相關知識

系統與系統及子系統之間的聯繫

1 電子科技的發展

電機工程是著重於電流在金屬/電器間的運動，例如發電機和馬達等。而電子學則著重於電荷在物質、真空及半導體中移動的科學。

1. 電子科技的發展歷程

約在十八世紀，科學家在電學和磁學方面的研究，有了具體的結果，他們發表的電磁學理論、提出的電子電荷存在的理論，及發現了電子的存在，奠定了電子科技發展的基礎。

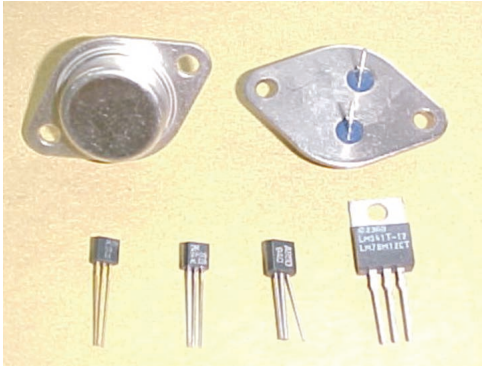
a. 真空管時期

19世紀中發明了真空管，電極被封裝在一個真空的容器內，用以控制電子的流動。早期的收音機、電視機及電腦，都需要使用它，但它有不少缺點，例如：體積大、價格昂貴、耗電力大、工作電壓高、需預熱才能工作、可靠度不佳、燈絲容易燒斷等。但時至今天，因為其特殊音質，不少音響還在使用它。

真空管

b. 晶體管時期

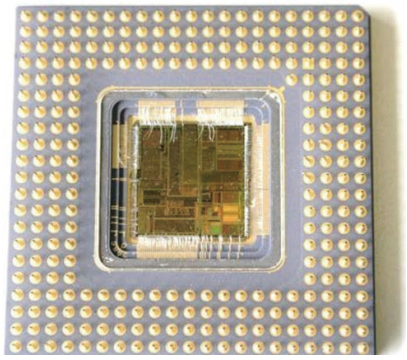
到20世紀中發明了由半導體材料組成，有三個極的晶體管。它有很多優點，例如：體積小、重量輕、工作電壓低、價格低廉、消耗電力小、不需預熱即可工作、不容易破損、性能優、可靠度佳等。原子粒(晶體管的俗稱)收音機、唱片播放機及錄影機等相繼出現，可以由放在家中的一大座電器，變為可以用電池提供電源、可以輕便攜帶。這些產品，現在還在使用著。



晶體管

c. 集成電路時期

集成電路(Intergrated Circuits)簡稱I.C.。於1961年，第一顆包含不足100個晶片的I.C.面世。但不久就由包含數百個晶片的小型集成電路開始，慢慢發展到含數千至上萬個晶片的中型集成電路和大型集成電路。不停發揮著體積更小、重量更輕、工作電壓更低、價格更低廉、消耗電力更小、更不容易破損、性能更優、可靠度更佳等優點。



集成電路是安裝於晶片上的一個完整電路。

集成電路發展到超大型集成電路後，由於大多數產品都用來製造微電腦，所以此一時期又稱為微電腦時期。產品亦趨小型化。

集成電路的不同包裝外貌

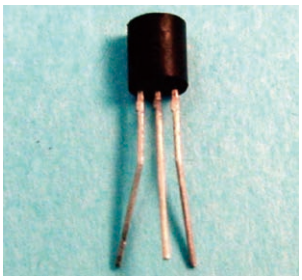
2. 半導體和晶體管

如銅等的導體的導電能力高，但如塑膠等的絕緣體對電流的流動則會做成很大的障礙。半導體的導電率介乎於導體及絕緣體之間。

半導體通常是指矽、鍺、砷、鎵、碲等類金屬的化合物，它有著正電荷的空穴。半導體可以製成不同的電子零件，例如包括發光二極管(LED)及整流器等的二極管、太陽能電池、晶體管、集成電路等。

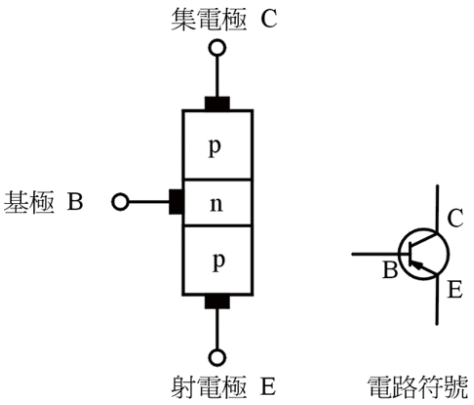
a. 晶體管的功用

晶體管(俗稱為原子粒)是由三片p-型和n-型的半導體組成，可以排列成p-n-p或n-p-n的結構，分別稱為PNP型和NPN型晶體管。它有許多用途，例如：開關電路、放大電流、放大電壓等。

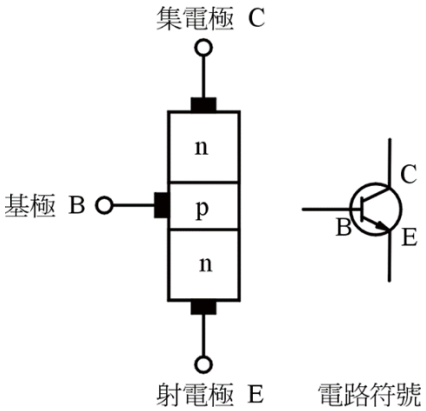


i). 開關

晶體管有三個極，分別稱為基極(B)、集電極(C)和射電極(E)。兩種晶體管的電路符號並不相同，PNP型晶體管的箭頭指向基極；NPN型晶體管的箭頭則指離基極。由於NPN型晶體管比較易於大量生產，所以我們會以它來作為討論的例子。

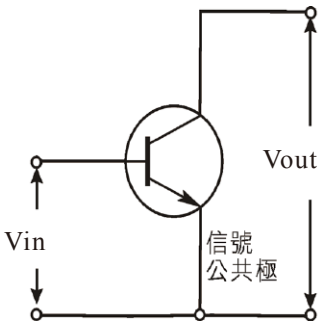


PNP型晶體管



NPN型晶體管

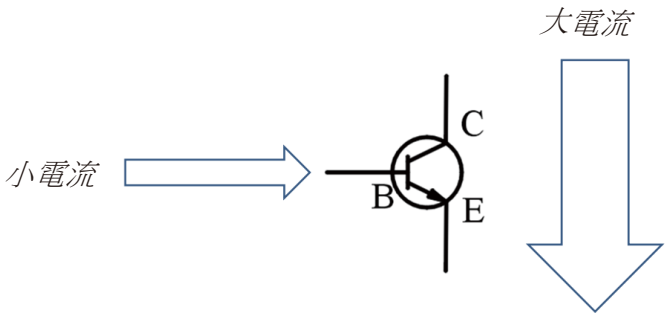
晶體管的電路有多種的接駁方法。右圖示NPN型晶體管的射極被同時接到基極和集極上，這稱為共射極電路。在這電路中，基極B — 射極電壓稱為輸入電壓Vin，集極C — 射極E電壓稱為輸出電壓Vout。假如要令晶體管正常操作，輸入電壓Vin必須大於約為0.7 V的截止電壓VBE(ON)，否則晶體管一直處於截止狀態，即不導電。



