、555電路

PWM調速器原理

規劃一下

電路

電晶體

比較器

5
5
5

發散

目標
正確使用三用電表
認識電阻、LED、可
變電阻

目標
二極體的原理
電晶體的原理
測量電晶體腳位
可調光控燈(電晶體)

目標
比較器光控燈
晶片腳位查詢應用
光控燈電路邏輯

目標
555光控燈
晶片腳位查詢應用
光控燈電路邏輯

目標
了解電子電路
訊號輸入→訊號處理→輸出負載
學習看懂電子電路

實作-調光氣氛燈
(6節課)

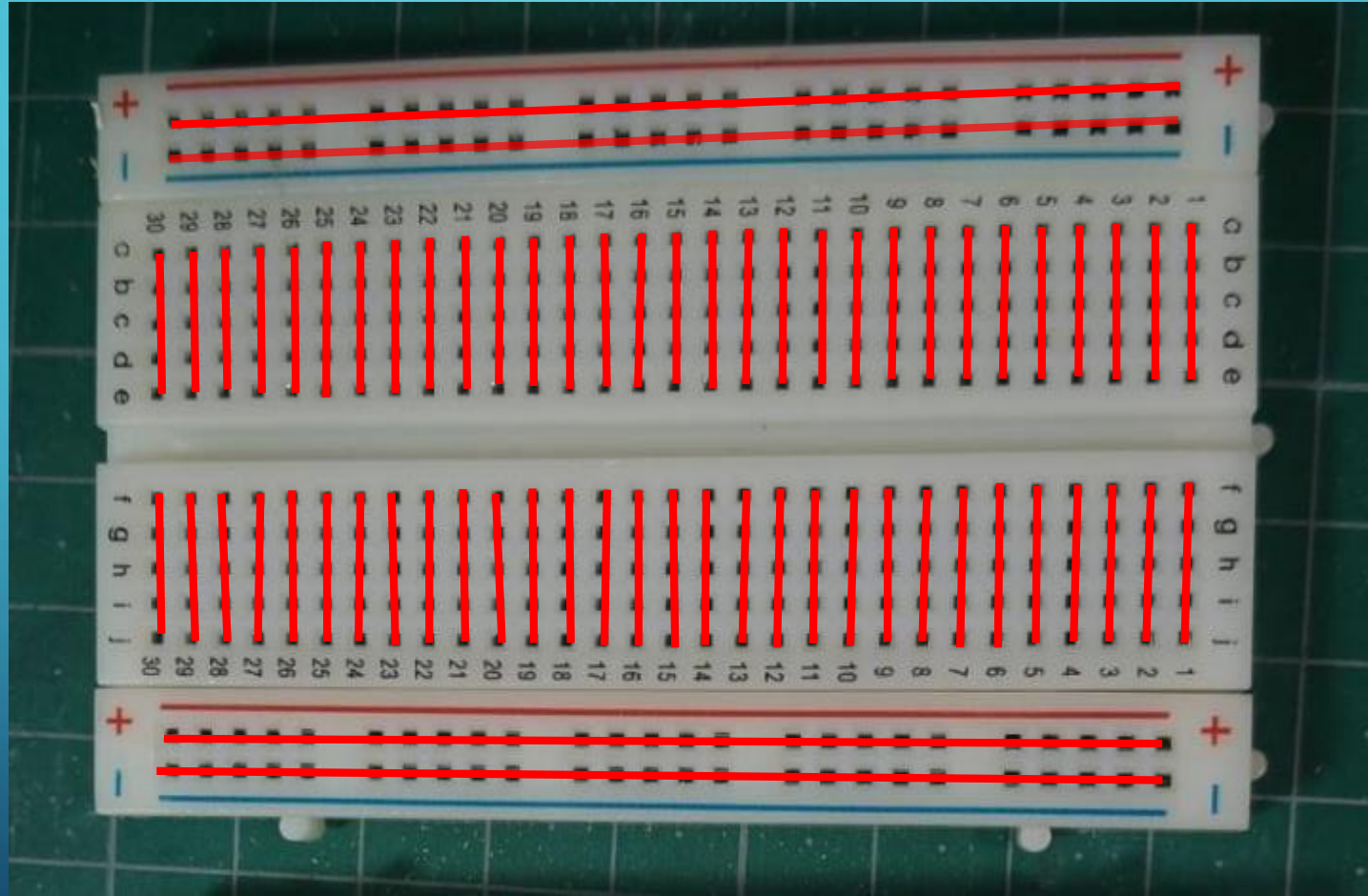
實作-閃亮亮加油板
(6節課)

自行設定目標運用電子電
路設計製作產品(做夢中)

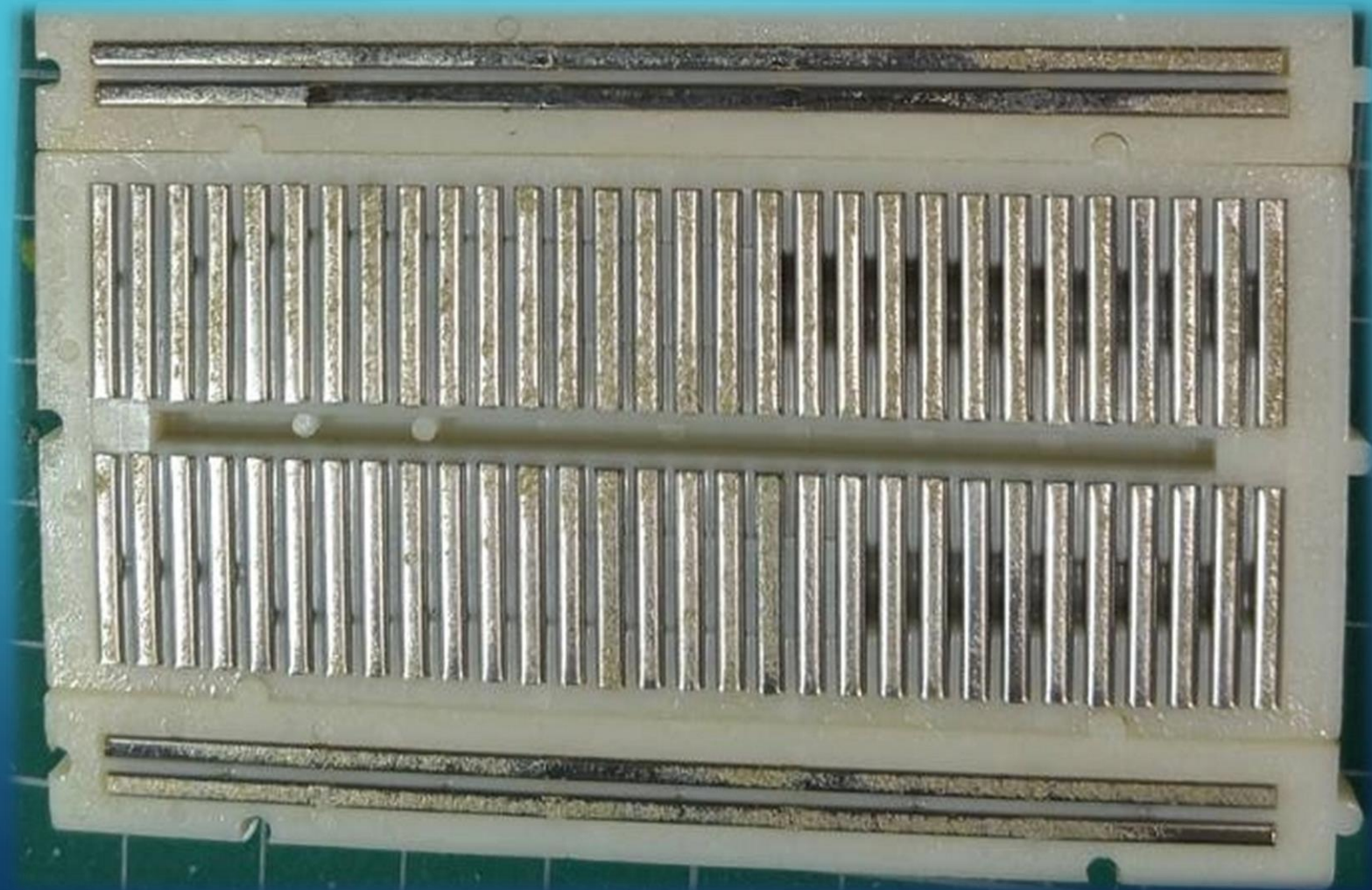
教具準備



認識麵包板 - 在電子電路的使用上可重複



認識麵包板-同一個鐵片為同一個接點



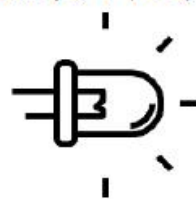
喚起回憶→八年級課程

【挑戰一：LED燈認識及探索】

探索說明：發光二極體(LED)只能夠往一個方向導通(通電)，叫作順向偏壓。請同學們利用電池測試LED燈腳的正負極並記錄下來。

〈Q1〉請問如何接線LED才會亮呢？請將結果畫下來(拉線)：

電池盒黑線是__極、紅線是__極；LED燈長腳是__極、短腳是__極。



〈Q2〉同學在測試過程中，若LED長短腳不易辨別時，可參考燈泡內的神祕三角形來判讀極性，請用電池測試一下，並將結果記錄下來：



_____極

_____極

測量電阻與色碼值的誤差

【挑戰二：發光二極體的限流電阻】

探索說明：(發光)二極體只能夠往一個方向導通 (通電)，叫作順向偏壓。

〈Q3〉實驗版上有四顆電阻，請利用三用電表測量電阻值，請回答下面問題

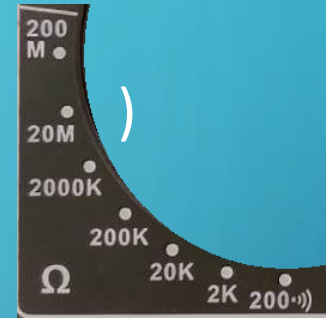
測量電阻三用電表的黑棒插在COM，紅棒插在()，三用電表檔位調到()

排列大小	三用電表測量電阻值 (加單位)	電阻上的色碼/其對應電阻值
小 ↓ 大		/
		/
		/
		/



電子電路基本功—三用電錶測量電阻

測量電阻三用電表的黑棒插在COM，紅棒插在(VΩ)，三用電表檔位調到(Ω)

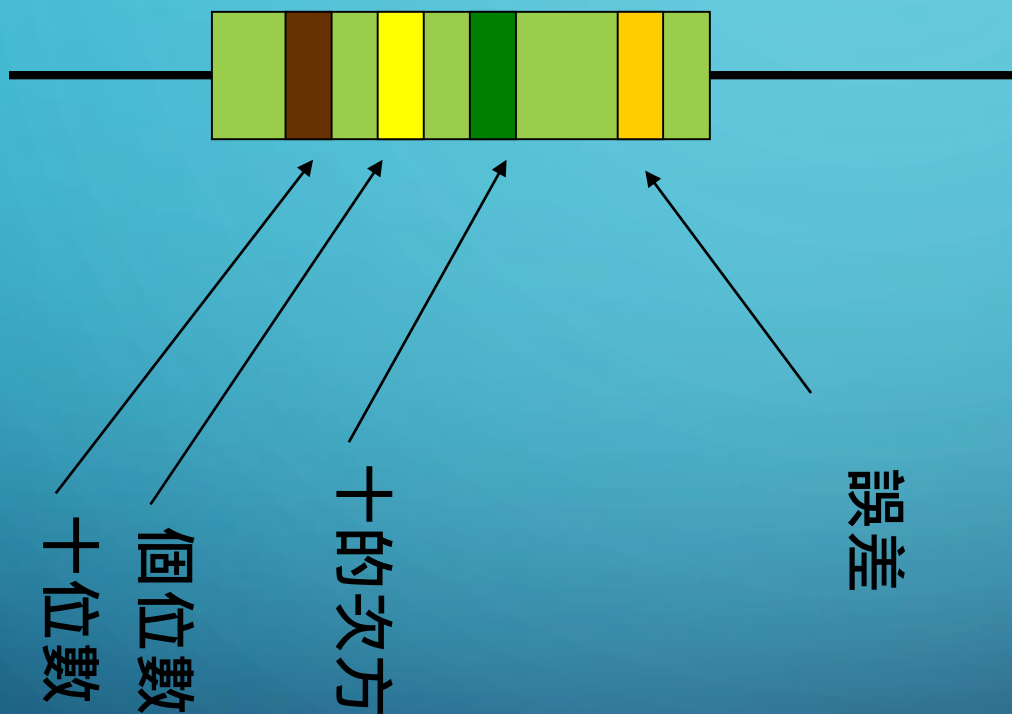


三用電錶測量電阻示範影片

- https://drive.google.com/file/d/1h-GTfTHn17QVnzJ_Ml1XxgaPidzt7fS0/view?usp=sharing



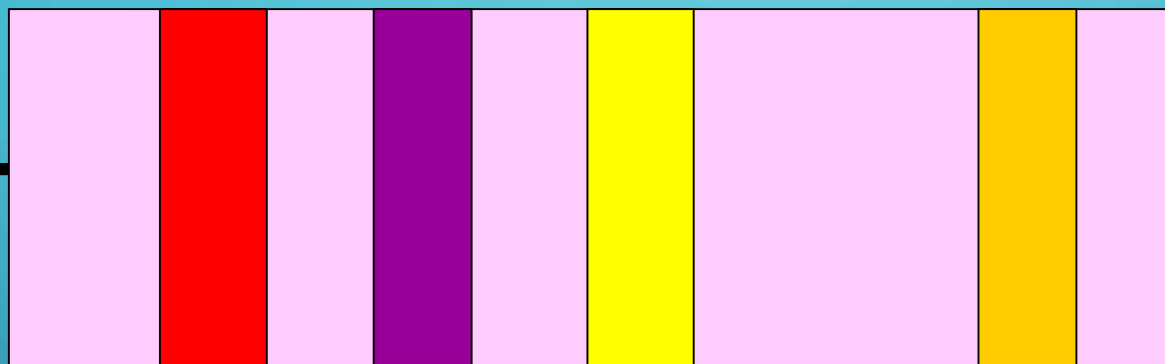
電阻色碼判別



$$14 \times 10^5 \Omega = 14000000 \Omega$$
$$= 1400 \text{K}\Omega = 1.4 \text{M}\Omega$$

顏色	代表數字	倍數
黑	0	10^0
棕	1	10^1
紅	2	10^2
橙	3	10^3
黃	4	10^4
綠	5	10^5
藍	6	10^6
紫	7	10^7
灰	8	10^8
白	9	10^9

電阻色碼判讀小測驗



$$27 \times 10^4 = 270000 \\ = 270\text{K}\Omega$$

顏色	代表數字
黑	0
棕	1
紅	2
橙	3
黃	4
綠	5
藍	6
紫	7
灰	8
白	9

電阻計算

<https://www.digikey.tw/zh/resources/conversion-calculators/conversion-calculator-resistor-color-code-4-band>



強化概念

迴路、電源的極性、電壓(計)測量與判讀、
電流(計)測量與判讀、麵包版的應用

〈Q4〉請利用〈Q3〉所指的四顆電阻，依序接下面電路，並測量電路。

上電阻與LED的電壓(並聯測量)，以及迴路上的電流(串聯測量)。



測量電壓 三用電表的黑棒插在COM，紅棒插在(.....)，三用電表檔位調到(.....)。

測量電流 三用電表的黑棒插在COM，紅棒插在(.....)，三用電表檔位調到(.....)。

+

電路(用USB供電)	搭配限流電阻值	測量 LED 電壓	測量電阻上電壓	測量迴路電流	LED 亮度排序 (1 最暗~4 最亮)

電子電路基本功—三用電錶測量電壓

測量電壓三用電表的黑棒插在COM，紅棒插在()，三用電表檔位調到()



〈Q4〉請利用〈Q3〉所指的四顆電阻，依序接下面電路，並測量電路



上電阻與LED的電壓(並聯測量)，以及迴路上的電流(串聯測量)。

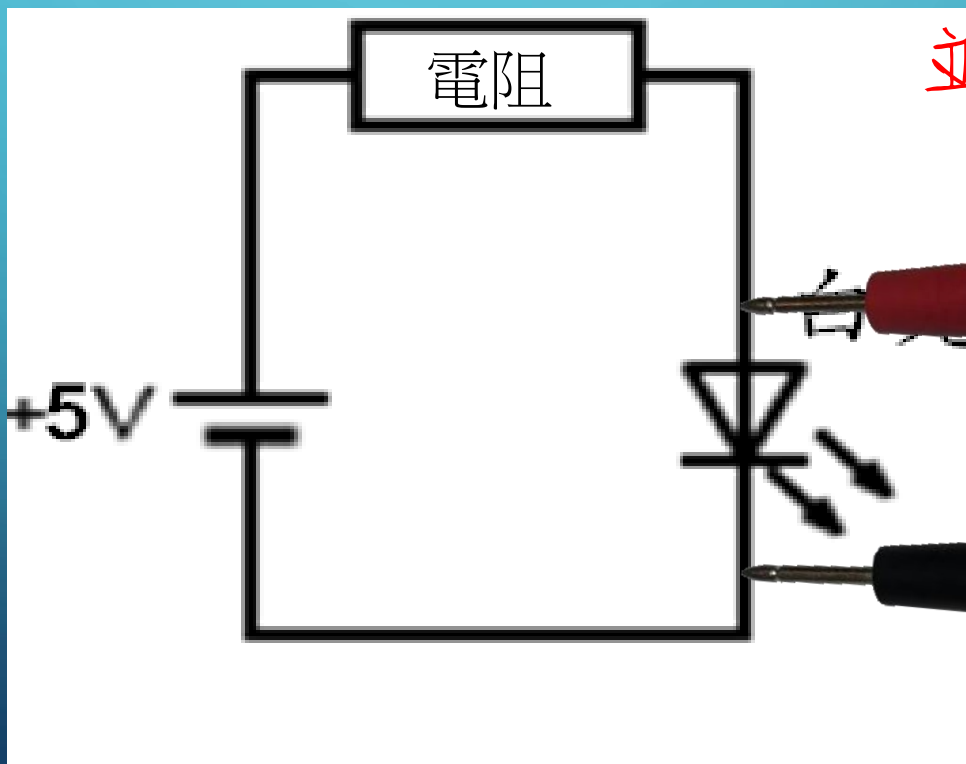
測量電壓 三用電表的黑棒插在COM，紅棒插在(.....)，三用電表檔位調到(.....)。

測量電流 三用電表的黑棒插在COM，紅棒插在(.....)，三用電表檔位調到(.....)。

電路(用USB供電)	<u>搭配限流電阻值</u>	測量 LED 電壓	測量電阻上電壓	測量迴路電流	LED 亮度排序 (1 最暗-4 最亮)

電子電路基本功——三用電錶測量電壓 直流DIRECT CURRENT

測量電壓三用電錶的黑棒插在COM，紅棒插在()，三用電表檔位調到()



並聯測量



〈Q4〉請利用〈Q3〉所指的四顆電阻，依序接下面電路，並測量電路

上電阻與LED的電壓(並聯測量)，以及迴路上的電流(串聯測量)。

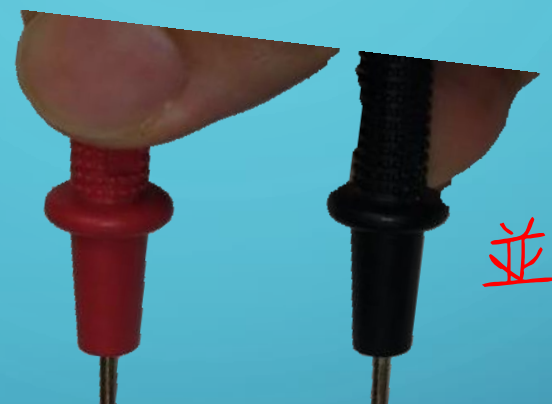
測量電壓 三用電表的黑棒插在COM，紅棒插在(.....)，三用電表檔位調到(.....)

