

電子系統

1 電子系統的優點和限制	2
2 電子系統	2
(a) 輸入子系統	2
(i) 開關掣	3
(ii) 光敏感應器	3
(iii) 溫度感應器	4
(iv) 脈動產生器	4
(b) 處理子系統	5
(i) 晶體管開關	5
(ii) 邏輯門	6
(iii) 二進制計數器	8
(iv) 觸發器	10
(v) 放大器	10
(vi) 比較器	11
(vii) 類比與數碼轉換器	11
(viii) 集成電路	13
(c) 輸出子系統	14
(i) 燈泡	14
(ii) 發光二極管	14
(iii) 電磁線圈	15
(iv) 蜂鳴器	15
(v) 揚聲器	15
(vi) 電動機	16
(vii) 繼電器	16
3 電子控制	17
(a) 基本概念	17
(b) 電路圖符號	17
(c) 設計電子控制電路	18
(i) 設計實例	18
(ii) 安全措施	21
練習	22

電子系統

1 電子系統的優點和限制

電子系統有不少優點，例如：

- (a) 體積較小、重量輕巧，例如：新式手提電話、電子記事簿等。
- (b) 可以用電線將信息輕易和快捷地傳遞到遠距離的目的地，例如：傳真機(圖 1a)。
- (c) 電子信號較容易轉換為無線電波，可以將信息向四周傳送，例如：收音機。
- (d) 運作快捷和準確，例如：電子計算機、電子遊戲機、磁碟機(圖 1b)等。
- (e) 消耗較少能量，如接駁電池組時亦可以長時間使用。



圖1 (a) 傳真機



(b) 磁碟機

不過，電子系統亦有不少的限制，例如：

- (a) 傳送電子信號時容易受到干擾，例如：電場、磁場等。
- (b) 在惡劣環境下(例如寒冷、高溫和潮濕天氣等)，未必能正常操作。
- (c) 開發成本高昂，生產線亦需要大量投資才能運作。
- (d) 電子元件和電路板比較脆弱，受到碰擊時容易損毀。
- (e) 功率較低，所以必須與機械系統配合才能發揮較大的驅動力。
- (f) 電子元件和電路板修理困難，發生故障時多數需要更換。

2 電子系統

電子系統可以分為三個子系統：輸入子系統、處理子系統和輸出子系統。

(a) 輸入子系統

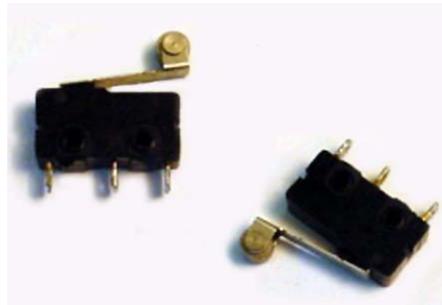
輸入子系統包括各種輸入元件和電路，例如：開關掣、光敏感應器、溫度感應器和脈動產生器等。

(i) 開關掣

開關掣的主要用途是讓電路的電流通或切斷，它亦可以用來切換電路。開關掣的種類繁多，包括：按扭式、搖桿式、滑動式、轉動式、感應式(圖 2)等。設計電子系統時可按實際情況選擇合適的開關掣。圖 3 顯示一些開關掣的電路符號。



(a) 按扭開關掣



(b) 滑動式開關掣



(c) 轉動式開關掣



(d) 感應式開關掣(手提式攝影機)

圖2 不同種類的開關掣



(a) 一般符號



(b) 按鈕開關掣

圖3 開關掣的電路符號

(ii) 光敏感應器

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(圖 4)。當光線暗淡時，電阻值增大；光線強度增加時，它的電阻值會減少。所以，它可以通過光敏感應電路來把光暗變化(光信號)轉換為電流或電壓的變化(電信號)。光敏感應器主要用在自動控制、紅外線探測等。

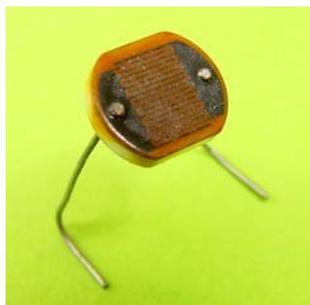


圖4 (a) 光敏感應器



(b) 光敏感應器電路符號

(iii) 溫度感應器

熱敏感應器利用溫度改變來影響電阻值，常用於溫度感應開關電路。常用的熱敏感應器在低溫時電阻值較大；在高溫時電阻值則減少。熱敏感應器有許多用途，例如：在火災警報器中用來探測高溫，在電子溫度計中用來測量人體溫度(圖 5)等。