共射極電路

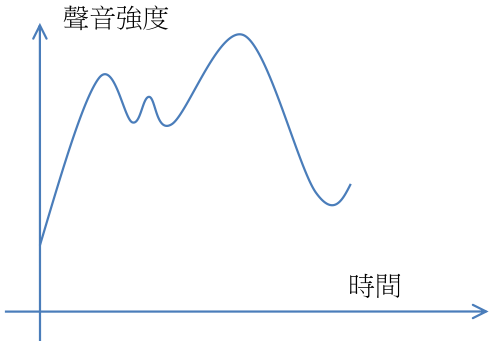
ii) 放大

NPN型晶體管的基極B，輸入電壓Vin大於約為0.7 V時，集極C — 射極E像被打開了一條通路，只需基極流入小電流，便可讓大電流通過。

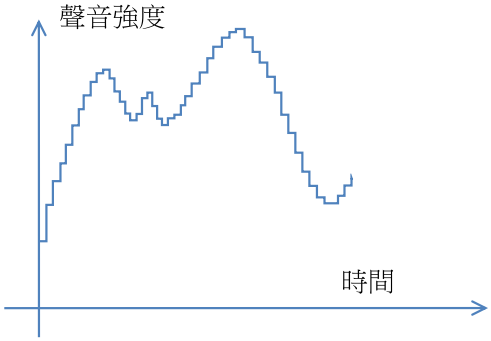


b. 類比與數碼轉換器

聲音和光等訊號，會時強時弱、時大時小。一個人覺得非常悅耳的流行音樂，對另一人可能覺得是不能忍受的噪音。它在一時段內的強弱可以以類比方式顯示出來。但電腦並不能直接了解這些類比信號，必須把它數字化，轉為數碼信號電腦才會處理。

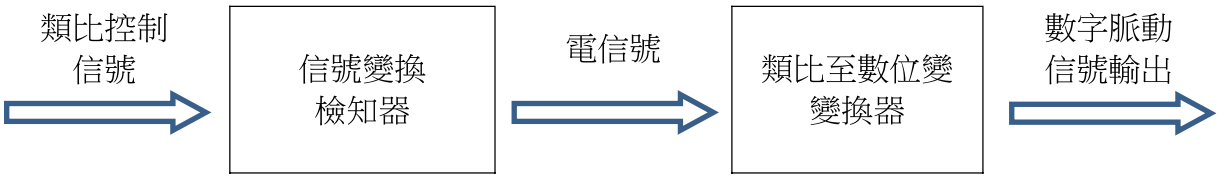


類比信號



數碼信號

類比—數碼轉換器(ADC)將電子感應器所獲得類比信號轉換成數碼信號，以便進一步的處理或傳遞。它的操作原理如下圖所示。相反，數碼 — 類比轉換器(DAC)將數碼信號轉換成類比信號。



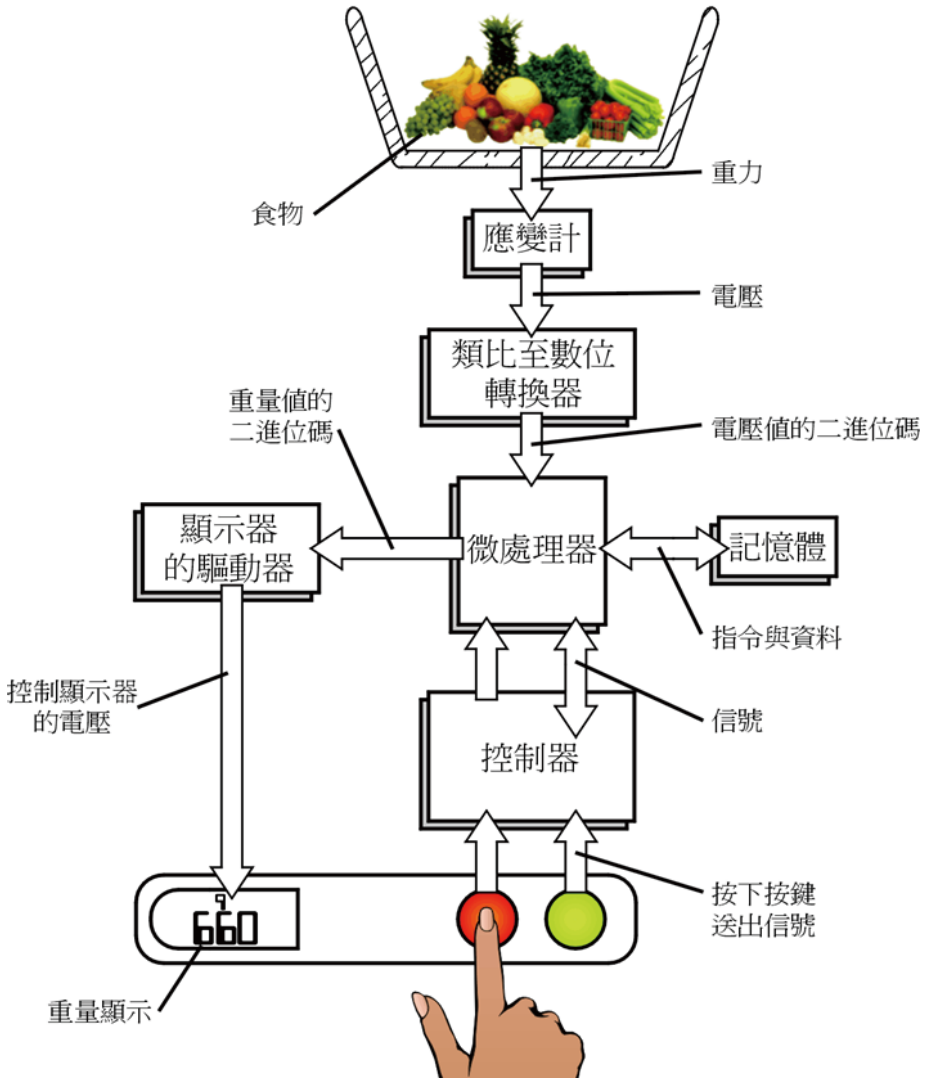
類比—數碼轉換器的操作原理

數碼信號的優點

由電子感應器所獲得的信號通常是類比信號，但由於傳輸線路會有電阻，類比信號傳送至遠方或作多重運算後電壓便會衰減，因而出現輸送的誤差。數碼信號只有高和低兩數值，傳輸後的變異不易改變數值，所以適合多重運算或傳輸處理。

例：

下圖顯示一個類比—數碼轉換器的例子。圖中的電子秤裡面的微處理器能連續地循環執行一些指令。類比信號(食物的重量)被送到應變計，而類比至數位轉換器將送來的資料不斷的轉換為數位信號「1」和「0」，再轉為10進制數字，最後在顯示器上顯示出重量讀數。