測量電流 三用電表的黑棒插在COM，紅棒插在(.....)，三用電表檔位調到(.....)

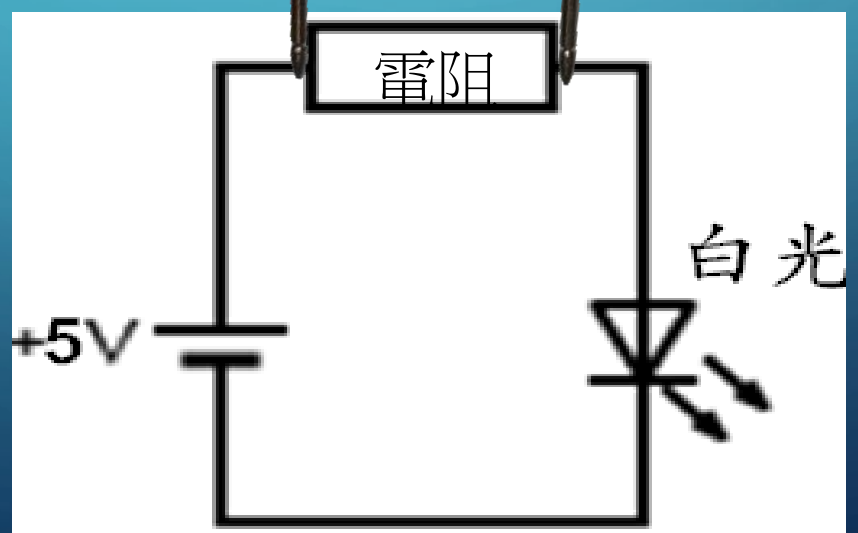
電路(用USB供電)	搭配限流電阻值	測量 LED 電壓	測量電阻上電壓	測量迴路電流	LED 亮度排序 (1 最暗-4 最亮)

電子電路基本功——三用電表測量電壓 直流DIRECT CURRENT

測量電壓三用電表的黑棒插在COM，紅棒插在(VΩ)，三用電表檔位調到(DCV)



並聯測量



〈Q4〉請利用Q3所指的四顆電阻，依序接下面電路，並測量電路上

電阻與LED的電壓(並聯測量)，以及迴路上的電流(串聯測量)。



測量電壓 三用電表的黑棒插在COM，紅棒插在()，三用電表檔位調到()

測量電流 三用電表的黑棒插在COM，紅棒插在()，三用電表檔位調到()

電路(用USB供電)	搭配限流電阻值	測量 LED 電壓	測量電阻上電壓	測量迴路電流	LED 亮度排序 (1 最暗-5 最亮)

電子電路基本功——三用電錶測量電流(直流電)

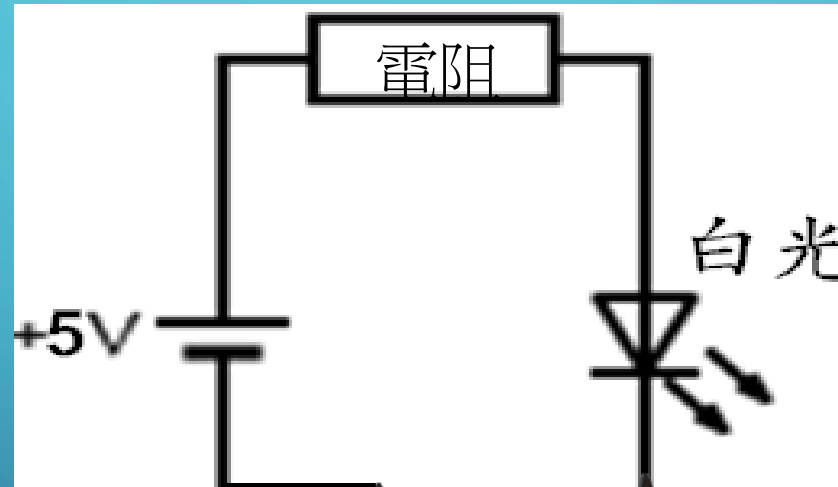
- 亂搞會出事——學長親身示範
爆炸、冒煙、灼傷

(交流電需用勾表)



電子電路基本功——三用電錶測量電流 直流DIRECT CURRENT

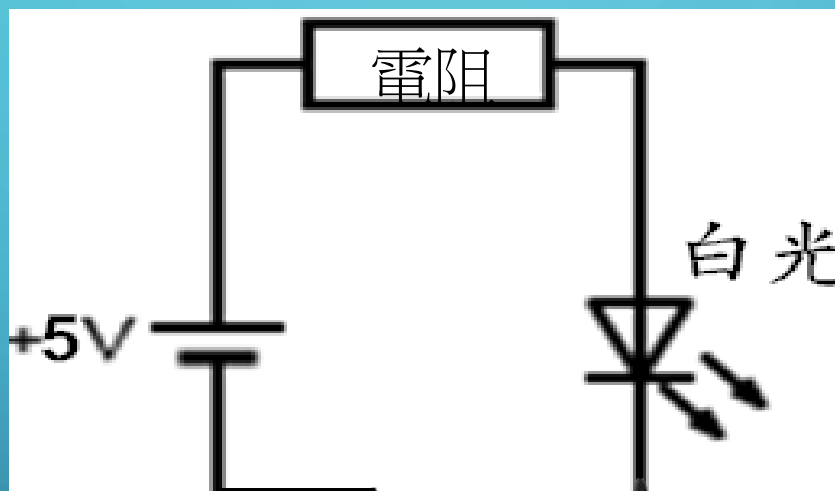
測量電流三用電表的黑棒插在COM，紅棒插在()，三用電表檔位調到()



串聯測量

電子電路基本功——三用電錶測量大電流直流DIRECT CURRENT

測量電流三用電表的黑棒插在COM，紅棒插在()，三用電表檔位調到()



串聯測量

三用電表測量迴路上電壓與電流示範影片

https://drive.google.com/file/d/1wa1YIDbHYA8hg0X_wB7oTWRnndjTUE_3/view?usp=sharing

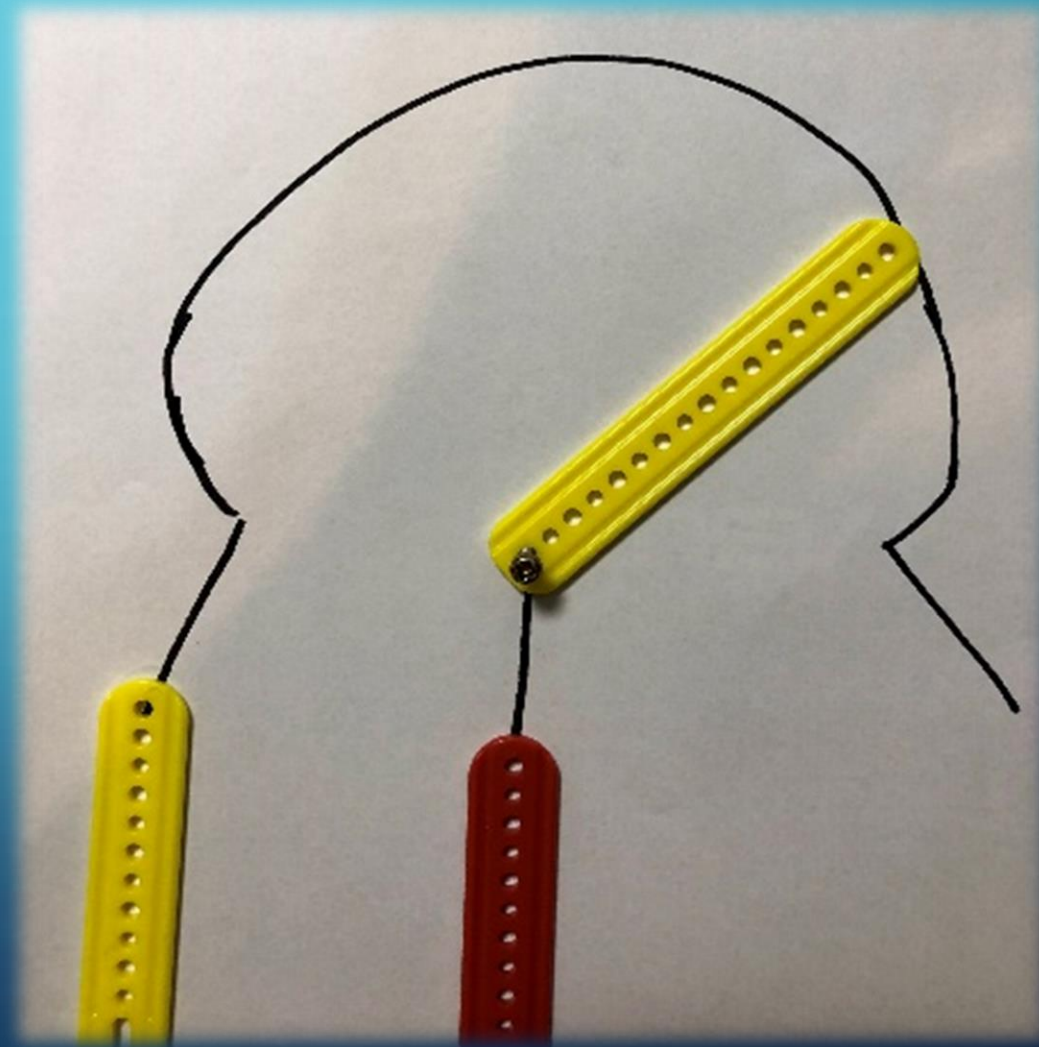
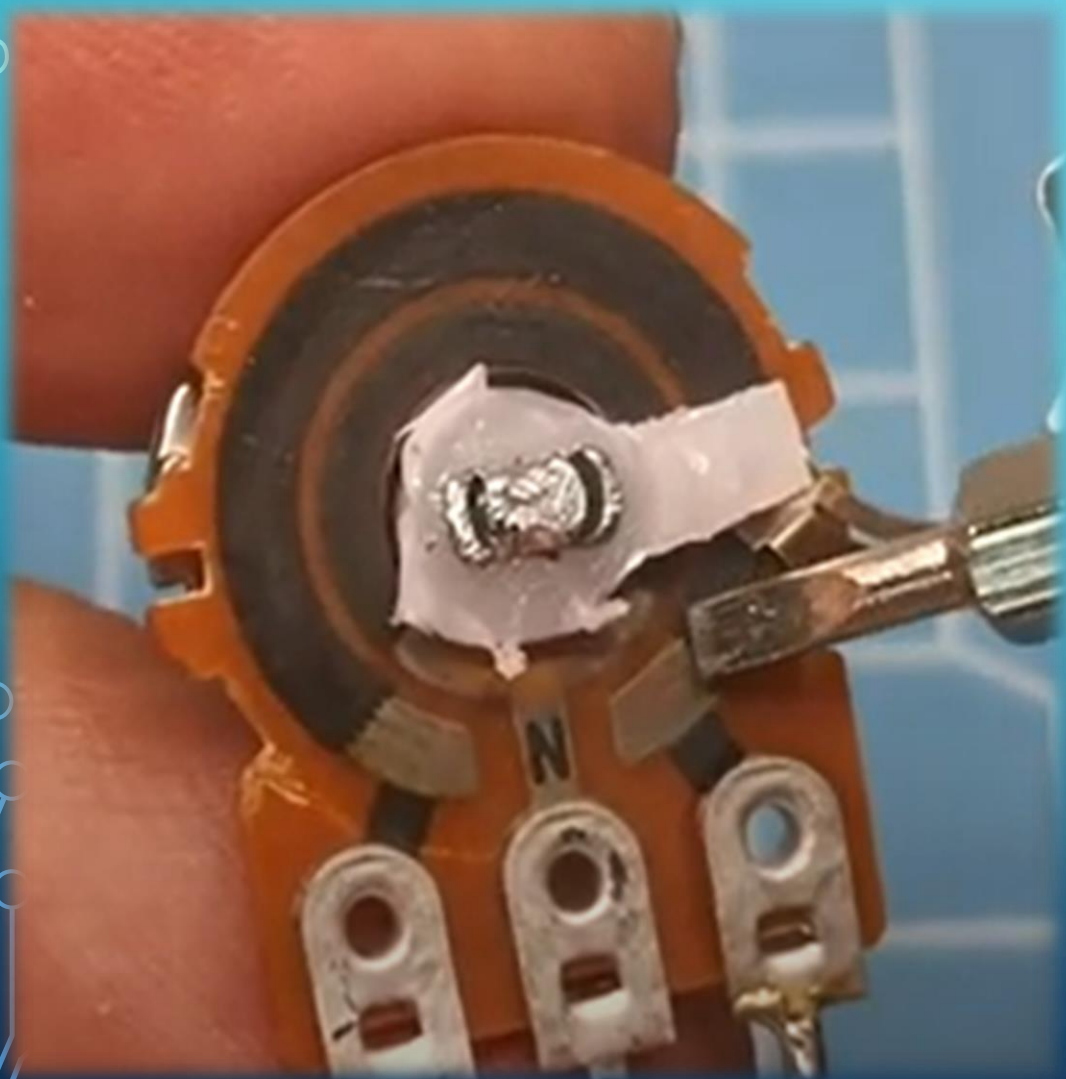


電子電路基本功——三用電錶測量可變電阻



順時針?逆時針?