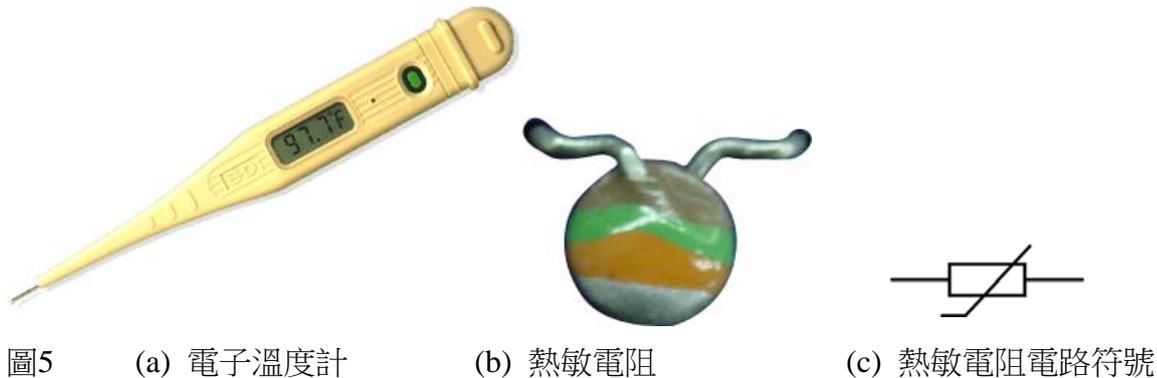


圖5 (a) 電子溫度計

(b) 熱敏電阻

(c) 熱敏電阻電路符號

(iv) 脈動產生器

脈動是指電壓或電流在短暫時間內產生明顯變化的現象。假如把脈動電壓(垂直軸)隨時間(水平軸)的變化畫作波形，便可以顯示脈動電壓的高低變化。脈動波形的例子包括：方波、三角波、鋸齒波、鼓動波等(圖 7)。



圖6 脈動產生器



圖7 (a) 三角波

(b) 鋸齒波

(c) 鼓動波

方波便是常用的脈動波，因為它的波形可以明確分辨高電壓和低電壓，可以用來代表數碼信號 1 和 0(圖 8a)。所以，方波常用作數碼系統的輸入和輸出信號。在理想的情況下，數碼電路的電壓只可能有高電壓與低電壓，而不存在中間的狀態。不過，實際的方波很難達到這理想的狀態，通常會如圖 8b 所示。

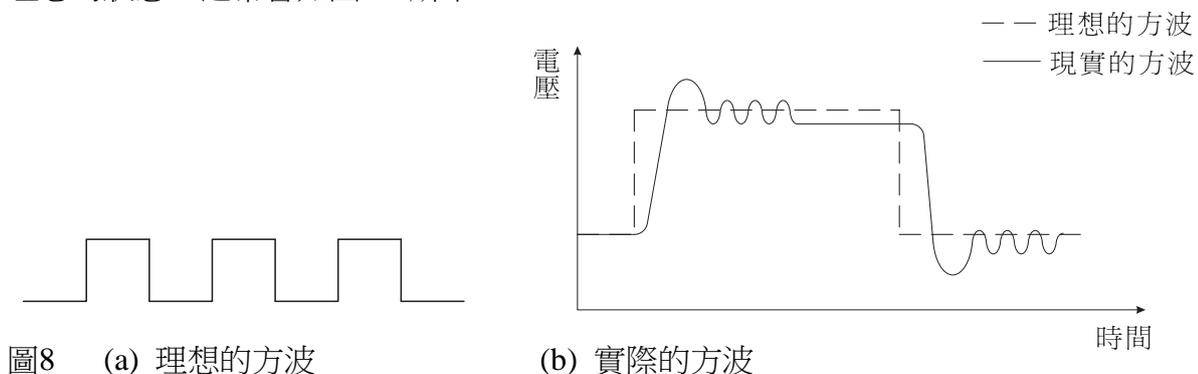


圖8 (a) 理想的方波

(b) 實際的方波

脈動產生器可以應用在高電壓脈動的電路，並且可改變脈動的強度。脈動產生器可驅使照相機的閃光燈發光，因為它能夠瞬間提供高電壓給閃光燈的燈泡。

(b) 處理子系統

電子系統中的處理系統會把輸入的電子信號按指定的規則來改變，處理後的電子信號便是輸出信號。處理電子信號的元件和系統有許多，例如：晶體管開關、邏輯門、二進制計數器、觸發器、放大器、比較器和集成電路等。