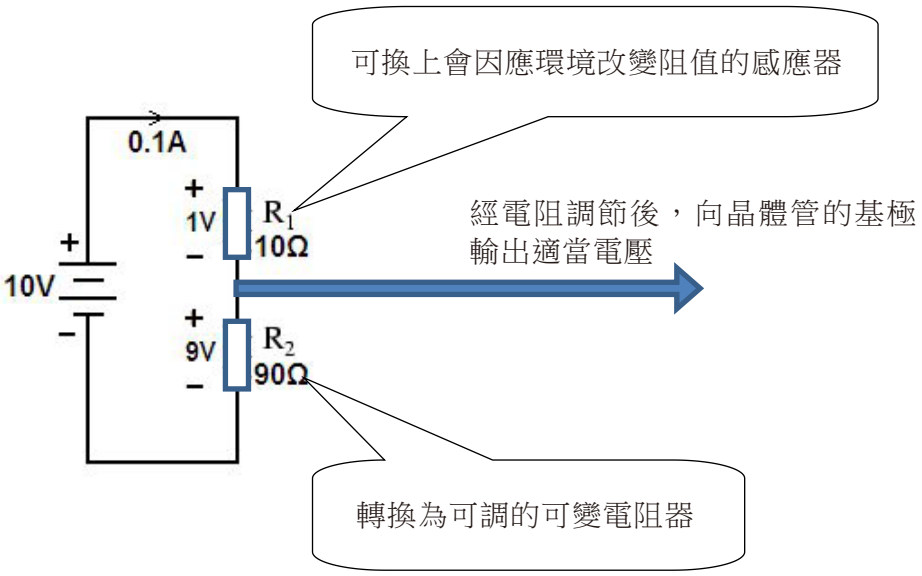
電子秤操作流程圖

試列出三件你認為在家居或平日生活中應用了數碼信號的電子產品，這些數碼產品比原來的產品有甚麼優越之處？

C. 晶體管應用

如果我們可以控制NPN型晶體管的基極B的輸入電壓Vin，使它在大於和小於0.7 V之間變動，我們便可以使用它了。但常用的電池都是有固定的電壓的，這便需要用到教材四中提及的「分壓定理」了。分壓電路中，電阻值與總電阻值的比例相等於電壓降與總電壓的比例，我們稱之為分壓公式。

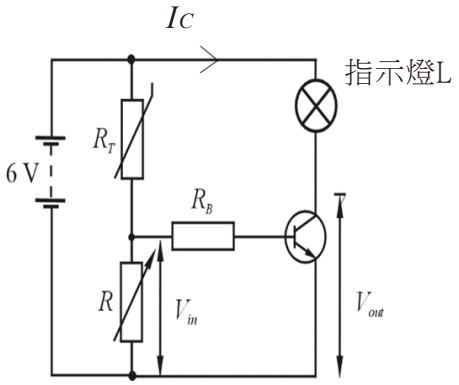
只要換上會因應環境而改變電阻的感應器，和配上相應的可變電阻器，便可向晶體管的基極輸出合適的電壓，做到控制的效果。



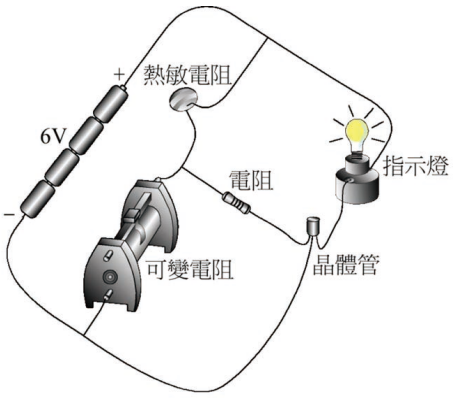
例:

(i) **感溫開關**

下圖示一個簡單的感溫開關電路，它使用晶體管來作開關。熱敏電阻器(R_T)在低溫時有電阻較大，可變電阻R上的電勢差V_{in}較小，如果$V_{in} < 0.7V$，則晶體管處於截止狀態，輸出電壓$V_{out} = 6V$，即$I_C = 0$。所以，指示燈L沒有電流通過而不會開啟。



(a) 感溫開關電路



(b) 感溫開關電路實物圖

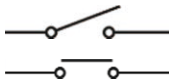
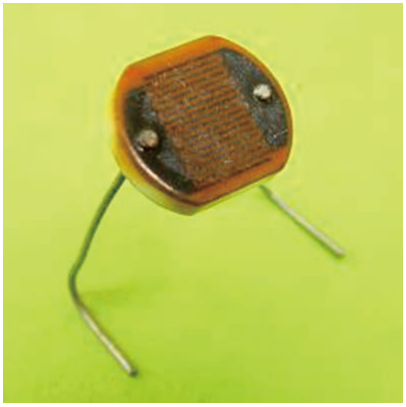
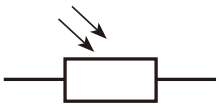
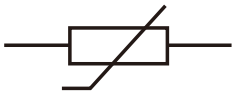
當溫度升高時， R_T減少，所以R上的電勢差V_{in}增加，至約0.7V時，輸出電壓V_{out} 降低至接近零，即IC變為最大值(飽和)，電流可以由晶體管的集電極流向射電極，這會令指示燈L發光。這電路可以用作高溫警報系統。而可變電阻器R可以用來調節發出火警警報時的溫度。

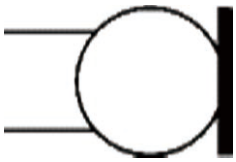
(ii) **其他的感應開關**

以上的電路，只要把熱敏電阻器換上其他會因應環境而改變電阻的感應器，並改變可變電阻器的阻值來配合，便可得到不同的感應開關。當然，輸出元件也需轉換為其他需要的元件。以下讓我們看看一些常用的輸入、控制和輸出元件。

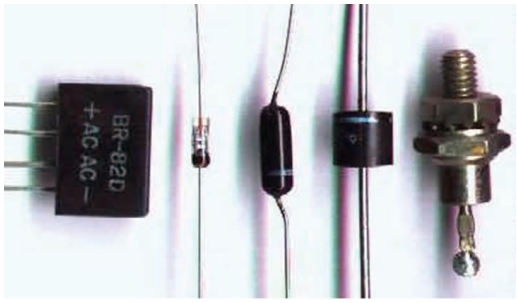
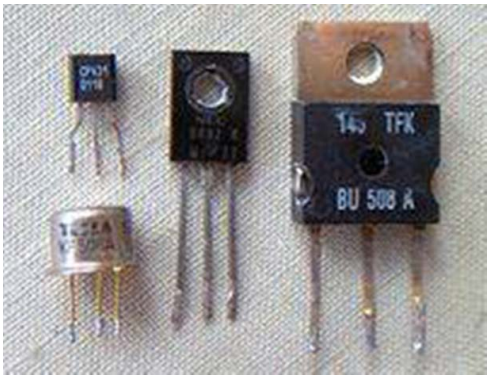
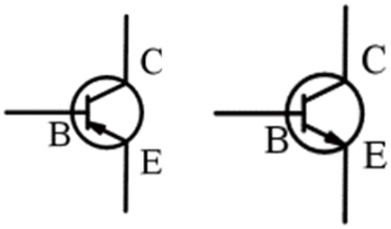
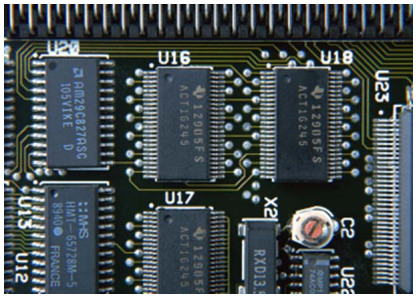
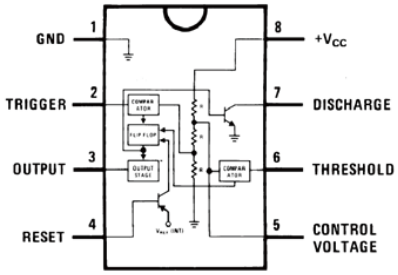
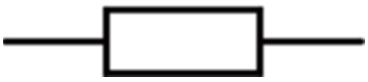
II常用電子零件