可變電阻內部構造



生活中的可變電阻





調光氣氛燈、速差線控車前置課程——探索可變電阻

探索說明：可變電阻有三隻腳位、一個旋鈕，根據推測應該是轉動旋鈕電阻會改變。

〈Q1〉根據排列組合邏輯， $C_2^3=3$ ，也就是說三個角位要選擇兩個測量，共有三種情況

請根據下表欄位測量可變電阻腳位上的電阻變化

測量電阻三用電表的黑棒插在 COM，紅棒插在()，三用電表檔位調到()

可變電阻腳位	旋鈕轉動	電阻變化(變大、變小、不變)	轉到極限值的電阻值
 1 2	順時針轉		
	逆時針轉		
 2 3	順時針轉		
	逆時針轉		
 1 3	順時針轉		
	逆時針轉		

測可變電阻腳位與旋鈕示範影片

<https://drive.google.com/file/d/1cmqbfFrSfrqdmdd3ts51zryMhrJ7mV60/view?usp=sharing>



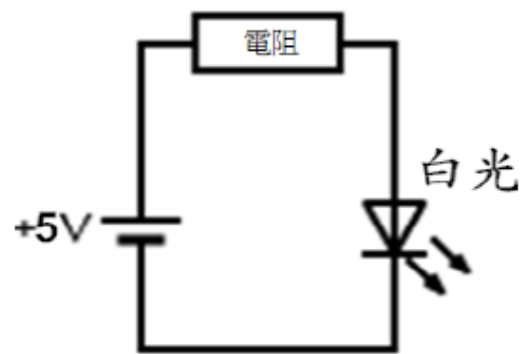
調光氣氛燈、速差線控車前置課程

— 探索出可變電阻如何調光或調速

〈Q2〉在學習單1可以了解到，右邊電路中的LED會隨著電阻值不同而有亮度上的不同，我們可以根據學習單1下一個結論：

迴路中的電阻值越**大**，LED越_____（填亮或暗）；

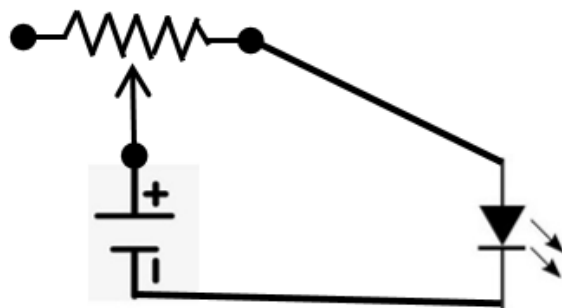
反之迴路中的電阻值越**小**，LED越_____（填亮或暗）



電子電路基本功——三用電表測量讓LED在適當工作電壓時所搭配得電阻值

〈Q3〉根據LED的物理數據，白光的LED要在3V、20mA的工作條件下，才不會故障，請依據下面電路圖，在麵包版上接線，找出最適合的電阻值(可變電阻值由大調到小)，讓LED電壓為3V，同時也測量迴路中的電流！

- → USB電源電壓：_____。
- → LED電壓：_____。
- → 電阻上的電壓：_____。
- → 電阻值：_____。
- → 迴路中的電流：_____。



發光二極體的物理條件 $T_a = 25^{\circ}\text{C}$ $I_f = 20\text{mA}$

順向偏壓

紅色LED	: $V_f: 1.8 - 2.1\text{V}$
綠、黃色LED	: $V_f: 2.0 - 2.2\text{V}$
藍色LED	: $V_f: 3.0 - 3.4\text{V}$
白色LED	: $V_f: 3.0 - 3.2\text{V}$

單LED迴路電阻電壓與電流示範影片

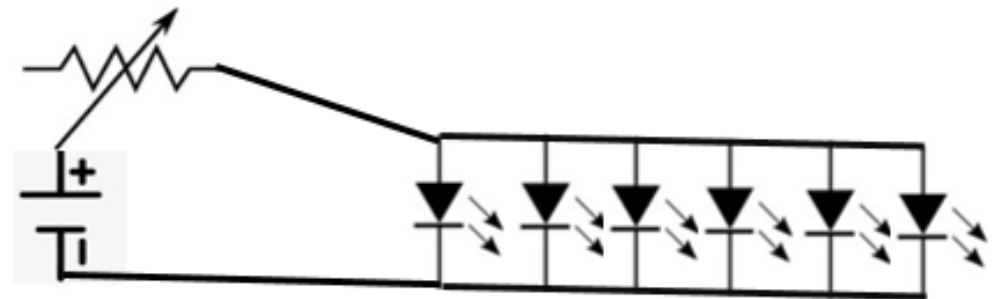
[https://drive.google.com/file/d/1GKYJrwducVhKrqcTTXL1FWn9ky8iH9x-
/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1GKYJrwducVhKrqcTTXL1FWn9ky8iH9x-/view?usp=sharing)



電子電路基本功——三用電表測量調光氣氛燈電路中，讓LED在適當**工作電壓**時所搭配得電阻值，並推論出為了避免迴路電阻值為0造成LED燒毀，迴路中需搭配適當的電阻。

〈Q4〉九年及理化教到，**串聯電路上電流相同**，**並聯電路上電壓相同**，若迴路中有6顆LED並聯，請問合理的電阻值應該為多少？

- → USB電源電壓：_____。
- → 並聯LED電壓：_____。
- → 電阻上的電壓：_____。
- → 電阻值：_____。
- → 迴路中的總電流：_____。



六LED迴路電阻電壓與電流示範影片

https://drive.google.com/file/d/1KSkeVWkMAuiA0dds_PslkHeuW5uAKGr6/view?usp=sharing

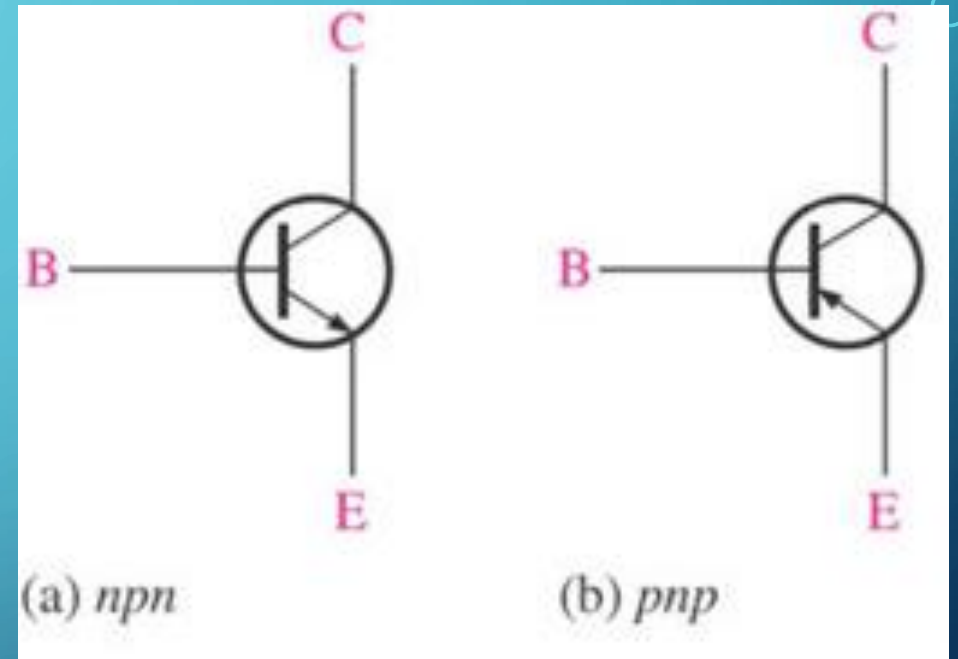
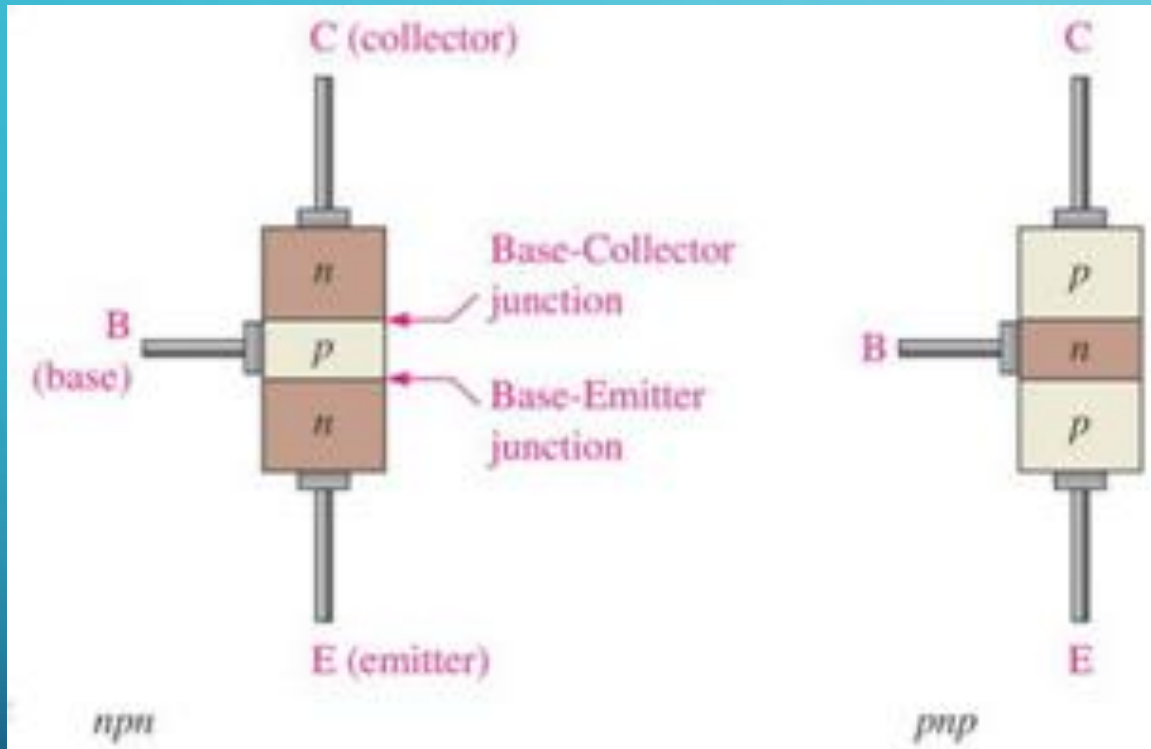


調光氙氣燈實作 6節課

電晶體開關電路

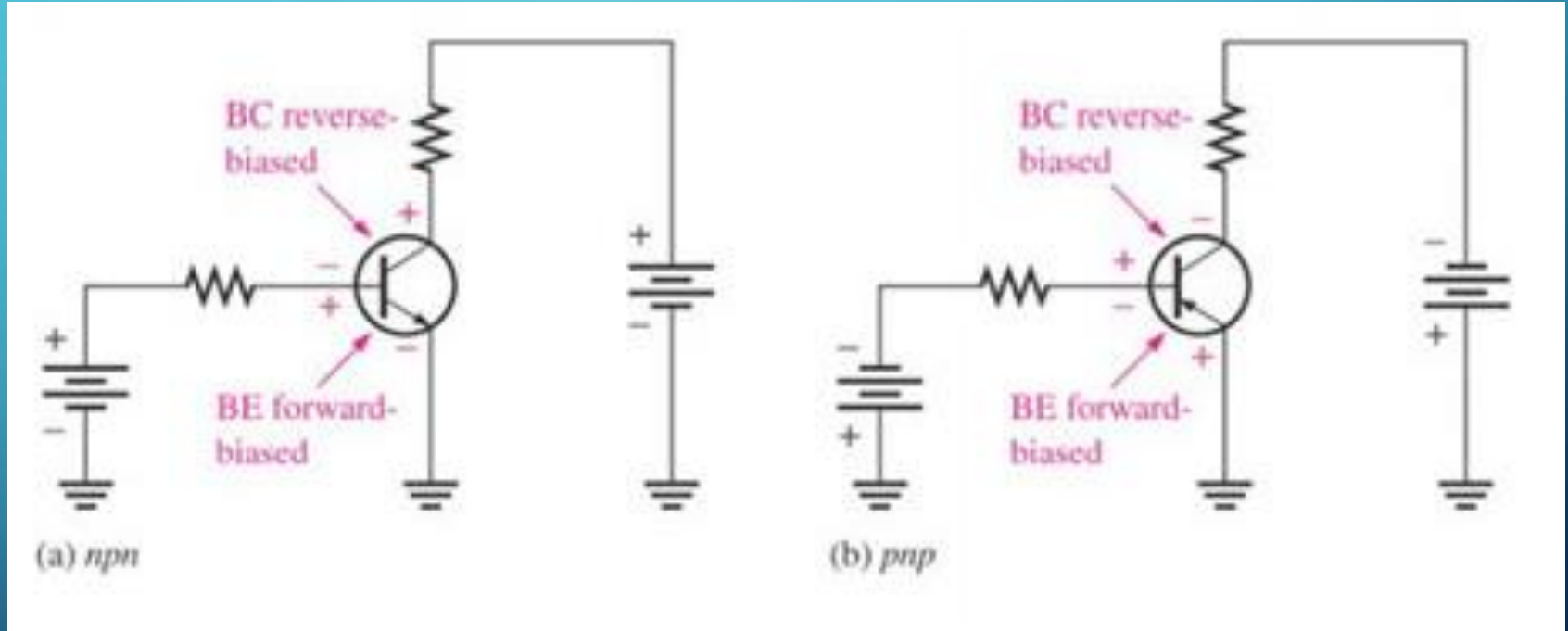
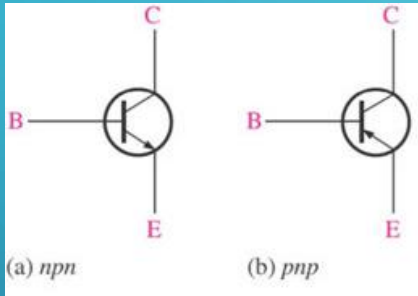
- 電晶體的運作與測量(以數位電錶為例)
- 電子電路簡易判別方式：訊號輸入→訊號處理→輸出負載
 - 訊號輸入：感測器
 - 訊號處理：電晶體(開關)
 - 輸出負載：低電流直接負載、高電流間接負載(繼電器)
- 電晶體光控電路→找出合適的分壓電阻

電晶體 (由八年級二極體觀念出發)



資料來源: http://www.pws.stu.edu.tw/shchen/Handout/STU_EC2_Ch04.pdf

電晶體作動原理



V_{BE} 順向偏壓大於 P-N 接合面的障礙電位(Si 約 0.7V)、並於 V_{CB} 施加逆向偏壓 → 電晶體作動

電晶體作動原理

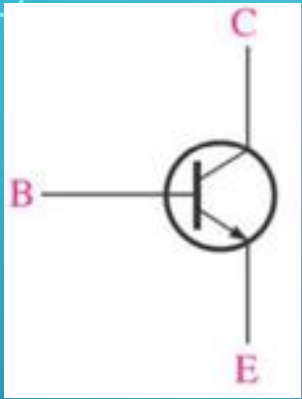
磨課師

中電子學_第4章 雙極性接面電晶體


<https://www.youtube.com/watch?v=upe1T1023y0>

(須具備一定背景知識，本影片僅提供參考資源)

三用電錶測量電晶體(以NPN為例)



步驟1~先找**基極B**~~(二極體思維模式)

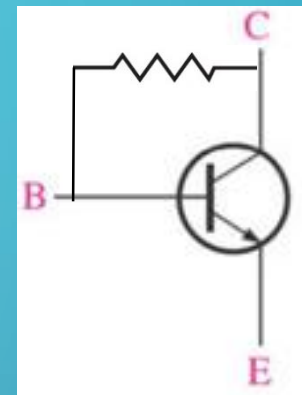
1. 三用表旋至 ，然後將試棒接觸在三個接腳中的兩個接腳，使三用電表有數值，此時這兩個接腳中必有一為基極 B。(P-N接面)
2. 任一試棒移至第三接腳(剛才空著的那個接腳)，若三用電表有數值，則試棒沒動的那個接腳為基極 B。如果試棒移至第三接腳時，三用表之指針偏動甚小，那麼表示試棒移開的那腳為基極。

資料來源

http://teachlab.phys.ncku.edu.tw/media/course_pdf/04.%E6%8E%A5%E9%9D%A2%E9%9B%BB%E6%99%B6%E9%AB%94_2015.pdf

https://physexp.thu.edu.tw/~mengwen/exp-electronics/about_TES2206.pdf

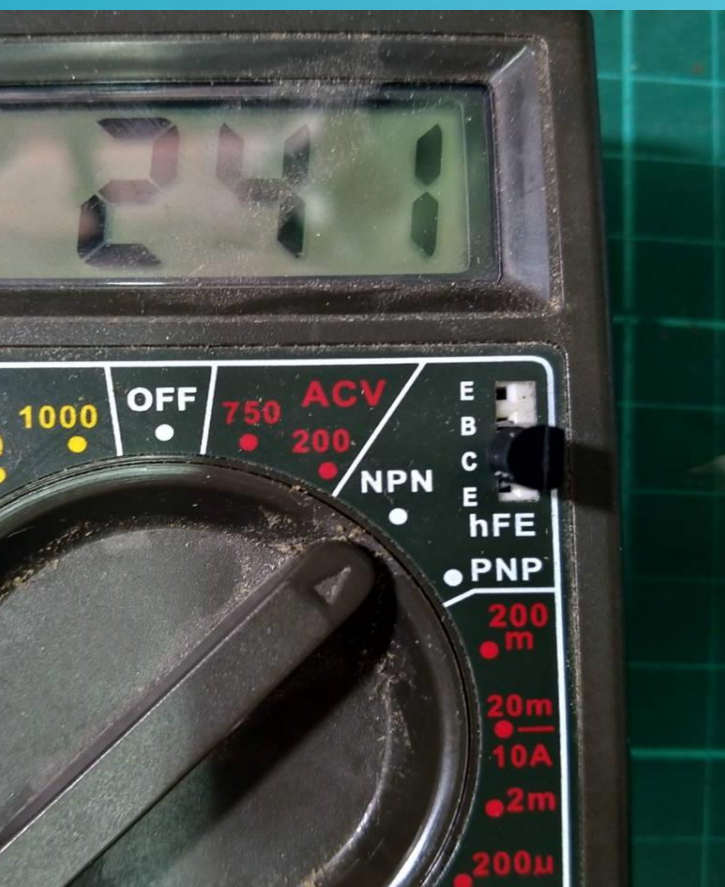
三用電錶測量電晶體



步驟2~判斷集極C、射極E

以 npn 電晶體為例，三用電錶轉至NPN，將電晶體插入電晶體測試檔位，嘗試兩種（C、E 互換）接法，以測得最大的 hFE （又稱 Beta）那個 C、E 位置為正確（最大不是 Overflow！）。