(i) 晶體管開關

晶體管(俗稱為原子粒)是一種常用的電子元件，它有許多用途，例如：開關電路、放大電流、放大電壓等。晶體管是由三片 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(圖 9)。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。

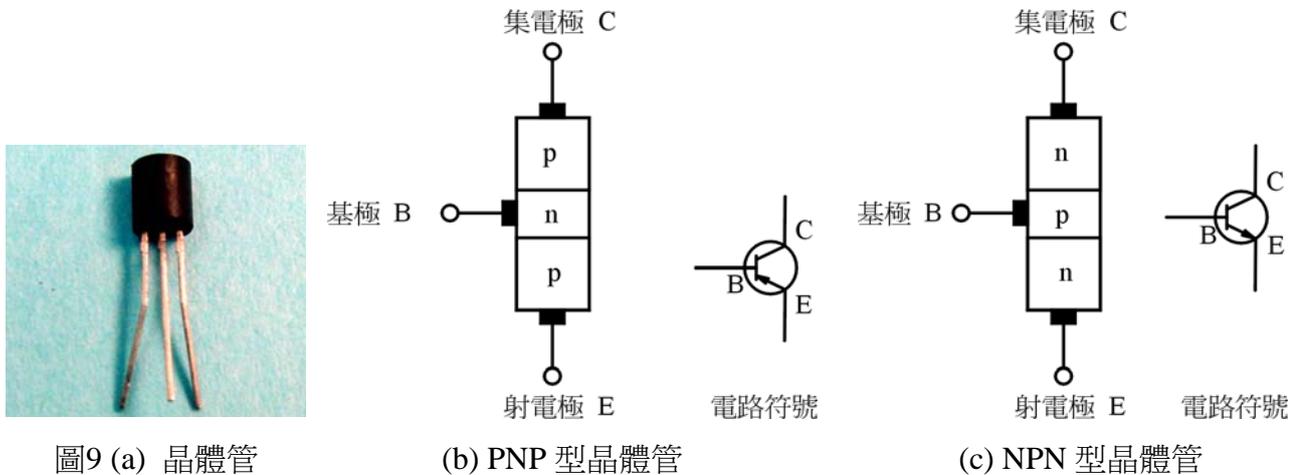


圖9 (a) 晶體管

(b) PNP 型晶體管

(c) NPN 型晶體管

晶體管的電路有多種的接駁方法。如圖 10 所示，n-p-n 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 — 射極電壓稱為輸入電壓 V_{in} ，集極 — 射極電壓稱為輸出電壓 V_{out} 。假如要令晶體管正常操作，輸入電壓 V_{in} 必須大於約為 0.7 V 的截止電壓 $V_{BE(ON)}$ ，否則晶體管處於截止狀態，即不導電。

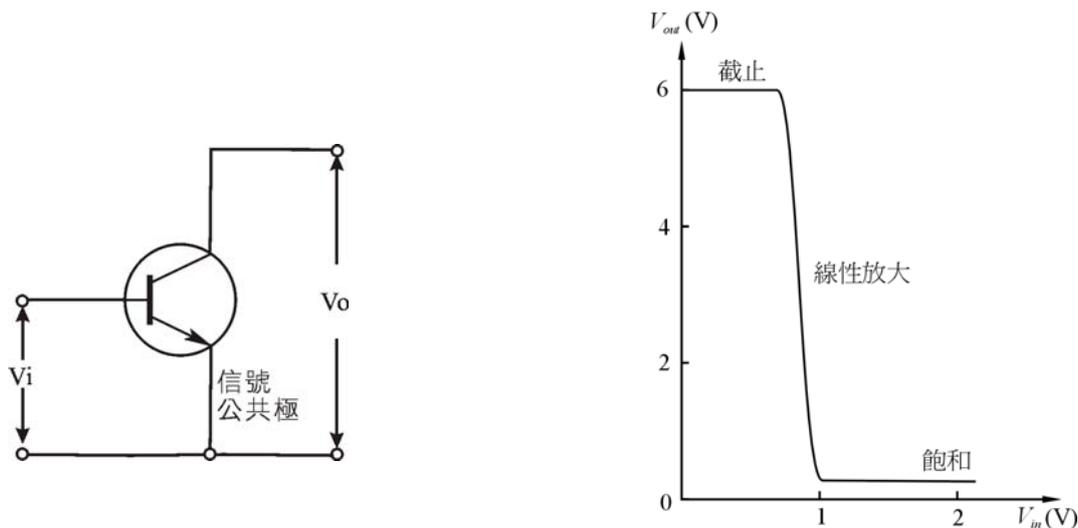


圖10 共射極電路

圖11輸入/輸出電壓特性曲線

圖 11 的曲線顯示，晶體管的輸出電壓有兩個不同高度的平坦部分，所以它可以應用來作開關和邏輯運算的元件。

感溫開關

圖 12 顯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 $V_{in} < 0.7\text{ V}$ ，則晶體管處於截止狀態，輸出電壓 $V_{out} = 6\text{ V}$ ，即 $I_C = 0$ 。所以，指示燈 L 不會開啟。