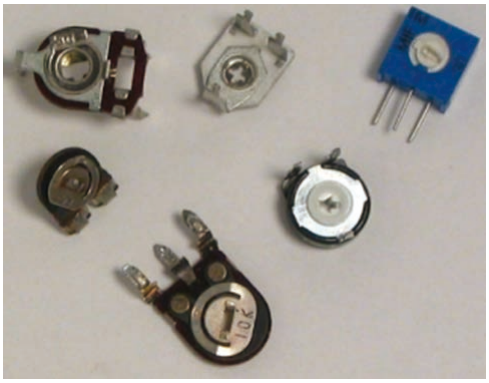
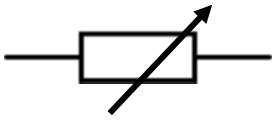
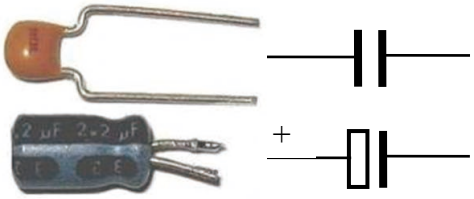
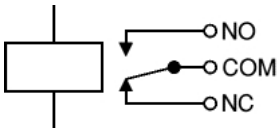
1. 常用輸入部分的零件

小型開關掣 附指示燈的開關掣 微動開關掣 磁控開關掣	**開關**掣的主要用途是讓電路的電流流通或切斷，它亦可以用來切換電路。 
	**光敏感應器**是一種可變電阻，它的電阻值會根據光線的強弱程度而改變。常用於自動開/關路燈、紅外線探測等。 
	熱敏電阻器是一種測量溫度變化的電阻器，依靠溫度的變化而改變電阻值。最常見的用途是作為中央處理器(CPU)的溫度監測系統和火警監測系統等。 

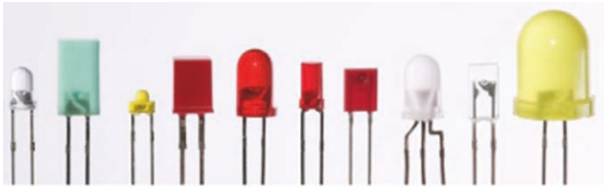
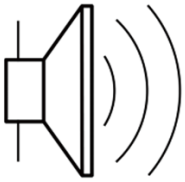
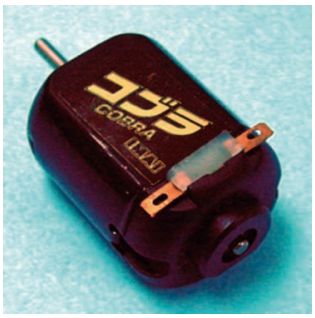
	濕度感應器有兩片電極，兩電極片之間的電阻反影環境中的濕度。常用於探測泥土的濕度，以控制如自動灑水等加濕裝置。亦可用於控制自動擋雨裝置。
	麥克風是一種聲波對電能的換能器，它把聲音轉換成電子信號。麥克風有許多應用，如電話和卡拉OK 

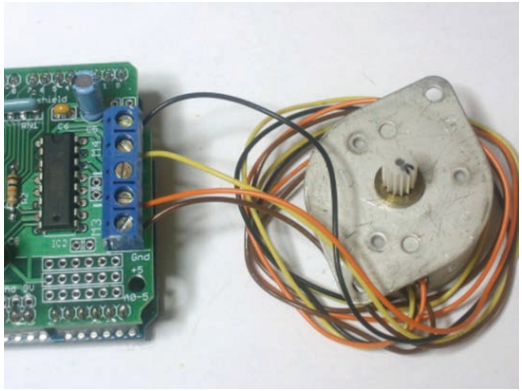
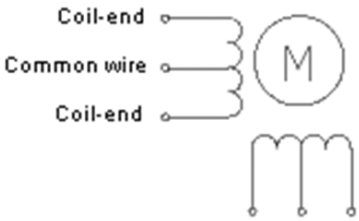
2. 常用處理部分的零件

	**二極管**限制電流流動的方向，允許單一方向的流動，阻擋相反方向的流動。
	**晶體管**(俗稱為原子粒)是半導體器件，它有許多用途，例如：開關電路、放大電流、放大電壓等。 
 	**集成電路**(簡稱IC)是一種微型的電子電路，它是利用精巧的高科技方法(例如：光蝕刻)來把大量電子元件刻在一塊細小的晶片上(多數以矽製造)，然後封密在一個膠殼之內，只露出多隻接腳。  LM555 Timer
	電阻器是一種雙端電器或電子零件，它能在接線柱之間產生電壓降，抗拒電流通過。 

	**電位器**是一個可變電阻器，它可以用作分壓器。最常見的用途就是用作聲頻控制裝置(收音機和電視機的大細聲控制)。 
	電容器可以儲存兩塊間隔緊密的金屬板之間的能量，當電流施加於電容器時，電荷便會建立在每一塊板之上。可以作為儲存電能和時間控制的裝置。 
	繼電器是一個電動操作開關。例如，把一個12伏特的電池電路連接到線圈，便可以控制一個220伏特交流電源電路。它一般作隔離之用。 

3. 常用輸出部分的零件

	正向電流通過**發光二極管**時，它便會發亮。它同時也是一種二極管。 把發光二極管加以變化，做出七節顯示及列陣顯示。
	揚聲器是一種電--聲換能器，它能把電子信號轉換成聲音，並且讓人能在一定的距離內聽到這些聲音。 
	蜂鳴器就像一個揚聲器，它以電聲信號來發聲。唯一不同的是，以壓電 (pizeo-electric) 製造的蜂鳴器，是由電壓驅動的，而揚聲器是由線圈造成的電流驅動的裝置。
	**電動機**俗稱馬達，能夠將電能轉換成磁能和動能。如使用在家庭中的電風扇、冷氣機、洗衣機、風筒等生。

	**步進馬達**藉由流向線圈中的電流，以一定角度逐步轉動，能達成精確的位置和速度控制。如電腦打印機和軟式磁碟機都有應用到它。 

III 電子控制電路

在設計電子控制電路時，必須先瞭解各種電子控制元件的特性。然後，根據設計的基本步驟，便可以把各種電子元件組合成適當的電路。

設計實例

處境

現以一個簡單街燈照明系統來顯示設計電子控制電路的基本步驟。該系統利用時間來控制街燈的開關，令街燈規律地在晚上照明而在早上關閉。但在冬天或陰雨天的上午時候，街上雖然光線不足，但街燈卻不會照明。