註： hFE 共發射極電流放大係數，又叫 β ，是集極電流 I_C 與基級電流 I_B 的比值



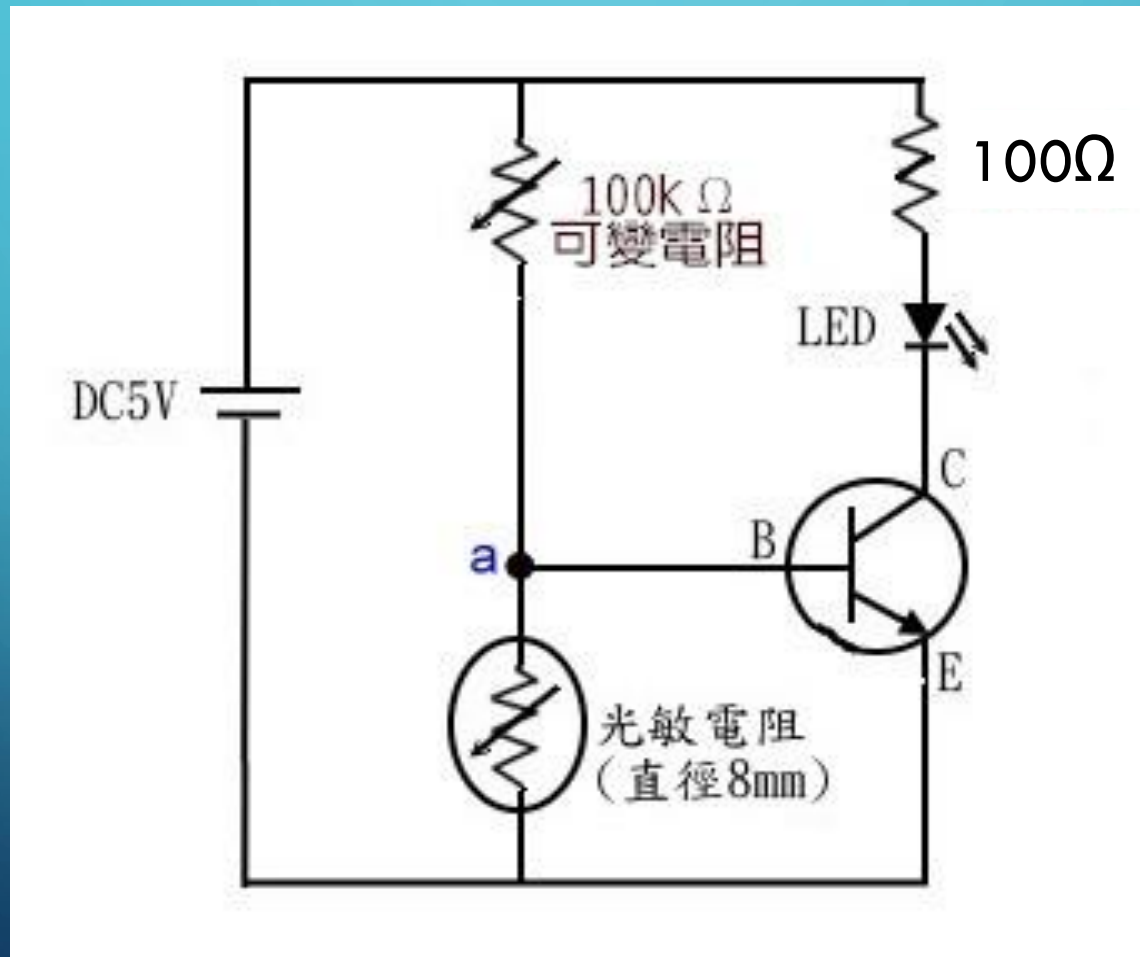
三用電錶測二極體與電晶體示範影片

- https://drive.google.com/file/d/1526Q-DlnGr0GAFnFPu13clfWp9Qao_il/view?usp=sharing



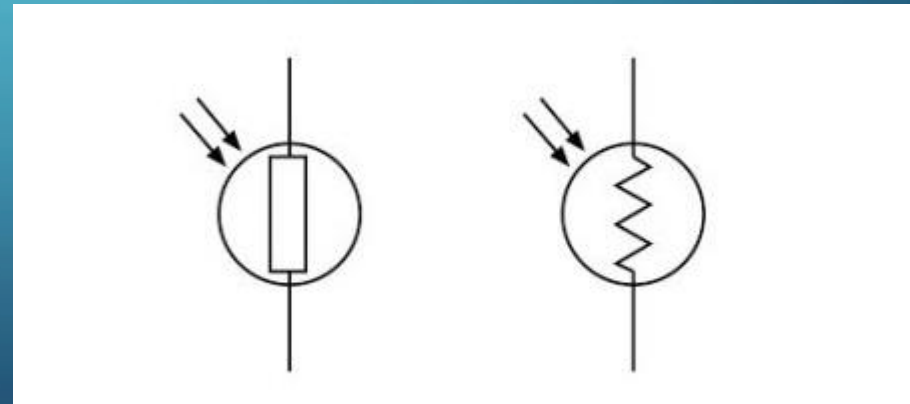
實作：電晶體的光控電路-調光型

- 藉由調整可變電阻，來改變a點在適當光源亮度時的分壓



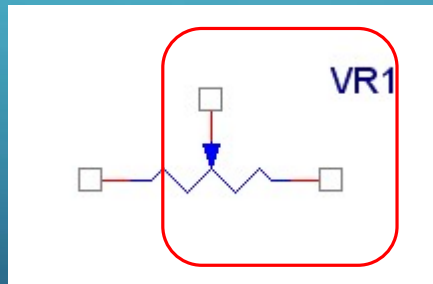
光敏電阻LDR

- 隨電阻值光線改變
- 三用電表測無遮蔽下 () $k\Omega$
- 三用電表測全遮蔽下 () $k\Omega$

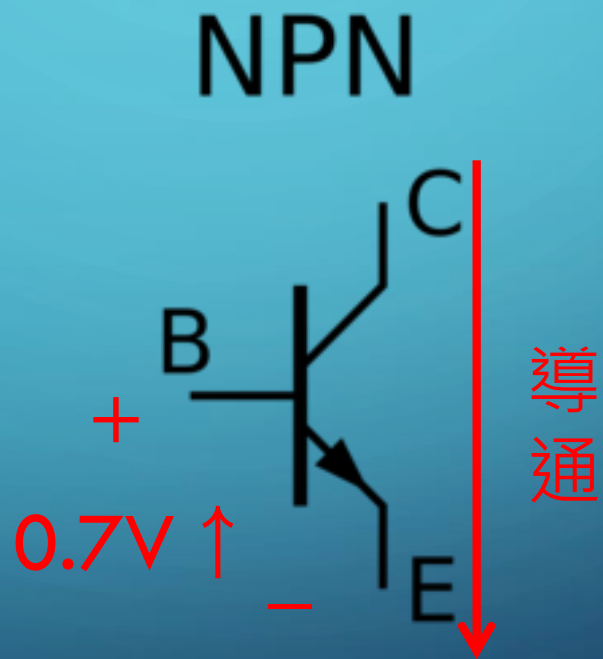


可變電阻 (為何要選擇100K?)

- 旋鈕調整電阻
- 順時針電阻變小 → $0\text{ k}\Omega$
- 逆時針電阻變大 → $100\text{ k}\Omega$

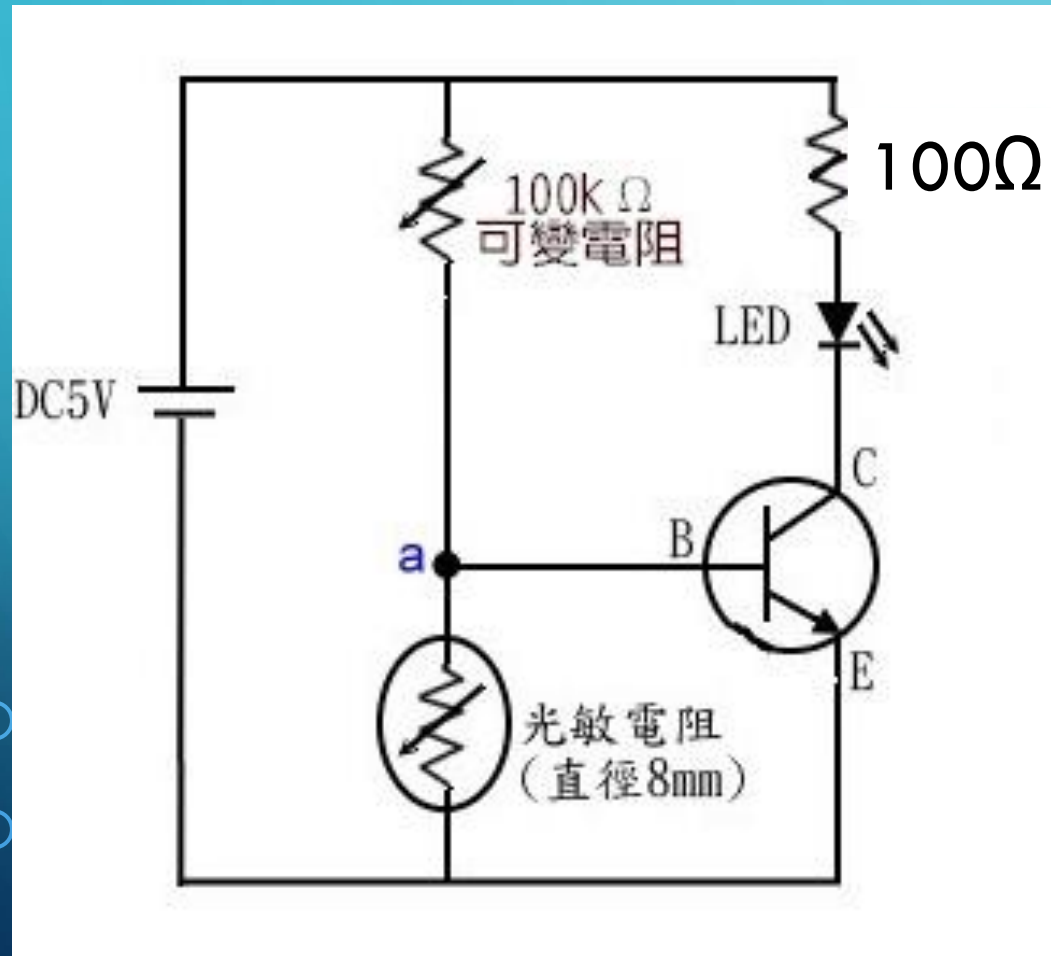


電晶體C1815



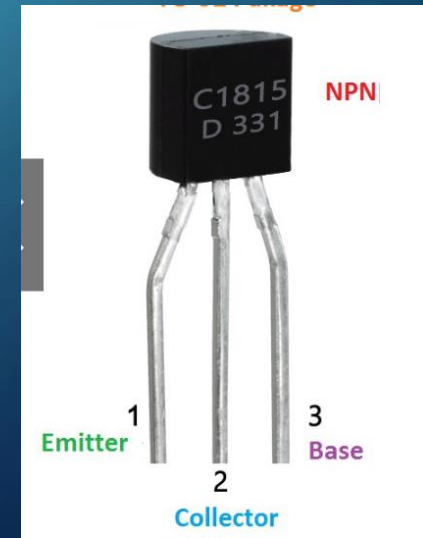
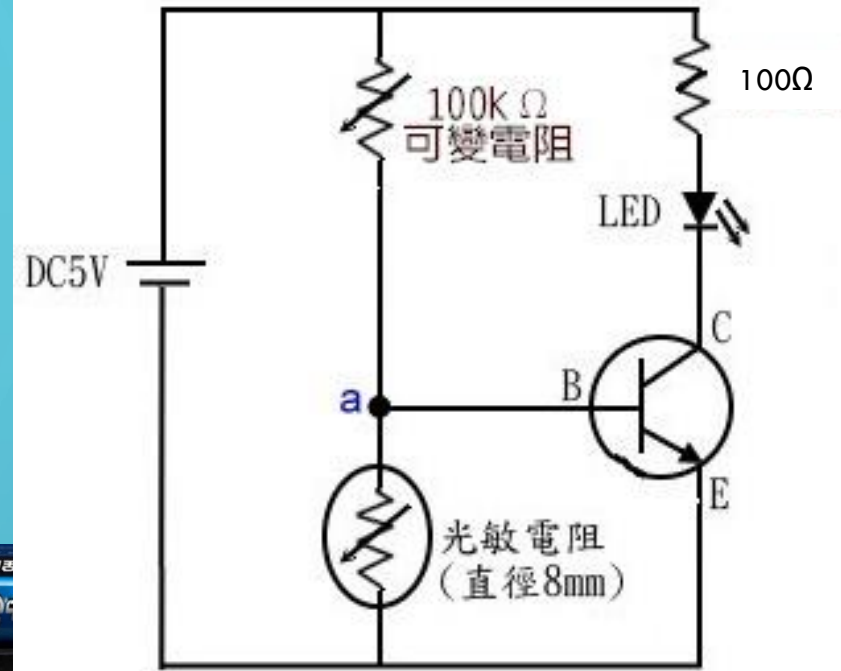
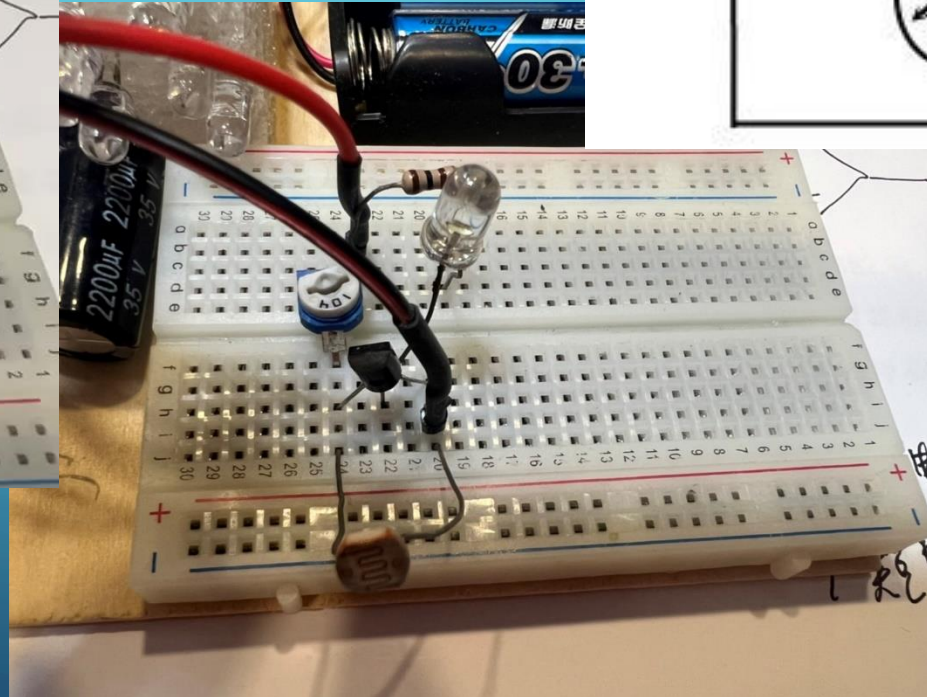
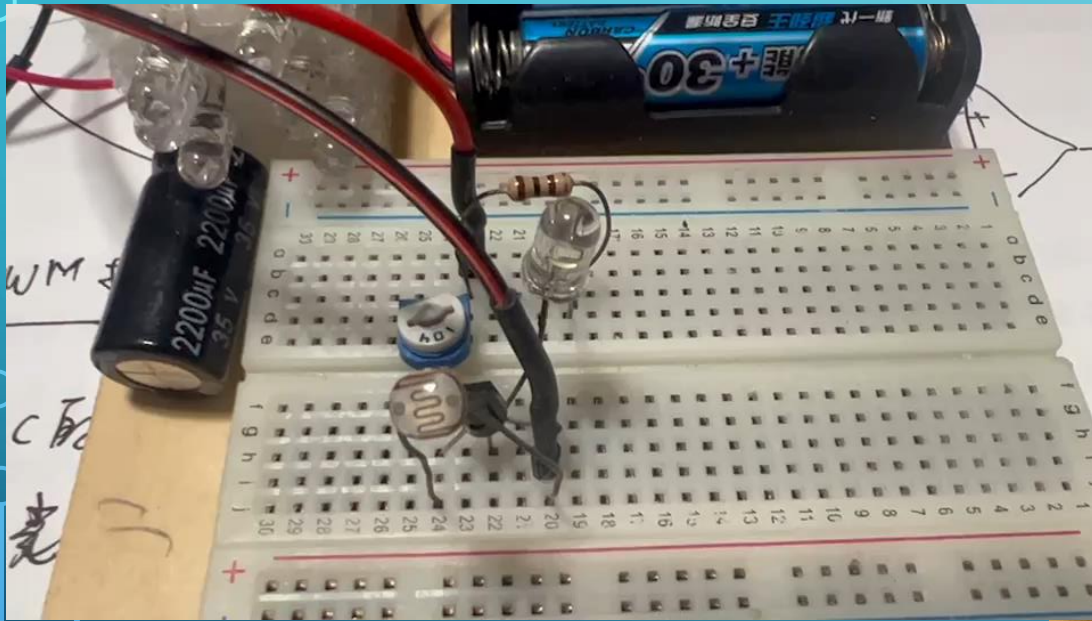
電路運作原理