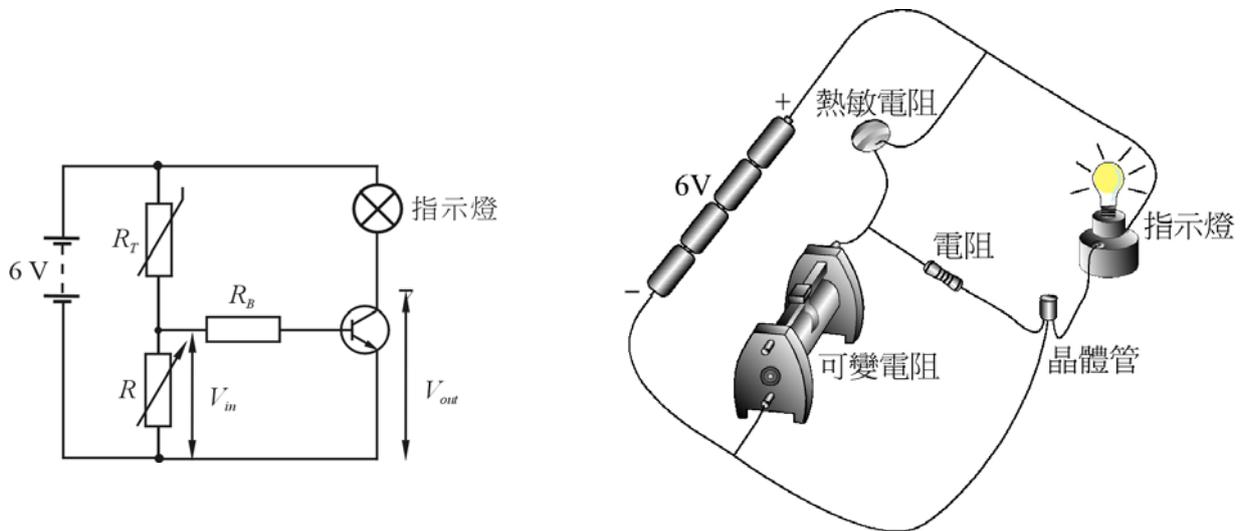


圖12 (a) 感溫開關電路

(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，令輸出電壓 V_{out} 降低至接近零，即 I_C 變為最大值(飽和)，這會令指示燈 L 發光。這電路可以用作高溫警報系統。 R 可以用來調節發出火警警報時的溫度。

(ii) 邏輯門

晶體管電路可以用來製造一或多個的邏輯門。邏輯門只處理二進制信號，例如高電壓電平或低電壓電平、真或假、導電或不導電等，這些信號都可以用 1 或 0 兩種邏輯值來表示。對於一個邏輯門，它的輸入和輸出信號的關係可以用真值表來表示。邏輯門的例子有：「非」門、「與」門、「或」門、「非與」門和「非或」門等。

「非」門

參考圖 11 的晶體管輸入輸出電壓特性曲線，可知 V_{in} 和 V_{out} 的值剛好相反。所以，晶體管便是一個把輸入邏輯值倒轉的反相器或稱為「非」門。假如 A 代表輸入的邏輯值，「非」門的輸出便可以稱為「非 A 」，並表示為 \bar{A} 。表 1 顯示「非」門的真值表。圖 13 顯示「非」門的電路符號。

輸入 A	輸出 $F = \bar{A}$
0	1
1	0

表 1 「非」門的真值表

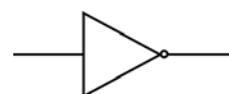


圖13 「非」門的電路符號

「與」門

只有當所有輸入都是 1 時，邏輯門的輸出才會是 1，這種邏輯門便稱為「與」門，它的輸出稱為 A 與 B ，並表示為 $A \times B$ 。表 2 顯示「與」門的真值表。圖 14 顯示「與」門的電路符號。

輸入 A	輸入 B	輸出 $F = A \times B$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

表 2 「與」門的真值表



圖14 「與」門的電路符號

「非與」門

「非與」門的輸出剛好和「與」門相反，表 3 列出「非與」門的真值表。圖 15 顯示「非與」門的電路符號。「非與」門的輸出稱為「非(A 與 B)」，並表示為 $\overline{A \times B}$ 。