街道上已啟動的燈飾

設計概要

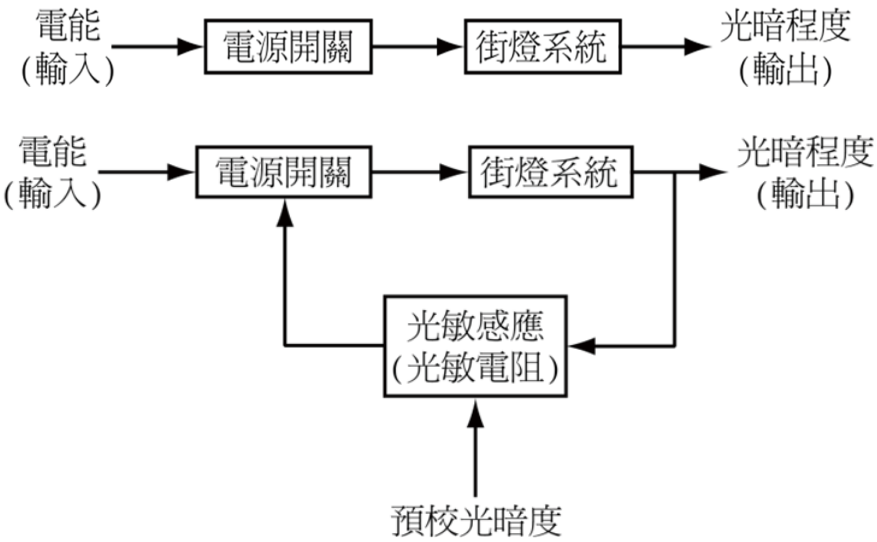
若要避免上述的缺點，這照明系統應改變為會按街道光暗程度而自動開關的系統。

設計細則

下圖顯示了該簡單街燈照明系統的方塊圖，及改良後街燈照明系統的方塊圖，這系統利用一個光敏感應器(例如光敏電阻)來偵察街道的光暗程度，並作適當的回輸，以控制街燈的開關。

現時設計：
利用時間操作街燈
(開環式)

建議改良設計：
自動開啟街燈
(閉環式)

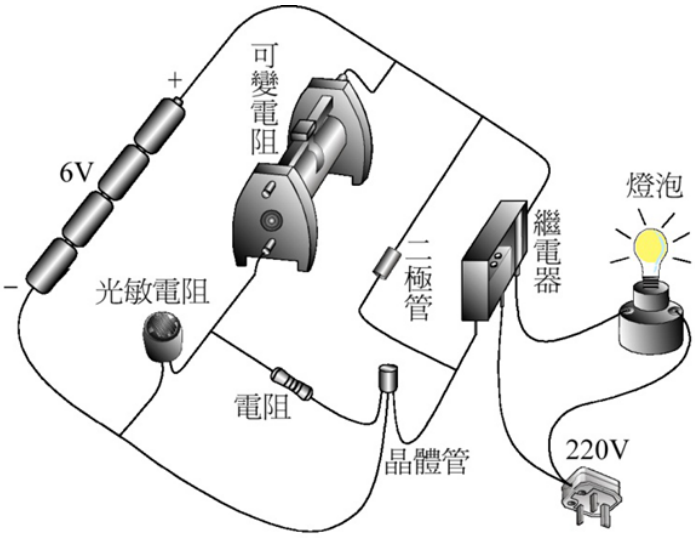


搜集資料

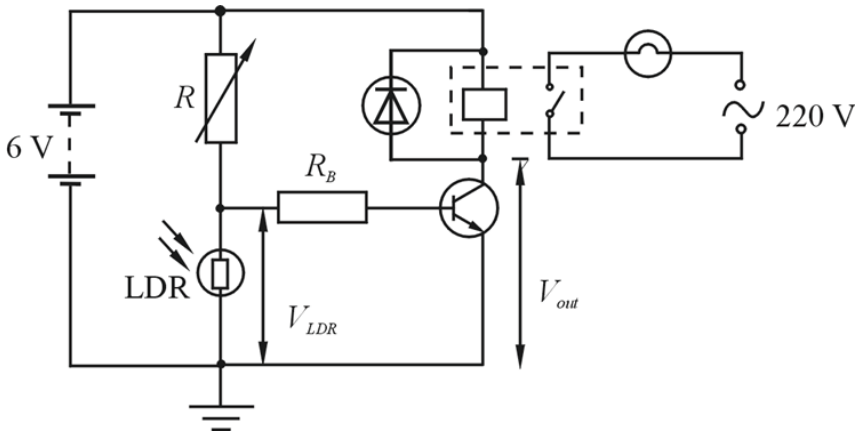
由於該電子控制系統使用光敏電阻和高電壓的街燈開關，所以應參考有關光敏電阻、晶體管開關、繼電器和控制電路的資料。

解決方法

下圖為一個利用晶體管來作開關的光敏開關電路，它用繼電器來操作街燈的開關。可變電阻調節為約200 k。



(a) 光敏開關電路實物圖



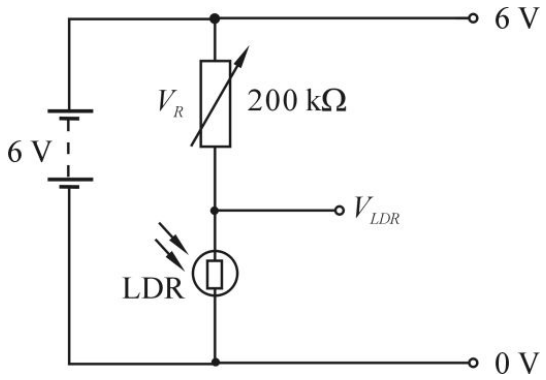
(b) 光敏開關電路

處境一

當光敏電阻被光線照射時，它的電阻非常低(約9 kΩ)，而光敏電阻的電勢差V_{LDR}是：

$$V_{LDR} = \frac{9}{9+200} \times 6 = 0.258\ \text{V}$$

所以它的電勢差會低於晶體管的截止電壓(約為0.7V)，晶體管便處於截止狀態，沒有電流通過集電極，所以輸出電壓V_{out} = 6 V。這會令繼電器的開關保持開路，故此不會開啟街燈電路。



光敏開關電路中可變電阻及光敏電阻部分，就好像一個分壓器

處境二

當光敏電阻被放在黑暗的地方時，它的電阻變為非常高(約600 kΩ)，所以電勢差V_{LDR}會超過晶體管的截止電壓：

$$V_{LDR} = \frac{600}{600+200} \times 6 = 4.5\ \text{V}$$

集極電流會通過晶體管而令輸出電壓V_{out}降低至接近零。這會令繼電器的開關接通街燈的電路而令街燈開啟。繼電器並聯一個二極管，用來防止開關繼電器時線圈產生的巨大感應電動勢損壞晶體管。調校可變電阻R便可以改變令街燈在較光或較暗時開啟。

實踐、試驗和評估

提出解決方法後，便可以按照上述的光敏開關電路圖來接駁一個燈泡，以試驗電路是否可行和一些細節安排，例如：可變電阻R應如何調校。跟著，便可以評估這個電子控制系統的效能和提出改善建議了。不過，在接駁電路時必須留意安全。