訊號輸入 → 訊號處理 → 輸出負載



- ◆ 分壓原理，調整可變電阻可改變a點分壓
- ◆ a點電壓超過0.7V驅動CE極導通
- ◆ LED串限流電阻
- ◆ 找到適當光照時所需搭配的分壓電阻

麵包板接電路—電晶體光控燈



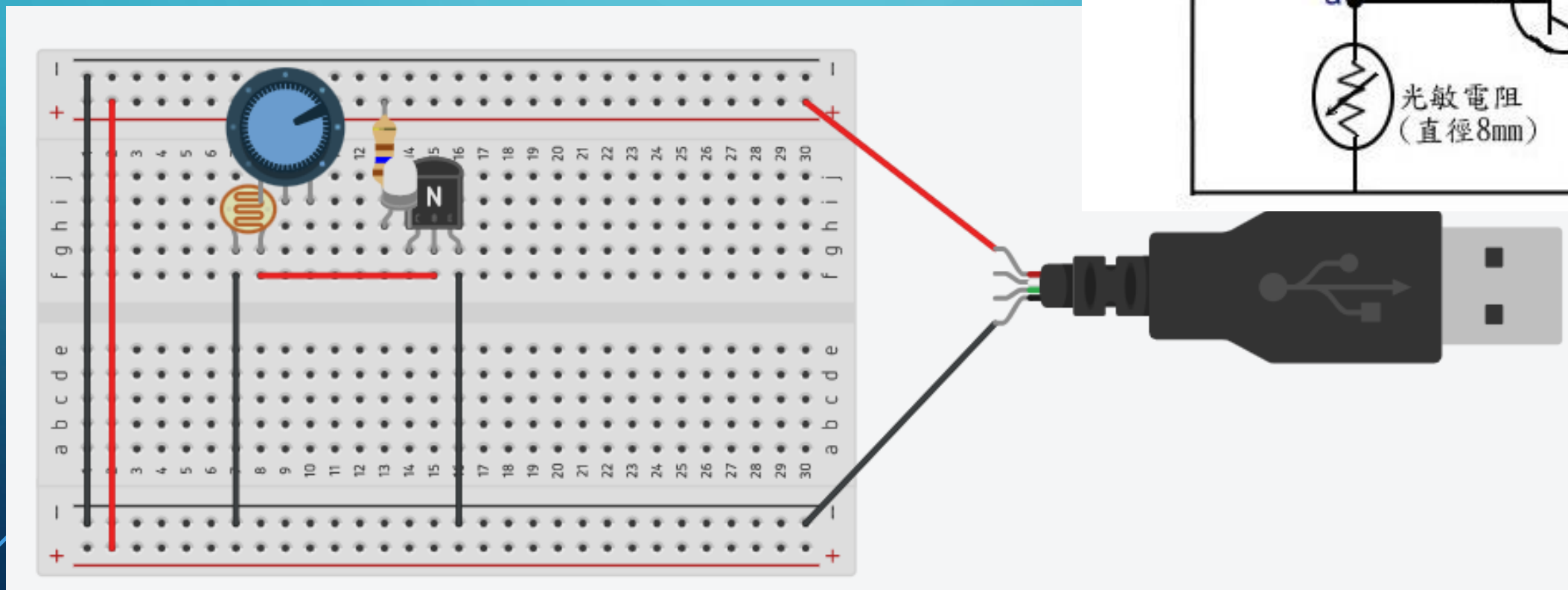
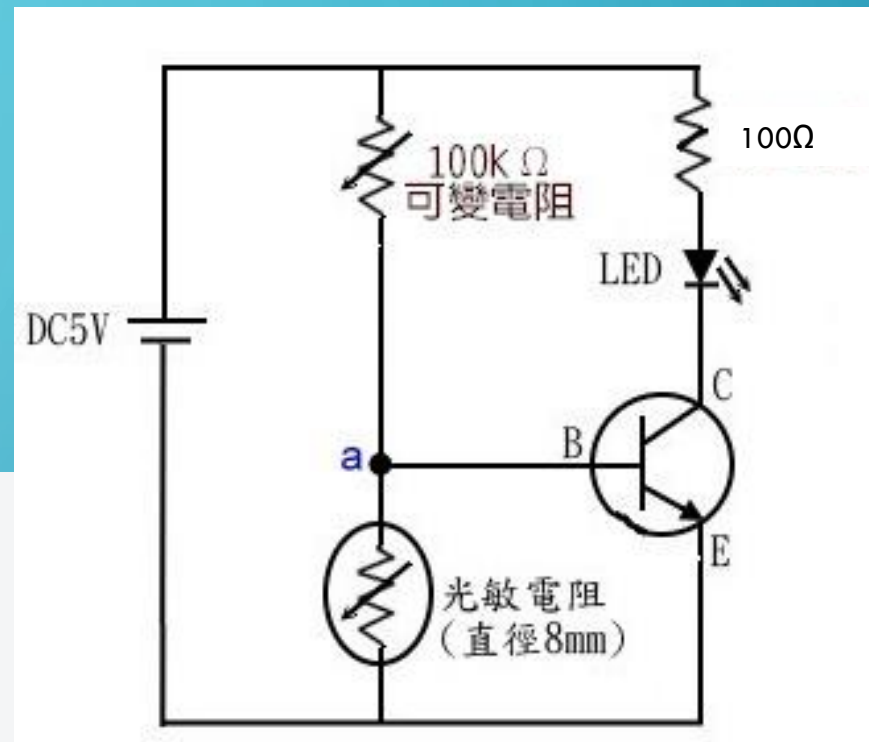
電晶體的光控電路-調光型示範影片

https://drive.google.com/file/d/12EjovaXJF3nDLwtdX87wq7dTni29_rXB/view?usp=sharing



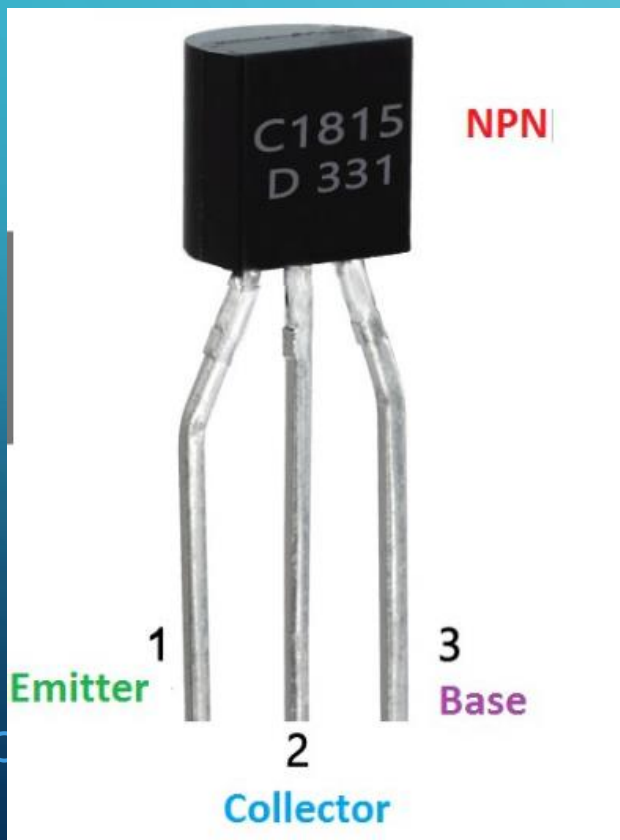
TINKERCAD麵包板接電路-電晶體光控燈

(軟體NPN腳位與C1815不同)

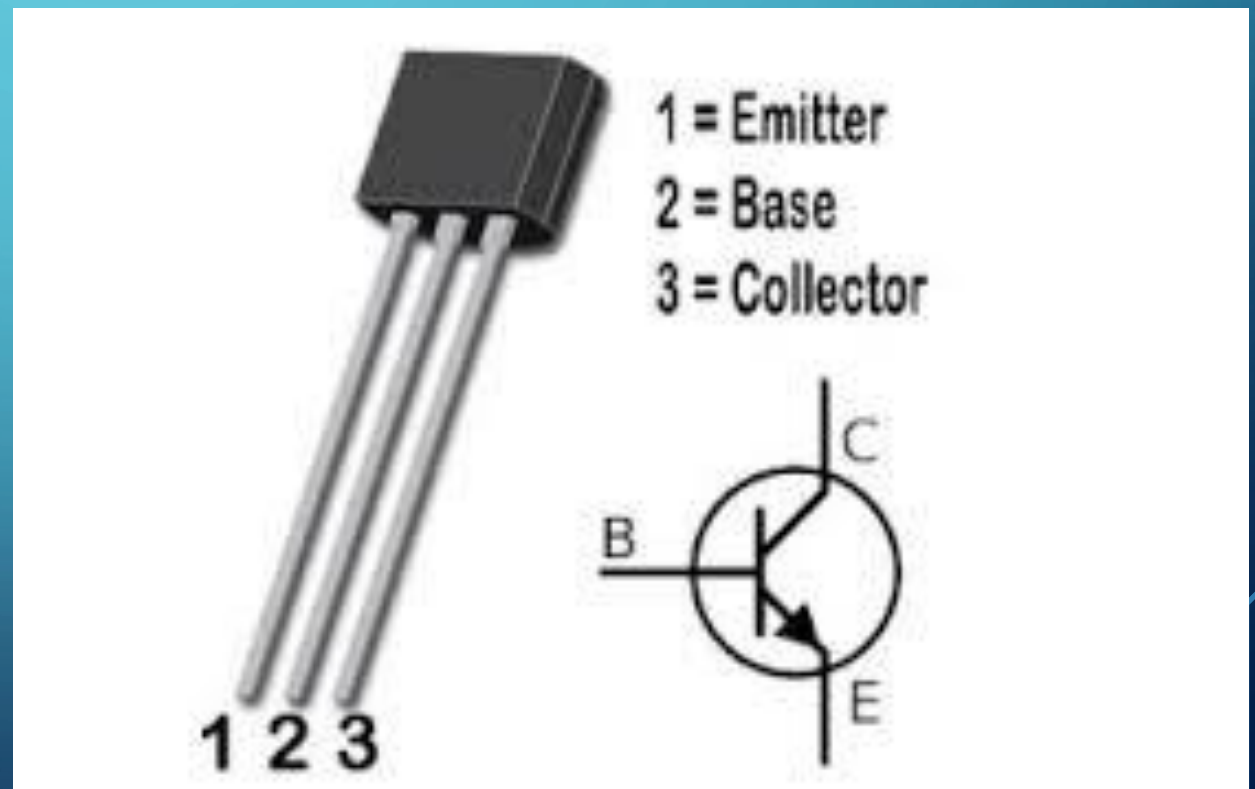


如果將電晶體換成S9013，能夠完成電路嗎？

C1815



S9013

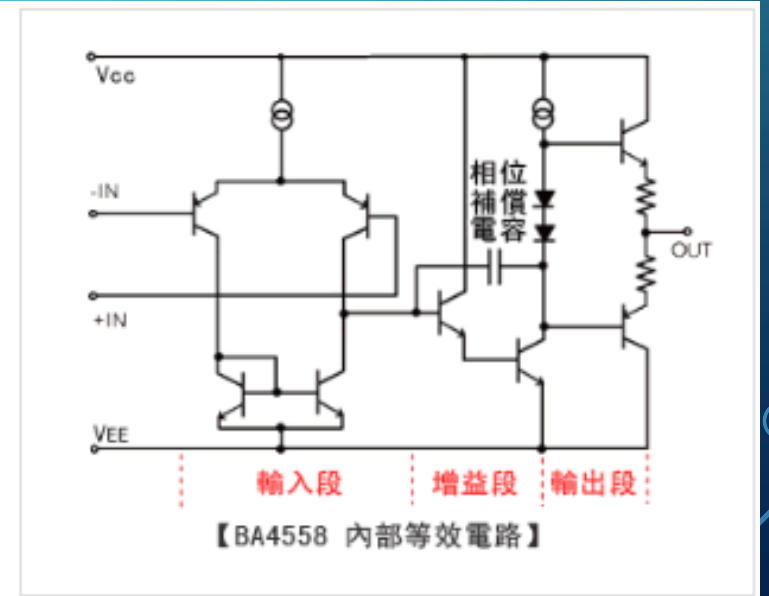
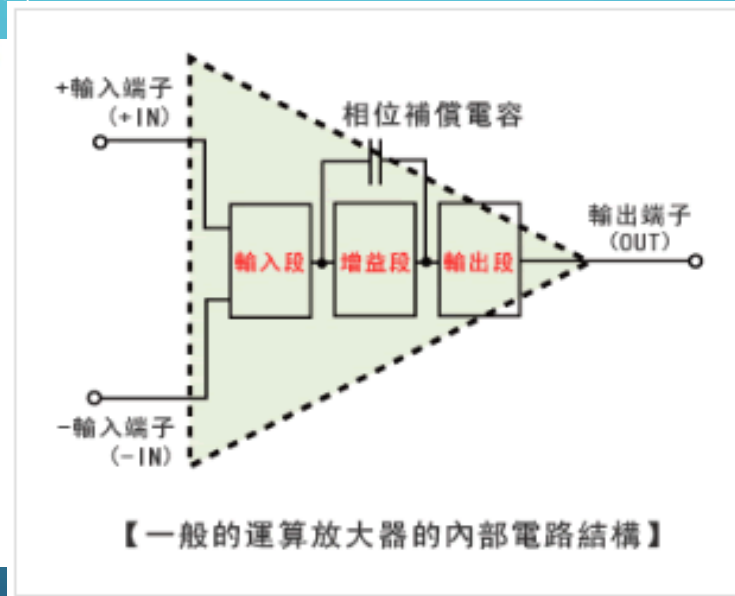
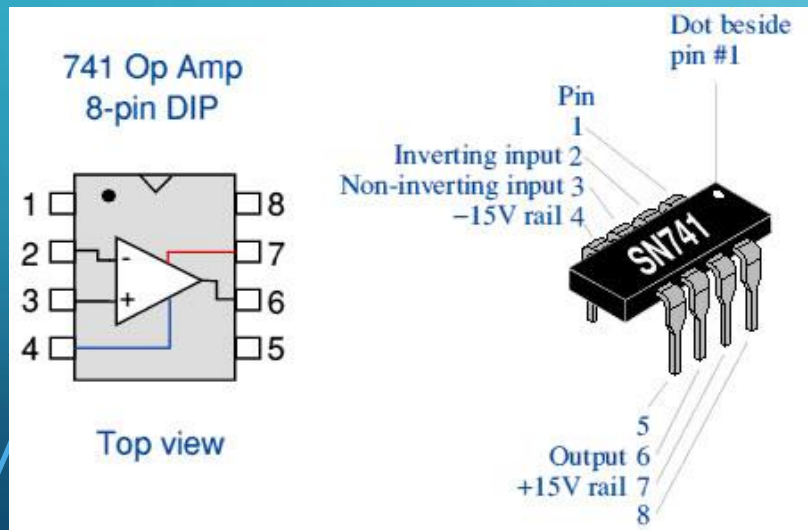


實作：晶片(UA741)的光控電路-調光型

- 比較器的運作
- 電子電路簡易判別方式：訊號輸入→訊號處理→輸出負載
訊號輸入：光敏電阻分壓與 $1/2V_{CC}$ 的電壓比較
訊號處理：比較器UA741
輸出負載：低電流直接負載、高電流間接負載(繼電器)
- 比較器光控電路→根據訊號處理設計雙輸入並找出適當的分壓電阻值

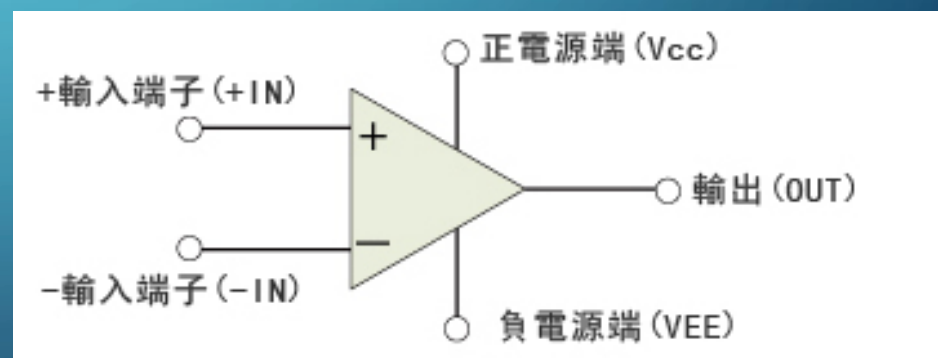
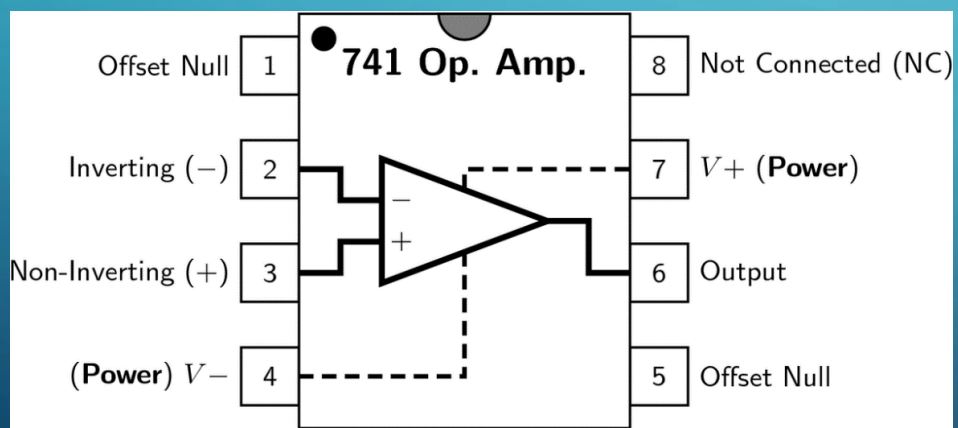
IC-741 腳位、圖示與等效電路