因燈泡接上220V的市電，慎防觸電，小心安全

課堂活動： 電路設計

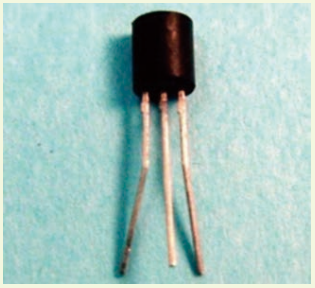
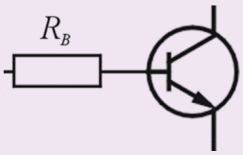
以上已經解說了控制電路的基本運作情況，又介紹了多種輸入、處理和輸出元件，現在大家嘗試使用它們來解決一些問題吧。

難題1:
設計一個電路，它可於跌破某一溫度時發出警告。

解決方案:
設計一個電路，它可於氣溫跌破某一溫度時發出警告。(在本難題，已為同學填上)

輸　入	處　理	輸　出
需要能感應到低度的元件	需要當輸入端感應到低溫度，可轉為輸出訊號	需要當訊號傳來時，發出警告

選擇元件:

輸入	處理	輸出
	 晶體管(加上保護電阻)	
符號:	符號: 	符號:

完整電路: (可參考第7頁)

難題2:

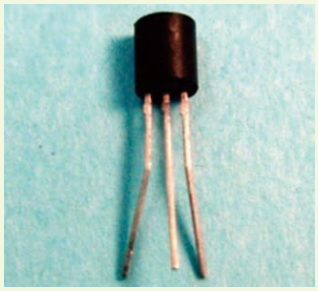
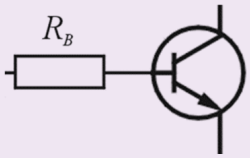
設計一個電路，當室內的溫度太高時會發出警告。

解決方案:

設計一個電路，當溫度太高時，發出警告。

輸　入	處　理	輸　出

選擇元件:

輸入	處理	輸出
	 晶體管(加上保護電阻)	
符號:	符號: 	符號:

完整電路:

難題3:

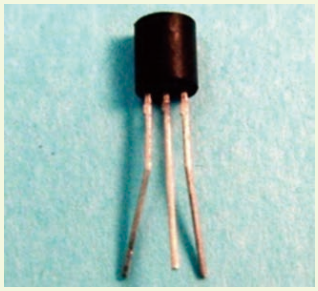
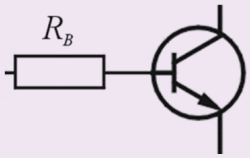
設計一個電路，當泥土的濕度不足時，發出警告。

解決方案:

設計一個電路，當泥土的濕度不足，發出警告。

輸　入	處　理	輸　出

選擇元件:

輸入	處理	輸出
	 晶體管(加上保護電阻)	
符號:	符號: 	符號:

完整電路:

難題4:

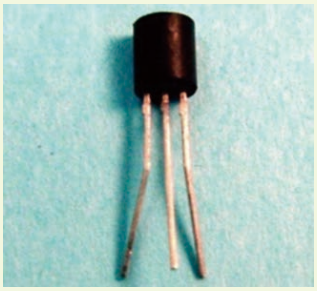
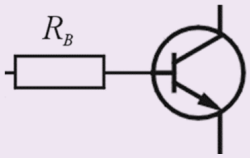
志明養了一缸魚，而缸內的水會因自然蒸發而減少，試設計一個電路，當水位降至某一水平時，發出警告。

解決方案:

設計一個電路，當水位降得太低時，發出警告。

輸　入	處　理	輸　出

選擇元件:

輸入	處理	輸出
	 晶體管(加上保護電阻)	
符號:	符號: 	符號:

完整電路:

難題5:

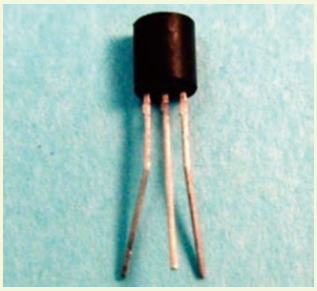
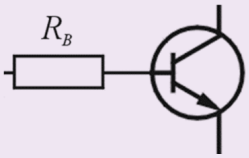
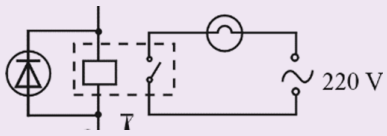
一對上年紀的夫婦，覺得天黑時行往開燈有點麻煩，設計一個電路，當天黑時，替他們開亮電燈。

解決方案:

設計一個電路，當天黑時，會亮燈。

輸　入	處　理	輸　出

選擇元件:

輸入	處理	輸出
	 晶體管(加上保護電阻)	因輸出電壓高和電流大， 需經繼電器才供電
符號:	符號: 	符號: 

完整電路:(可參考第14頁)

難題6:

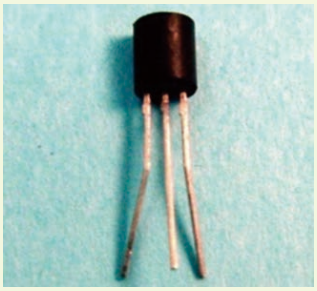
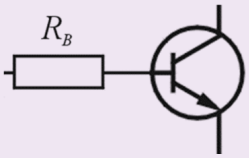
住在村屋的陳太太有一個新生的嬰兒，當嬰兒在房內睡著後，為免吵醒嬰兒，她會關上房門才做家務，她希望有一個裝置，可以在嬰兒睡醒大哭時，向她發出警告。

解決方案:

設計一個電路，當嬰兒大哭時，發出警告。

輸　入	處　理	輸　出

選擇元件:

輸入	處理	輸出
	 晶體管(加上保護電阻)	
符號:	符號: 	符號:

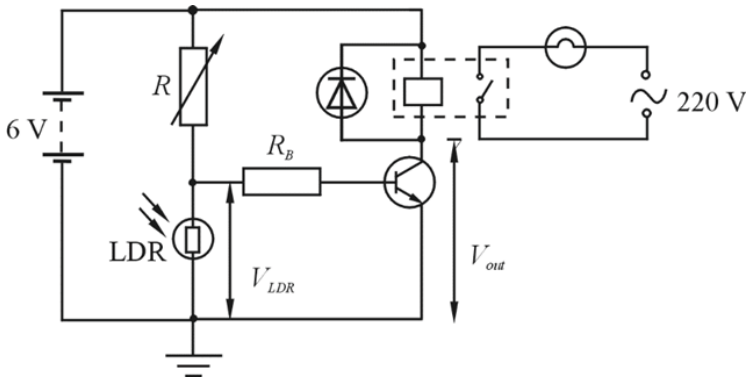
完整電路:

IV 電路圖和印刷電路板

1. 電路圖

電路圖是一種簡化的電路圖形表示。電路圖使用簡單的圖示組成電路，電路符號彼此連接。電路圖顯示了電路中各電子元件的連接方法(但當實體電子元件放在真實的電路板上時，會因為它們的體積、形狀和接腳位置等因素，而在位置上有所變動)。電路圖被應用於電路設計、規劃印刷電路板的佈線、或維修電器和電子設備。

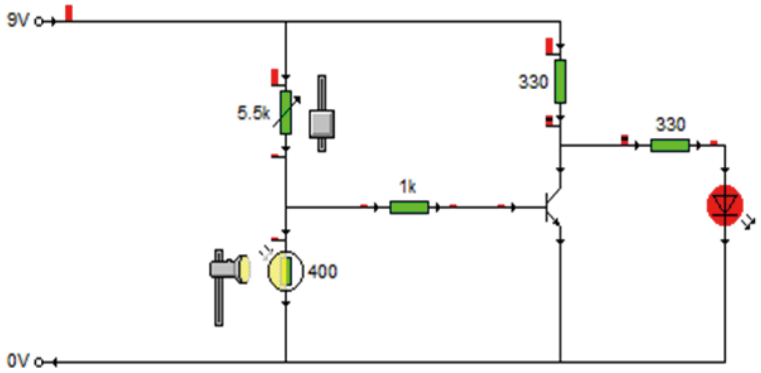
前面提及的光敏開關電路，在設計階段會從如下圖的電路圖開始:

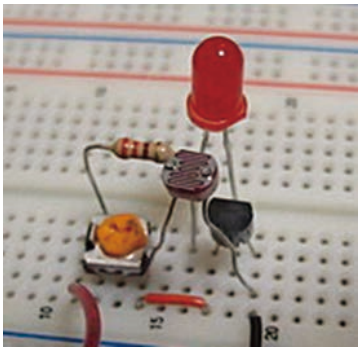


光敏開關電路圖

2. 模擬測試

除專業的軟件外，同學亦可於網上下載如Crocodile Clips (Yenka)等軟件的試用版(只可於家中及限時使用)來進行電路的模擬測試。(下圖的電路以較為安全的LED串連電阻器，取代了繼電器和使用220V市電的燈泡)



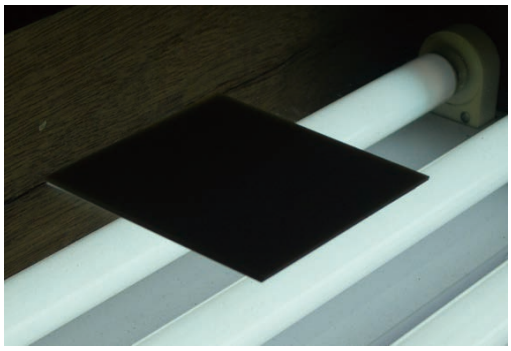


3. 實驗電路板測試

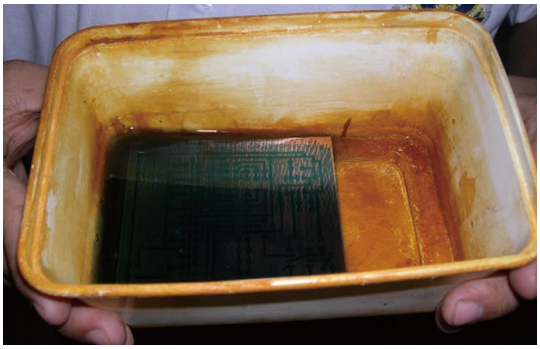
同學亦可用實驗電路板，插入零件，對電路進行測試。

4. 印刷電路板

印刷電路板，又稱**印製電路板**，**印刷線路板**，常使用英文縮寫**PCB**（Printed circuit board）或寫**PWB**（Printed wiring board），是電子元件的支撐體，同時提供電子元件間的線路連接。傳統的電路板，採用印刷蝕刻阻劑的方法，做出電路的線路及圖面，因此被稱為印刷電路板或印刷線路板。由於電子產品不斷微小化及精細化，目前大多數的電路板都是採用貼附蝕刻阻劑，經過曝光顯影後，再以蝕刻做出電路板。同時從最簡單的單面板，發展至應付複雜電路的雙面板和多層板。

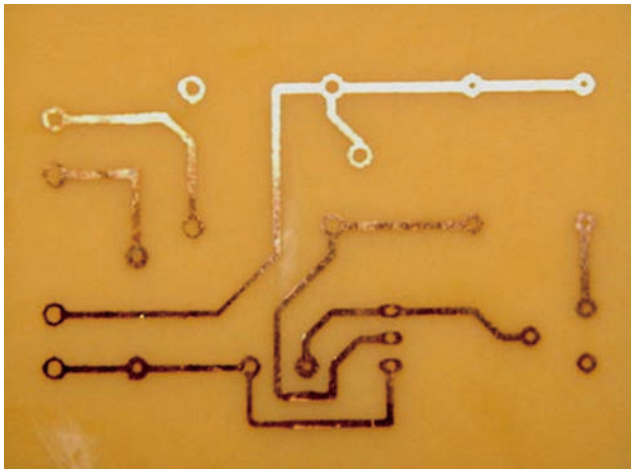


曝光顯影



蝕刻

印刷電路板的設計是以電路圖為藍本，實現電路所需的功能。印刷電路板的設計主要指版圖設計，需要內部電子元件、金屬連線、通孔和外部連接的佈局、電磁保護、散熱、低雜訊等各種因素。良好的電路板線路設計可以節省生產成本，達到良好的電路性能和散熱性能。簡單的版圖可以人手設計，但複雜的線路設計，一般多以電腦軟件來進行。



光敏開關電路的印刷電路板

當製作好印刷電路板後，便可插入電子元件和進行焊接，檢查無誤後便可進行實質測試。

V 專用詞彙

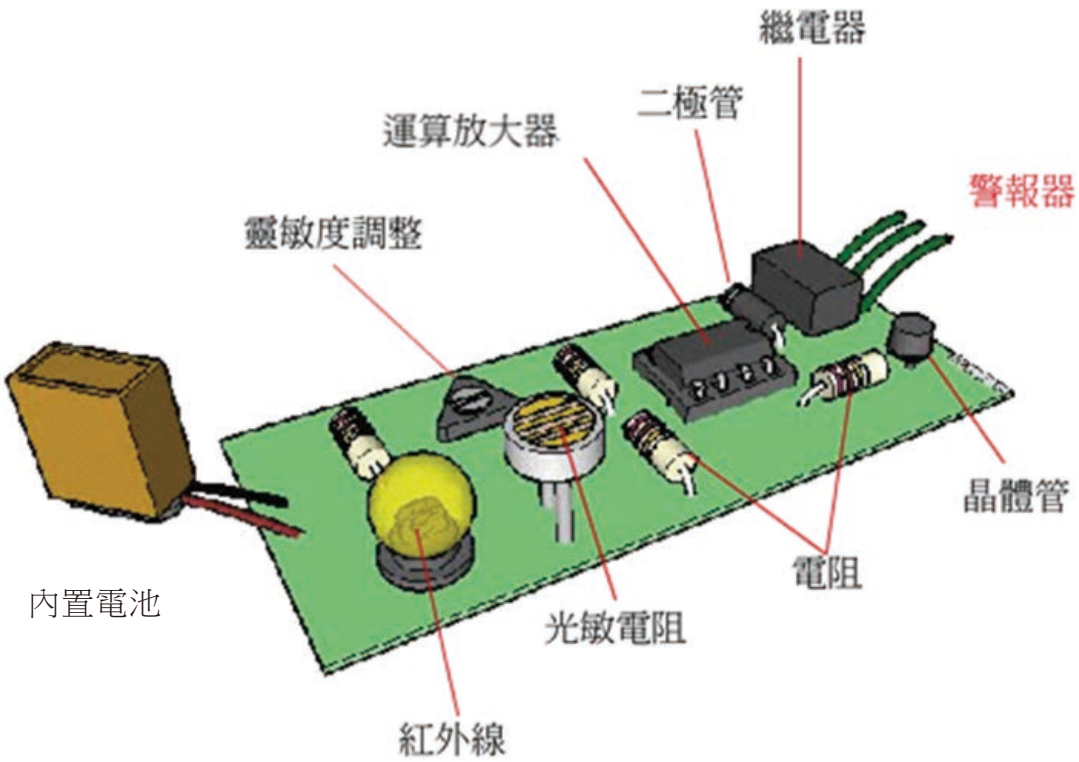
電機工程	Electrical engineering	濕度感應器	Moisture sensor
電子工程	Electronic engineering	麥克風	Microphone
真空管	Vacuum tube	二極管	Diode
晶體管	Transistor	電阻器	Resistor
集成電路	Integrated circuits	可變電阻器	Variable resistor
基極	Base	電容器	Capacitor
集電極	Collector	繼電器	Relay
射電極	Emitter	發光二極管	Light-emitting diodes (LED)
類比信號	Analogue signal	揚聲器	Speaker
數碼信號	Digital signal	蜂鳴器	Buzzer
轉換器	Converter	電動機/馬達	Motor
開關掣	Switch	步進馬達	Stepper motor
微動開關	Micro switch	電路圖	Circuit diagram
光敏電阻器	Light dependent resistor	印刷電路板	Printed circuit board (PCB)
熱敏電阻器	Thermistor		