- 運算放大器、比較器



IC-741 比較器(運算放大器)運作原理

- 當+輸入端子的電位 > -輸入端子的電位，高輸出
- 當-輸入端子的電位 > +輸入端子的電位，低輸出



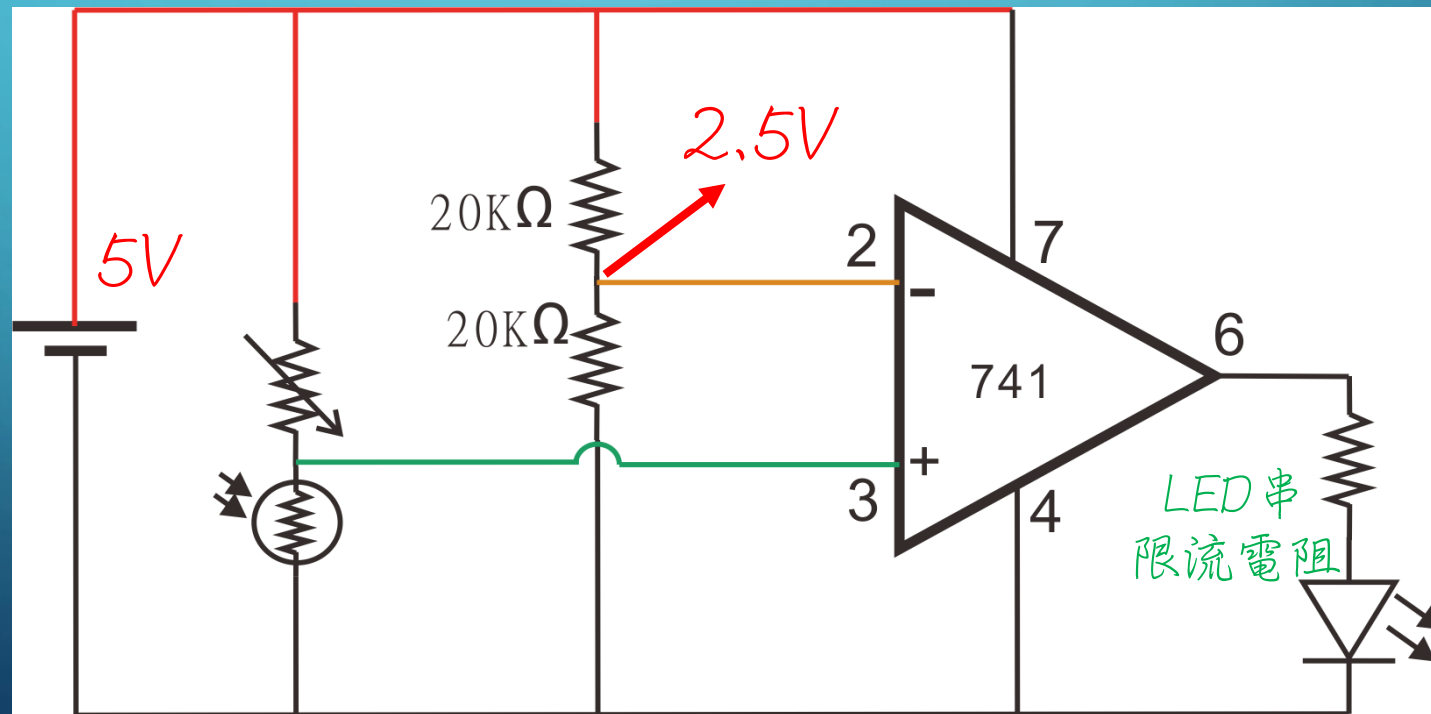
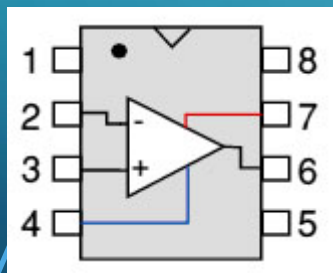
電路運作原理

訊號輸入 → 訊號處理 → 輸出負載

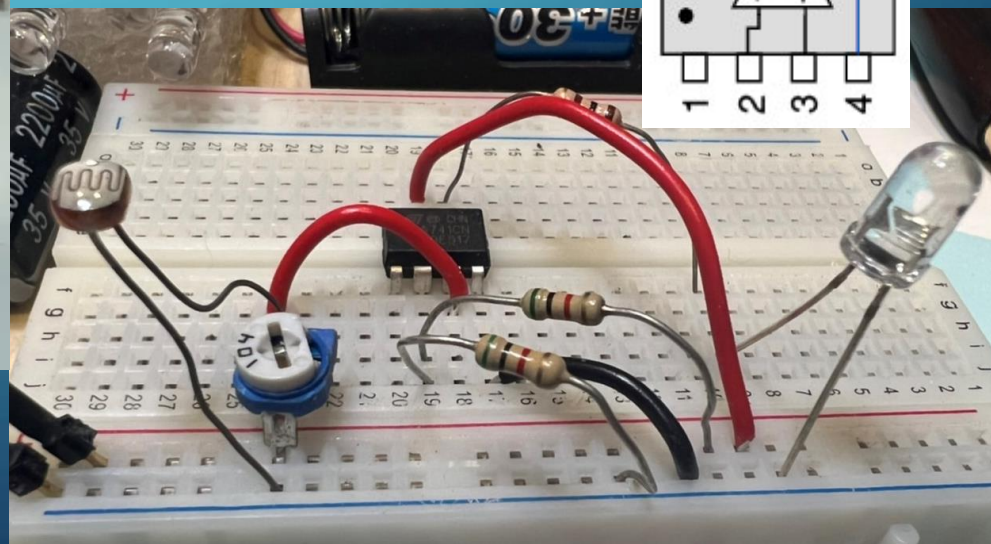
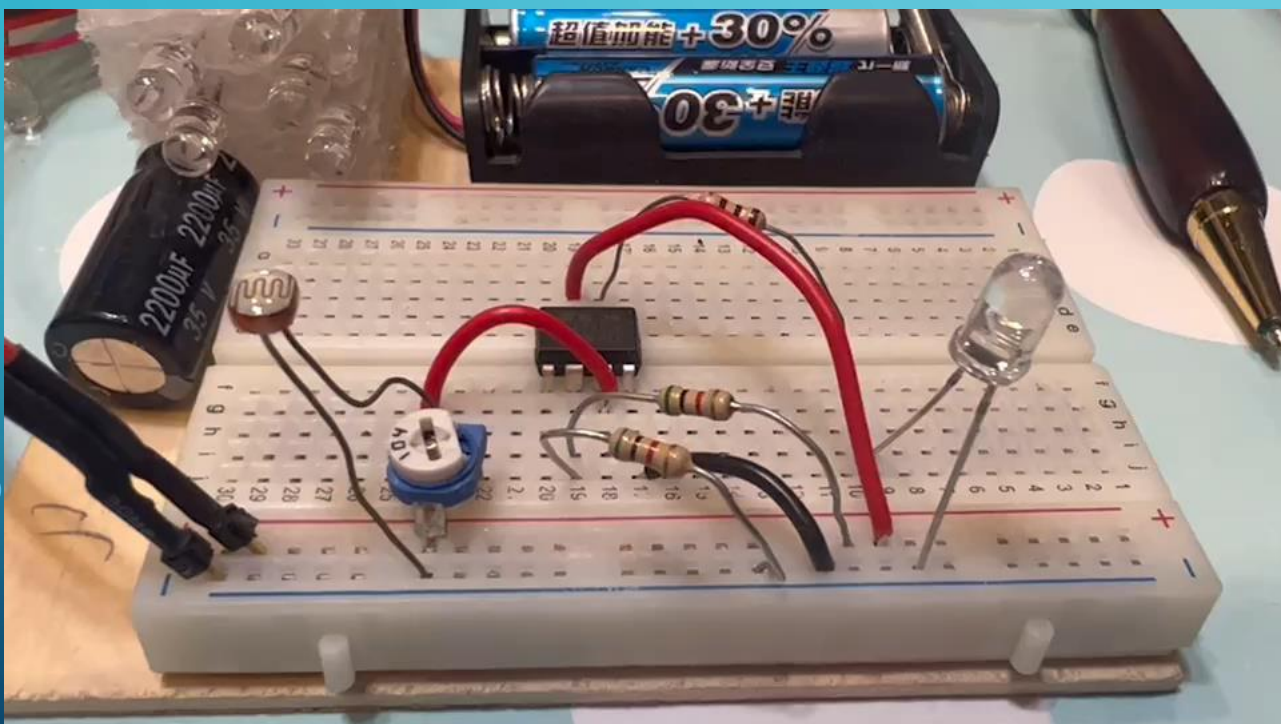
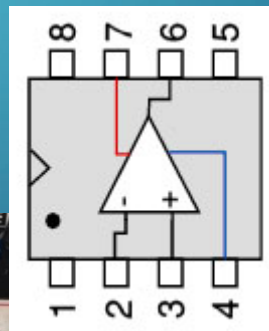
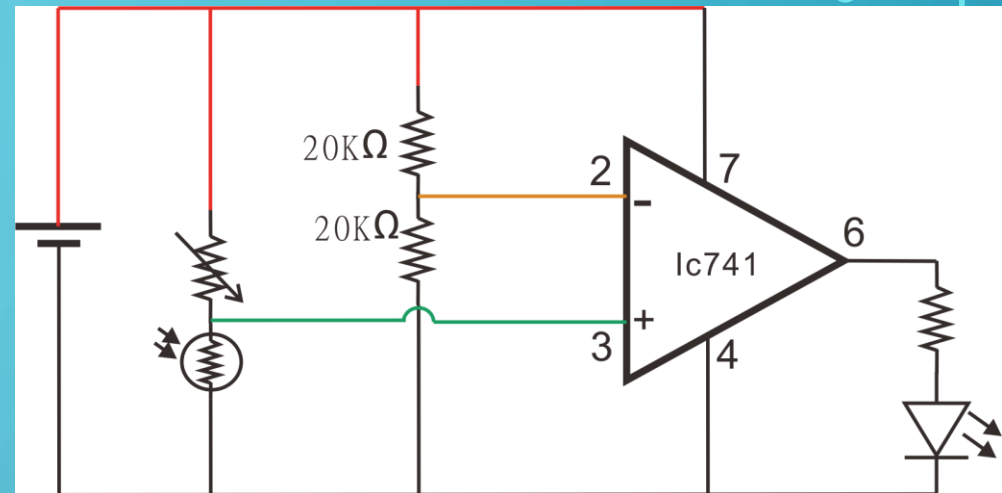
光敏電阻與可變電阻調整分壓
(日光燈下 $3k\Omega$ / 陰影下 $70k\Omega$)

741:

當+輸入端子的電位 > -輸入端子的電位，高輸出
當-輸入端子的電位 > +輸入端子的電位，低輸出

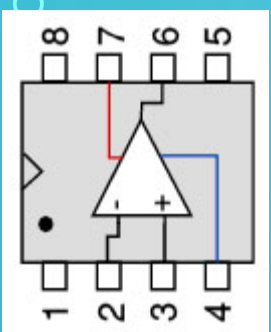


麵包板接電路-比較器光控燈

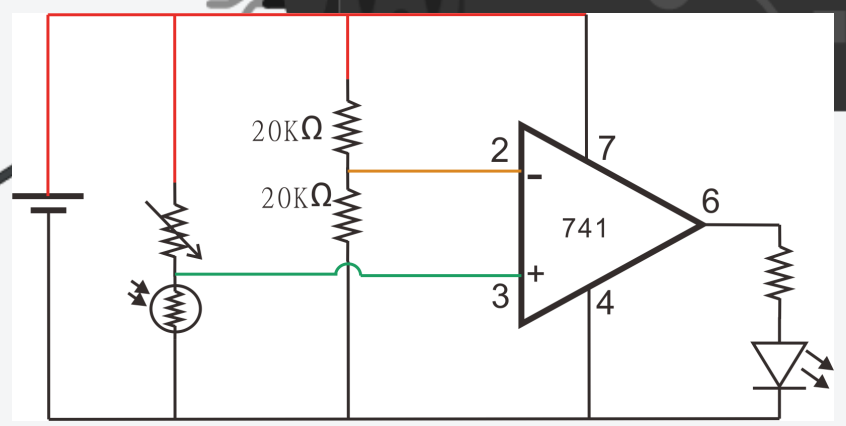
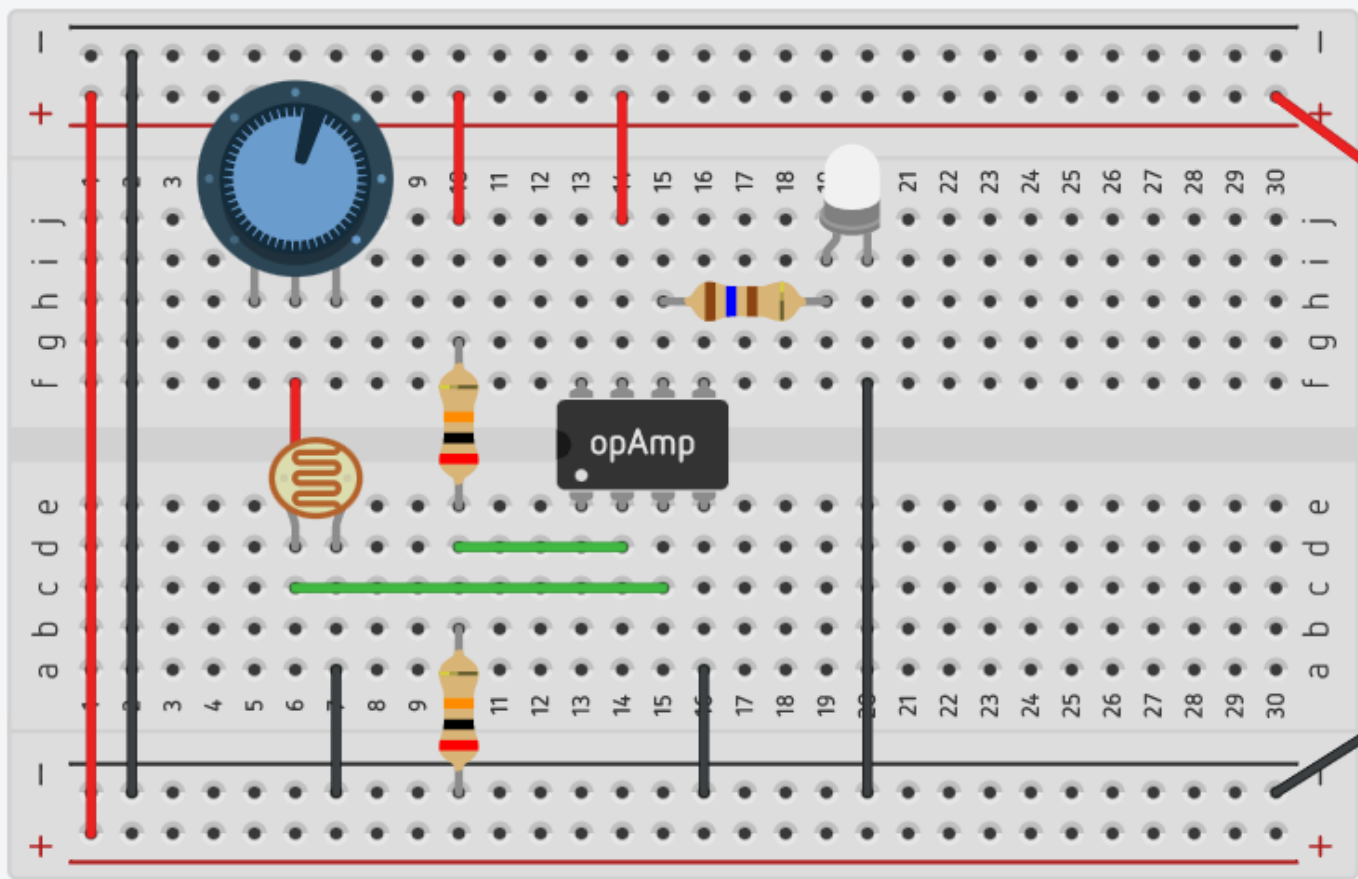


示範影片





TINKERCAD麵包板接電路-數位光控燈(741)