VI 互動資訊

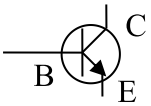
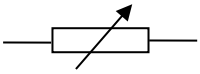
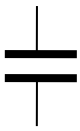
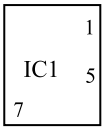
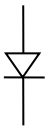
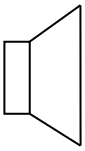
	網　　址	內容簡介
1.	http://www.yenka.com/	電腦模擬軟件
2.	http://www.technologystudent.com/elec1/elecex.htm	配以動畫的電子教材

課堂練習

1.試在下圖中，以I指出那些是輸入元件，以P指出那些是處理元件，以O指出那些是輸出元件。



2.於下表填寫電子元件的名稱或符號。

名稱	符號
	
	
電阻器	
	
光敏電阻器	
	
	
發光二極管	
電動機	
	

專題活動 – 電子控制
(環境模型)

專題活動指引

1. 目的

a. 利用電子套件，自行焊接，製作感應(光敏或熱敏)開關電路。
b. 利用感應開關電路，製作一模擬自動操作的環境模型。
c. 嘗試進行項目管理。

2. 學生完成設計習作後應能掌握

a. 認識簡單電子零件及其極性
b. 焊接的基本技巧。
c. 應用電子電路於模型上。
d. 以不同的身分考慮問題。

3. 活動大綱

以二人為一組，設計和製作一個模擬自動操作的環境模型。

組別名稱：_____

組員姓名：

(1)：_____(　　)　(2)：_____(　　)

4. 建議時間

15堂 (共600分鐘)

5. 所需物料及工具

a. 光敏(或熱敏)開關電路套件(或多孔萬用線路板加上合適的電子零件)
b. 膠片、卡紙、木條和飲管等模型製作材料

6. 活動內容

(a) 感應開關電路

購買感應開關電路套件，自行焊接；或購買多孔萬用線路板加上合適的電子零件來製作。

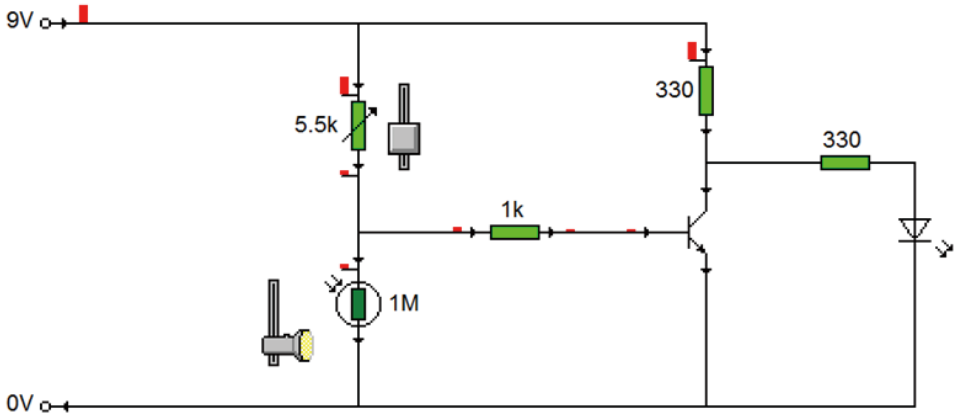
製作前，宜先進行教材四的專題活動，以熟習基本焊接技巧

使用晶體管的光敏開關電路

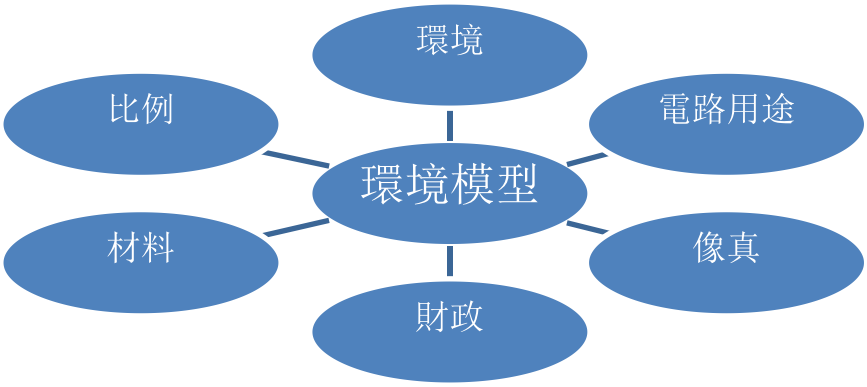
使用運算放大器的光敏開關電路

電子電路套件參考:
http://www.comebetter.com.hk/
http://www.robotzone.com.hk/index.php?option=com_virtuemart&Itemid=154
http://ectechnic.com/diy/elect/component.htm
http://www.wecl.com.hk/weclub/DIY_parts.pdf
或以「光敏傳感器套件」在淘宝等網站搜尋

自行購買電子零件製作的參考電路:



(b) 環境模型考慮因素



在設計及製作環境模型時，應考慮下列問題：

(i) 模擬甚麼環境？
(ii) 感應電路在環境模型的用途。
(iii) 如何使環境模型像真？
(iv) 製造環境模型的比例和大小。
(v) 製造環境模型的材料。
(vi) 製造環境模型的財政預算。

(c) 設計意念的發展

(i) 製作預計進度。
(ii) 觀察生活的週圍，找出會自動操作的設施。
(iii) 觀察生活的週圍，找出那些你們希望它可以自動操作的環境。
(iv) 找出它們有那些是因應光暗或冷熱而自動操作。
(v) 把理想的環境以模型製作，預計會有甚麼困難？
(vi) 如何克服這些困難？
(vii) 其中一名組員專注於設計過程，另一名組員專注於製作，進行如同教材六的課堂活動的考慮。
(viii) 進行設計。
(ix) 草擬三個初步設計。
(x) 選擇最合適的設計，並加以發展。
(xi) 製作財政預算。