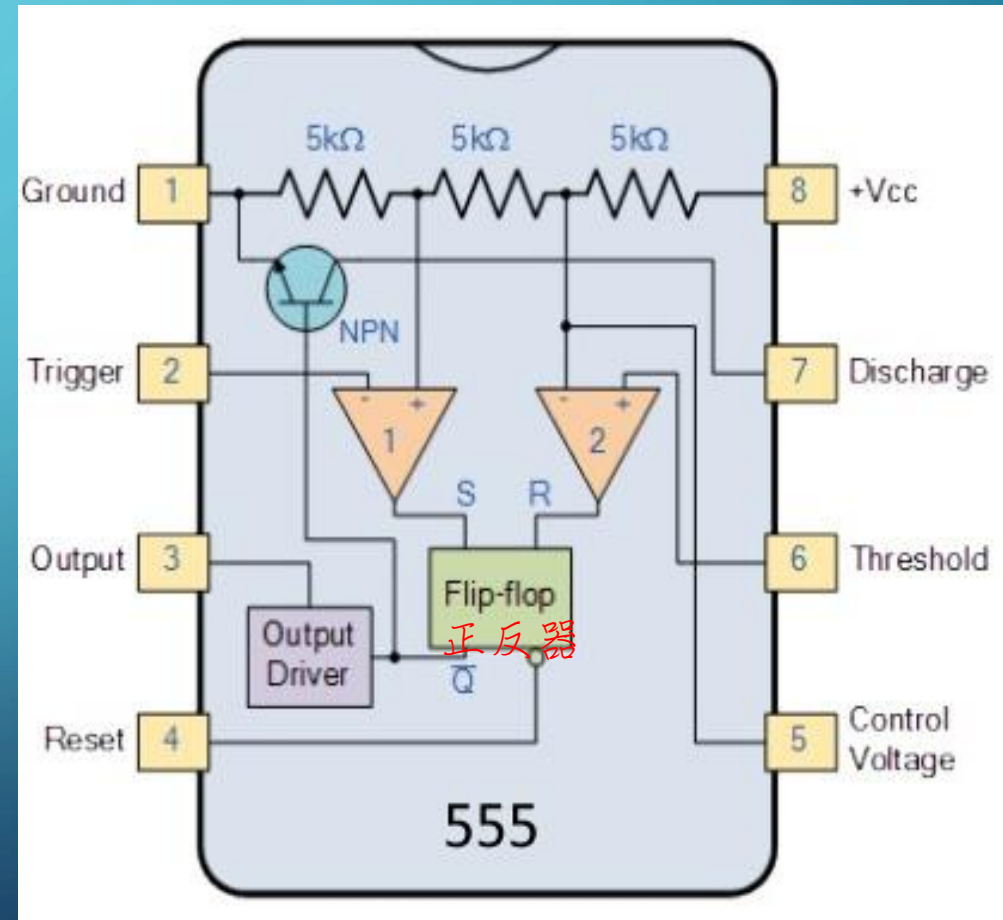
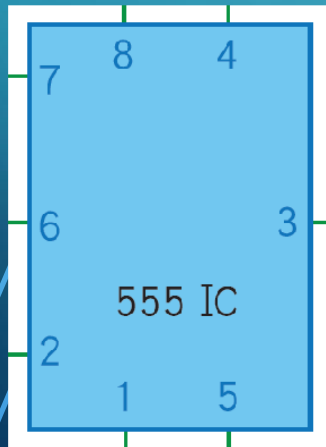


實作：晶片(NE555)的光控電路-調光型

- NE555的運作
- 電子電路簡易判別方式：訊號輸入→訊號處理→輸出負載
訊號輸入：光敏電阻分壓
訊號處理：NE555
輸出負載：低電流直接負載、高電流間接負載(繼電器)
- 555光控電路→找出適當的分壓電阻值

555圖示、內部邏輯電路與運作原理

- 當Pin2之電壓低於 $1/3V_{cc}$ 時，
會令輸出高電位 (Pin3)
- 當Pin6之電壓高於 $2/3V_{cc}$ 時，
會使輸出 (Pin3) 低電位



電路運作原理

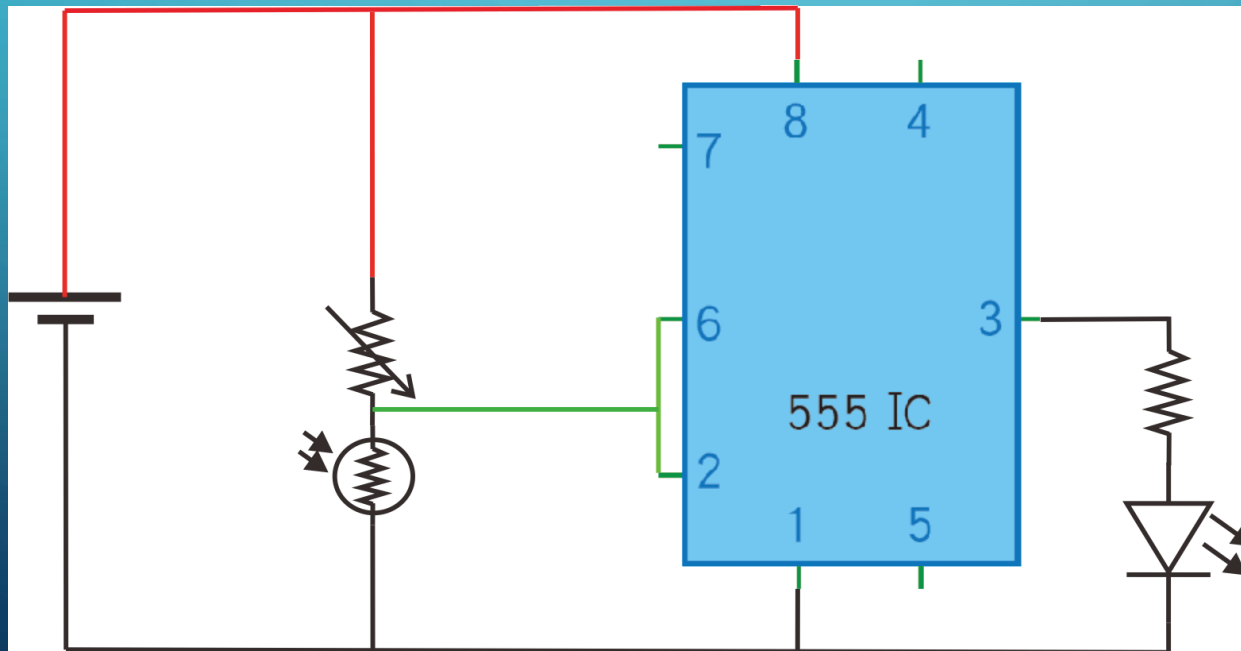
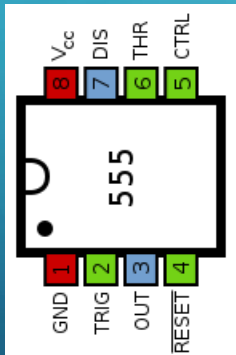
訊號輸入 → 訊號處理 → 輸出負載

光敏電阻與可變電阻調整分壓
(日光燈下 $3k\Omega$ / 陰影下 $70k\Omega$)

555 :

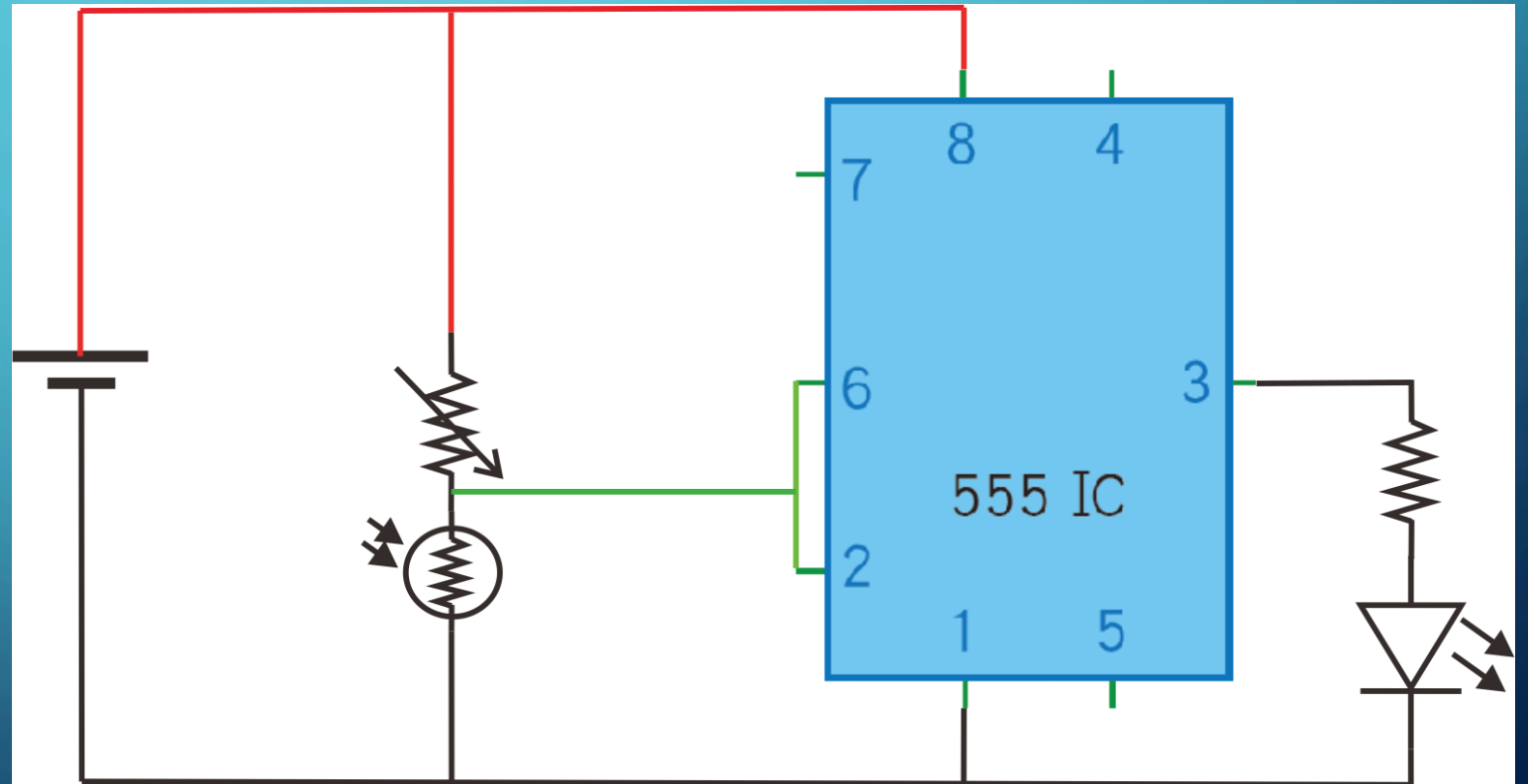
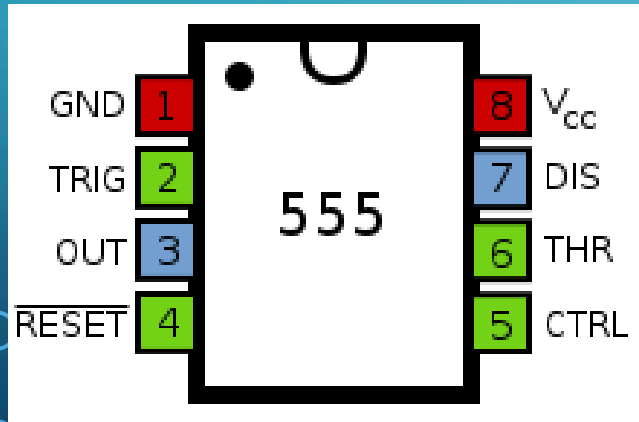
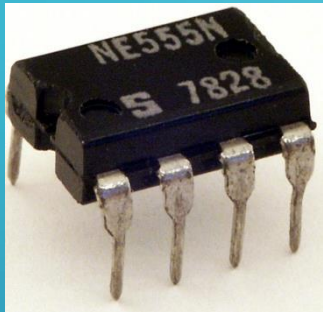
當 Pin2 之電壓低於 $1/3V_{cc}$ 時，會令輸出高電位 (Pin3)

當 Pin6 之電壓高於 $2/3V_{cc}$ 時，會使輸出 (Pin3) 低電位

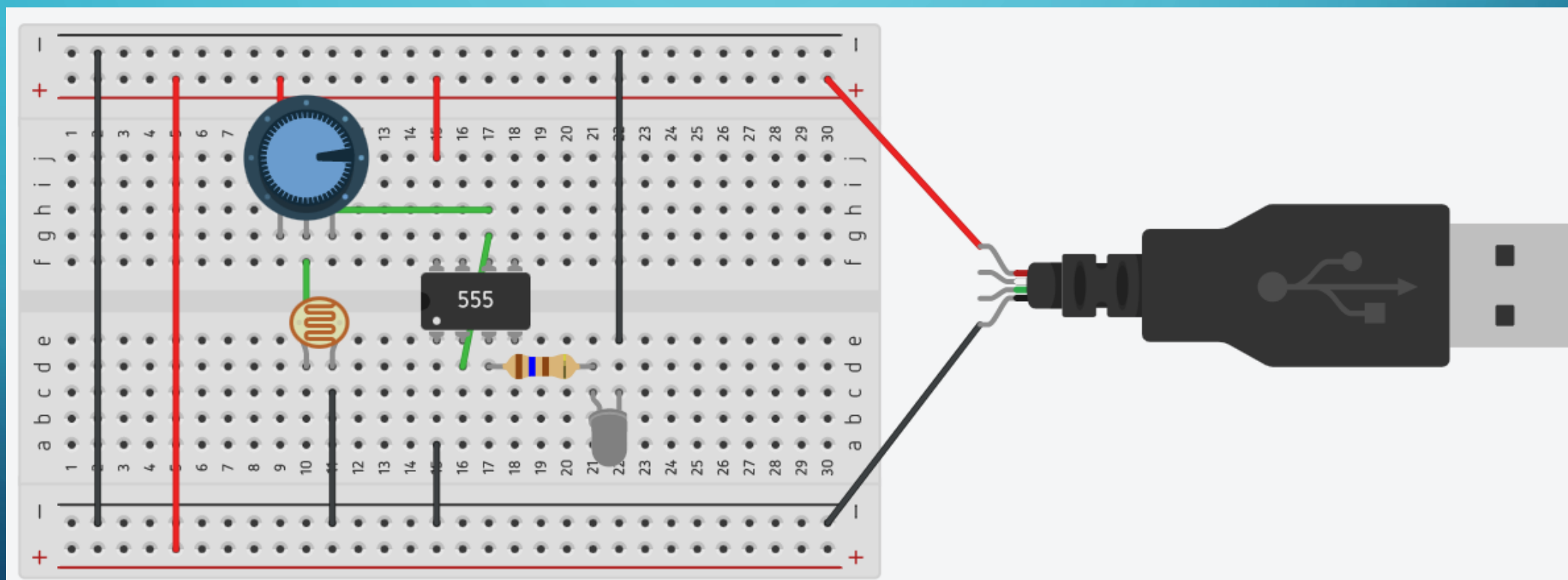


LED串限流電阻

麵包板接電路-調光型光控燈(555)



TINKERCAD麵包板接電路—調光型光控燈 (555)



噢 這電路有問題

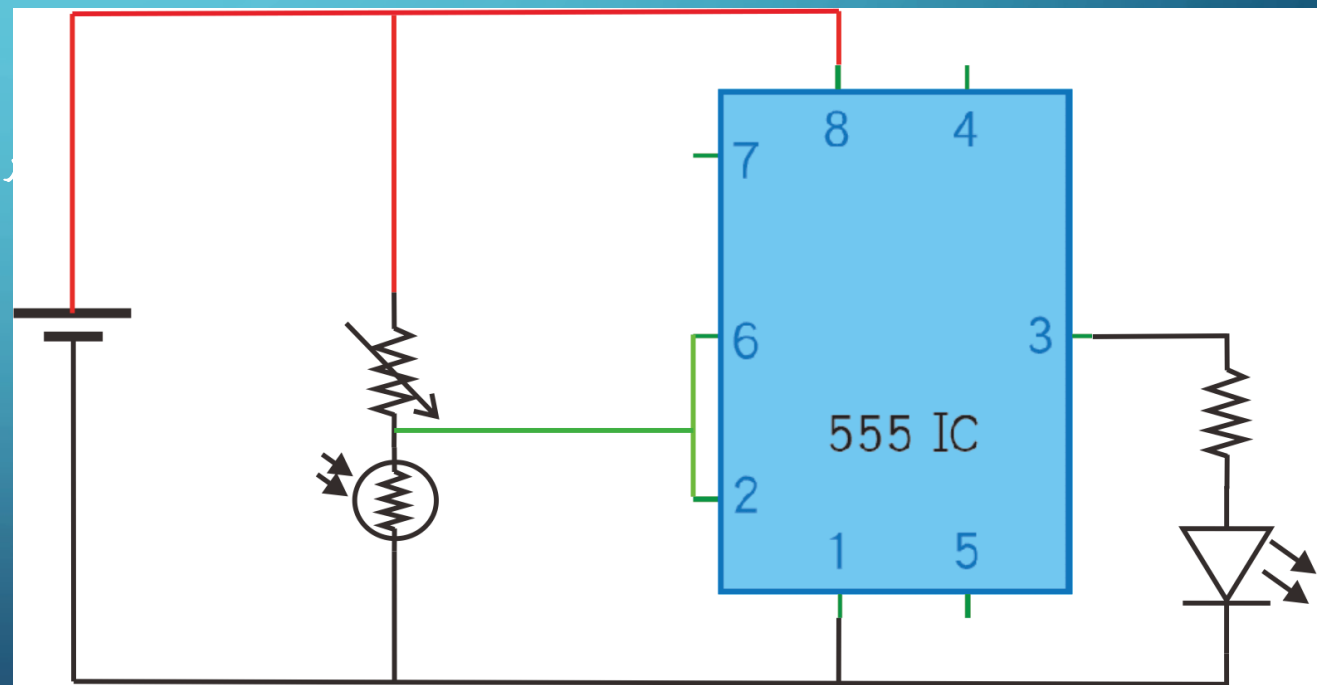
天黑開燈天亮關燈

- 光敏電阻與可變電阻調整分壓

(日光燈下 $3k\Omega$ / 陰影下 $70k\Omega$)

- 當 $Pin2$ 之電壓低於 $1/3V_{cc}$ 時
會令輸出高電位 ($Pin3$)

當 $Pin6$ 之電壓高於 $2/3V_{cc}$ 時
會使輸出 ($Pin3$) 低電位



調整成正確的”天黑請開燈”

數位電路練習 調光型光控燈

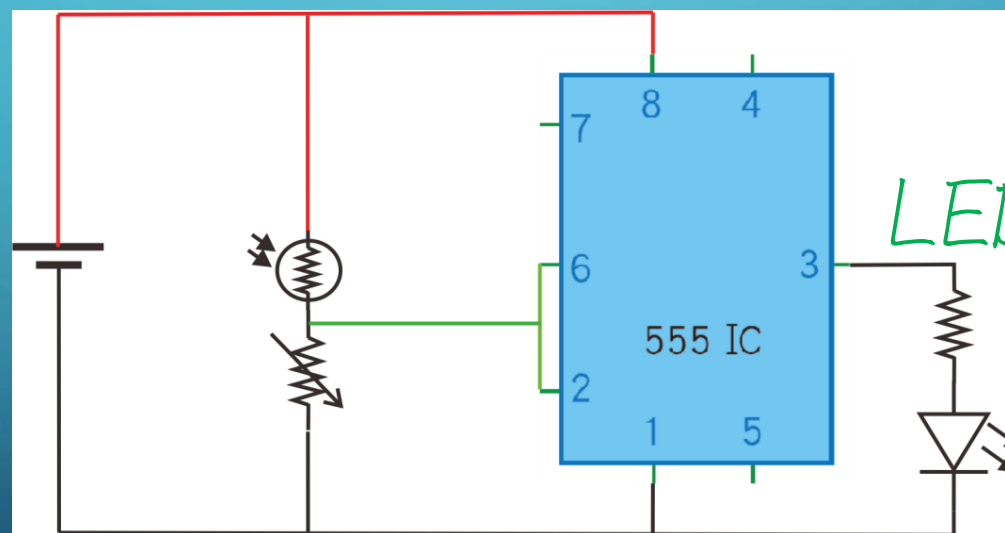
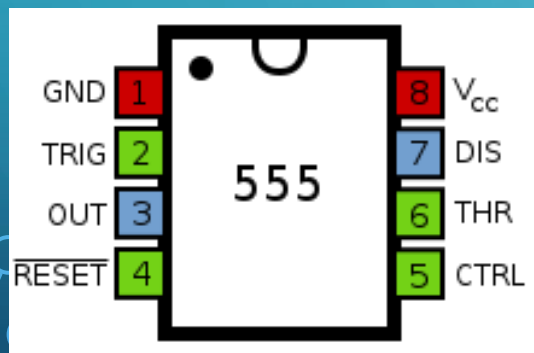
訊號輸入 → 訊號處理 → 輸出負載

光敏電阻與可變電阻調整分壓
(日光燈下 $3k\Omega$ / 陰影下 $70k\Omega$)

555:

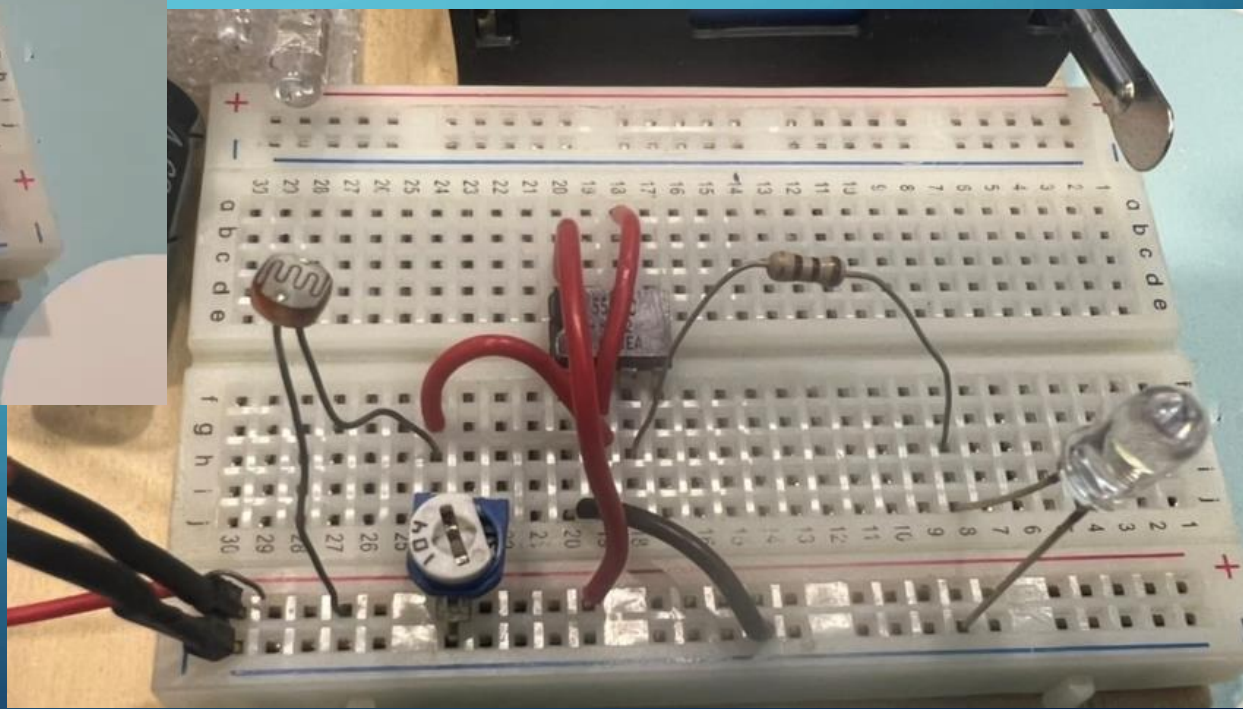
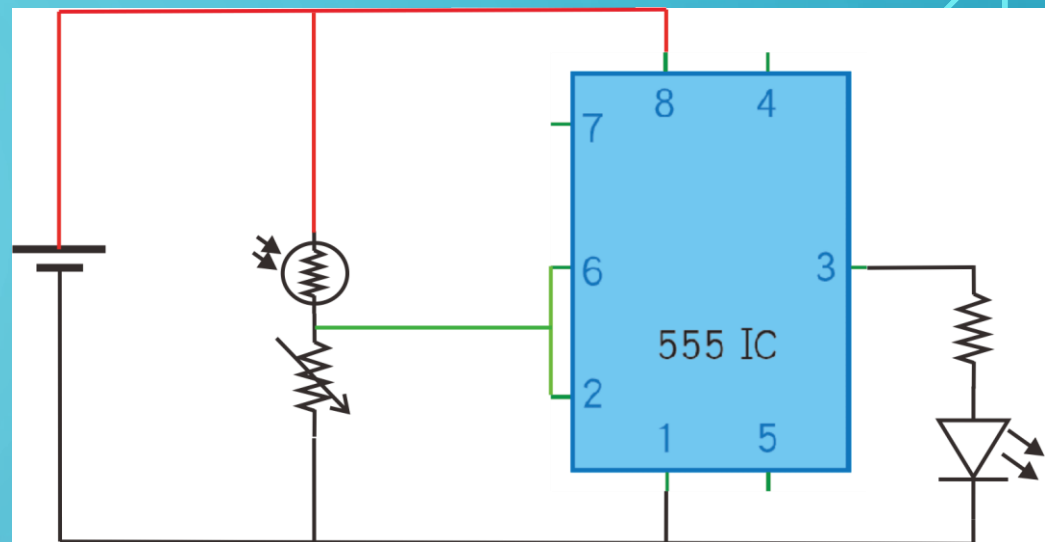
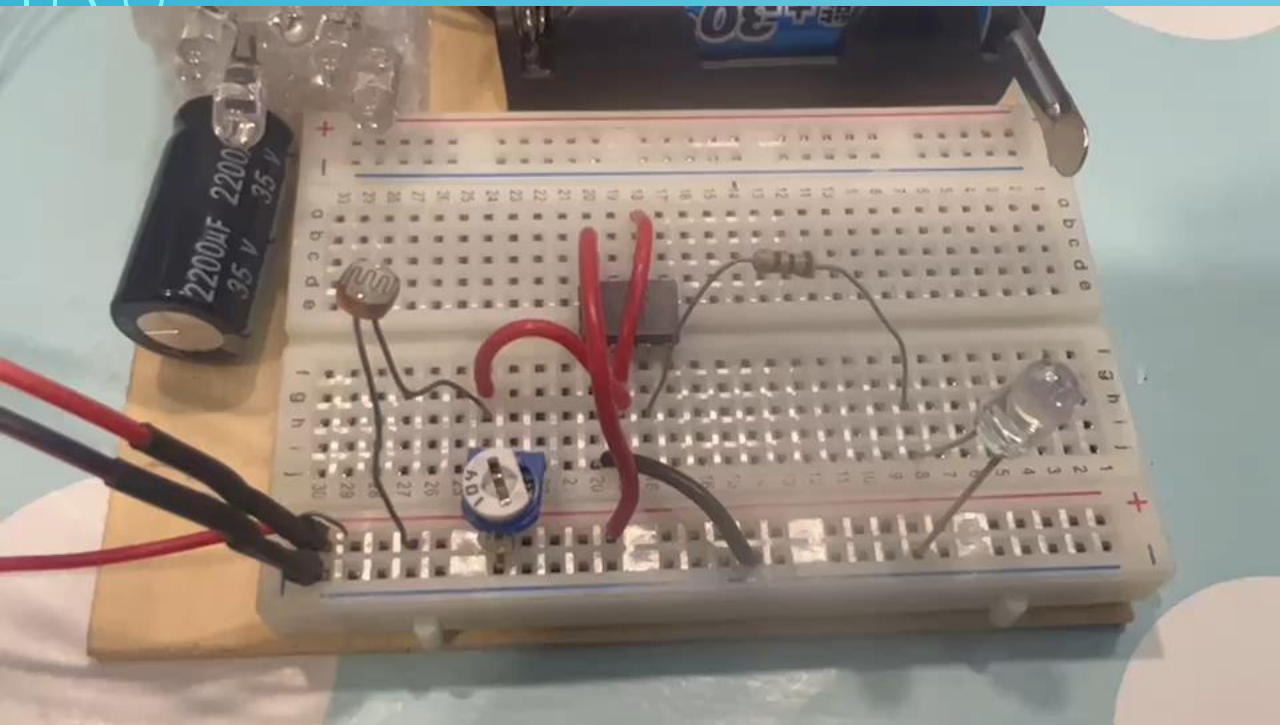
當 $Pin2$ 之電壓低於 $1/3V_{cc}$ 時，會令輸出高電位 ($Pin3$)

當 $Pin6$ 之電壓高於 $2/3V_{cc}$ 時，會使輸出 ($Pin3$) 低電位



LED串限流電阻

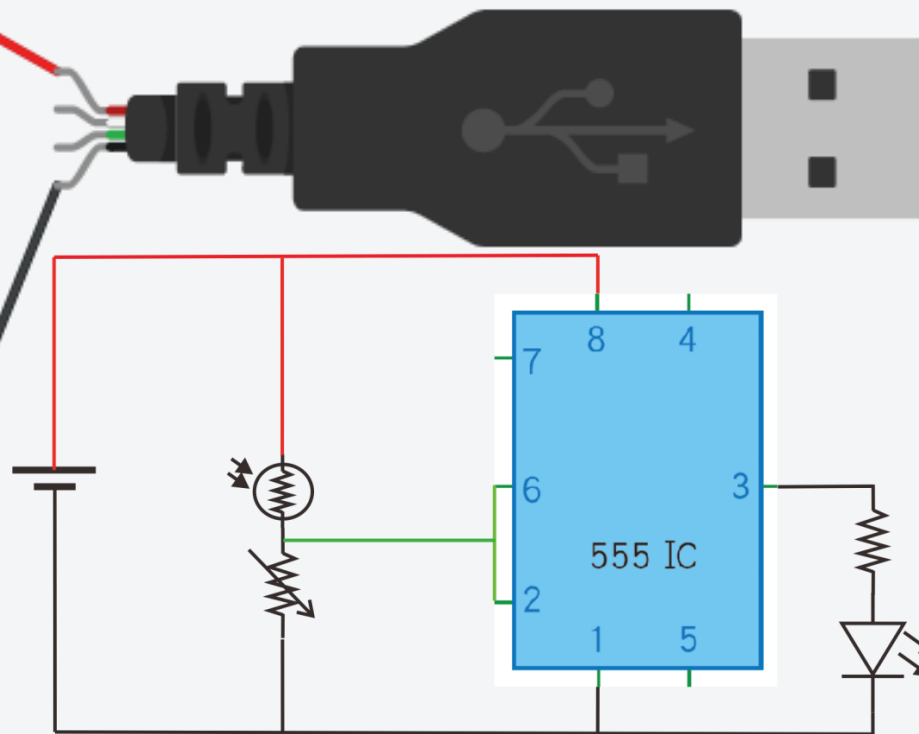
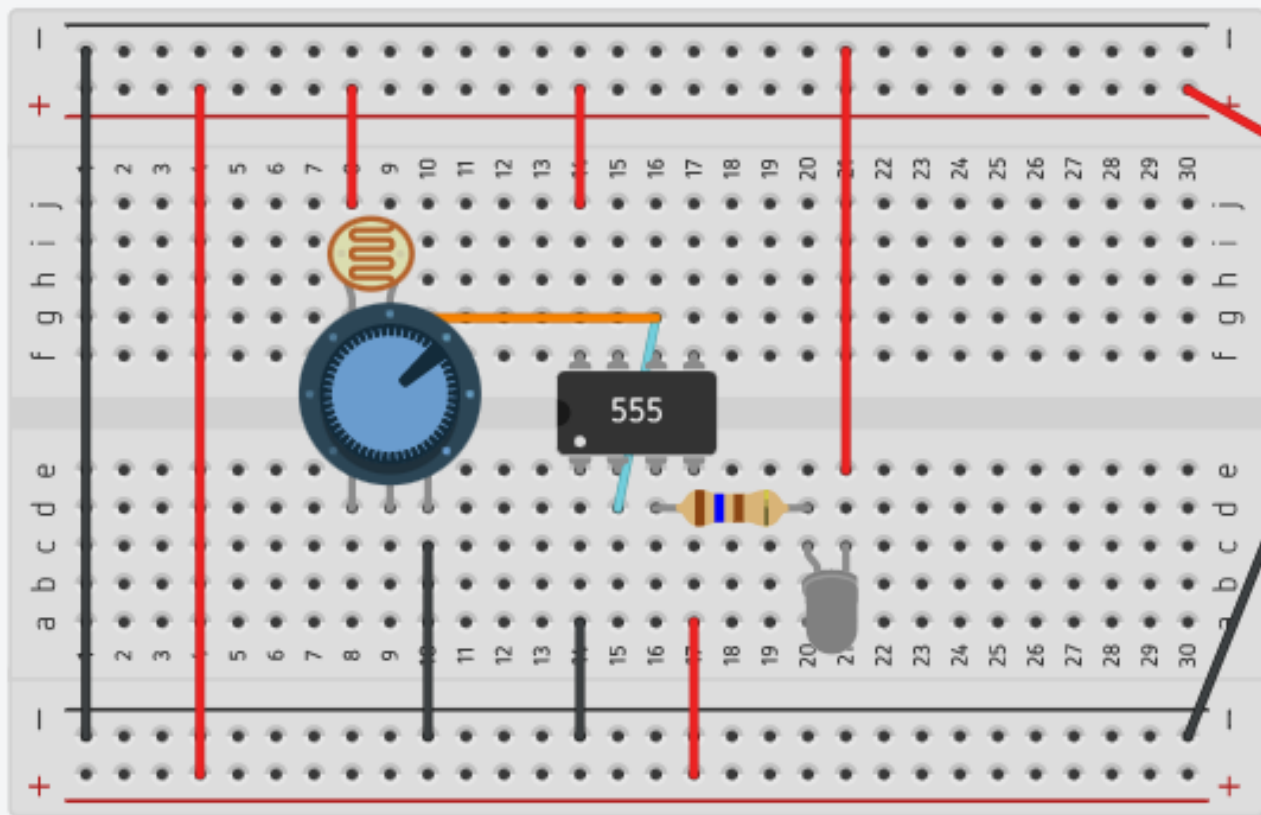
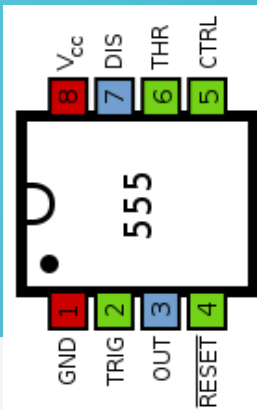
包板接電路 數位光控燈



示範影片



數位電路練習 調光型光控燈



實作：偽專題挑戰

- 請選擇其中一個電路，修改感測器與負載，來達成該有的功能性，並記錄在學習單

提供：

訊號輸入：光敏電阻、紅外線感測模組、雨滴感應器、水位感應器

訊號處理：依電路選擇 電晶體S9013 C1815、UA741、NE555

輸出負載：LED(小夜燈)、5V有源蜂鳴器、繼電器+110V與LED燈泡

【挑戰六：偽專題挑戰】

探索說明：請選擇其中一個電路，修改感測器與負載，來達成該有的功能性，並記錄在下表。

提供訊號輸入 → 光敏電阻、紅外線感測模組、兩滴感應器、水位感應器。

……訊號處理 → 依電路選擇·電晶體S9013·C1815、UA741、NE555。

……輸出負載 → LED(小夜燈)、5V有源蜂鳴器、繼電器+110V與LED燈泡。

+

主題與功能。	
電子零件。	電路示意圖。
訊號輸入。 →	
訊號處理。 →	
輸出負載。 →	