輸入 A	輸入 B	輸出 $F = \overline{A \times B}$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

表 3 「非與」門的真值表



圖15 「非與」門的電路符號

「或」門

兩個輸入 A 和 B 中，只要其中一個輸入是 1 時，輸出便會是 1，這種邏輯門便稱為「或」門，它的輸出稱為「 A 或 B 」，並表示為 $A + B$ 。表 4 列出「或」門的真值表。圖 16 顯示「或」門的電路符號。

輸入 A	輸入 B	輸出 $F = A + B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

表 4 「或」門的真值表

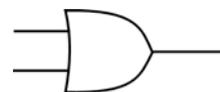


圖16 「或」門的電路符號

「非或」門

「非或」門的輸出剛好和「或」門相反，表 5 列出「非或」門的真值表。它的輸出稱為「非(A 或 B)」，並表示為 $\overline{A+B}$ 。圖 17 顯示「或非」門的電路符號。

輸入 A	輸入 B	輸出 $F = \overline{A+B}$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

表 5 「非或」門的真值表。

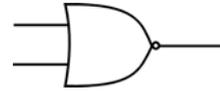


圖17 「非或」門的電路符號

(iii) 二進制計數器

10 進制數字	0	1	2	3	4	5	6	7
2 進制數字	0	1	10	11	100	101	110	111

表 6 相同數值的十進制和二進制數字

許多電子系統中都需要執行數學運算工作，例如：電子計算機電路。電子系統的數學運算大多以二進制數字進行，即任何數字均由一組「1」和「0」的二進制數字代表，而每個數位稱為一位元。表 6 顯示一些相同數值的十進制和二進制數字。圖 18 顯示如何將二進制數字轉換為十進制。

位值	2^3	2^2	2^1	2^0
二進制數字	1	0	1	1

$$1011_2 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 8 + 0 + 2 + 1 = 11_{10}$$

圖18

假如要將兩個二進制數字加起來，電子系統便需要使用二進制計數器，它們由半加器和全加器組成。半加器和全加器均可以用邏輯電路組成。

半加器

半加器負責將兩個二進制位元加起來，並輸出結果。圖 19 顯示兩個二進制數字 A 和 B 的四種加法，它們相加後會產生和 S 及進位 C。

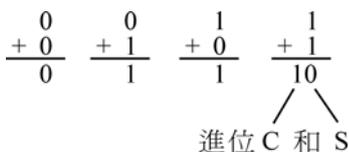


圖19

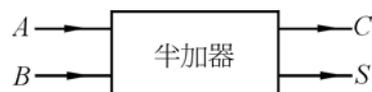


圖20

圖 20 顯示一個二進制半加器的電路符號，它有兩個輸入(A 和 B)和兩個輸出(C 和 S)。

全加器

半加器只能處理一位數字相加的結果，全加器才能處理多位數字的加法。

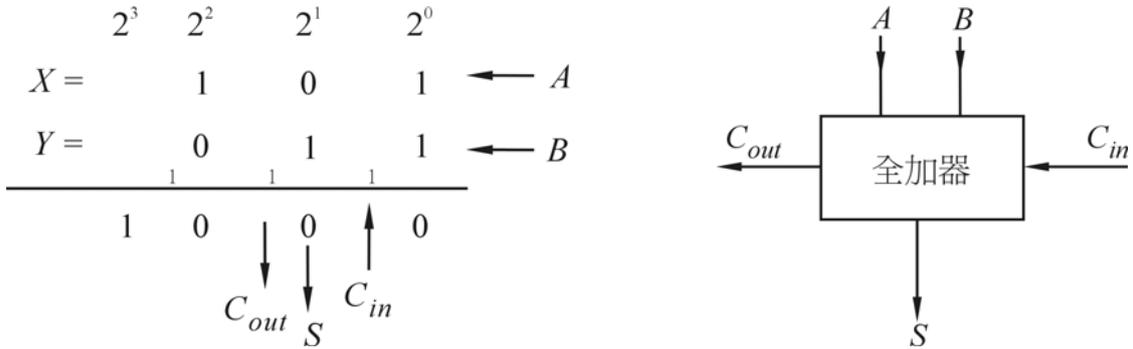


圖21 (a) (b)

全加器可以用兩個半加器和一個「或」門的組合來產生，圖 22 顯示它的電子線路圖。假如要進行四位數的加法，便需要用一個半加器和三個全加器的組合，如圖 23 所示。這便是電子系統中二進制計算器的基本模式。



圖22

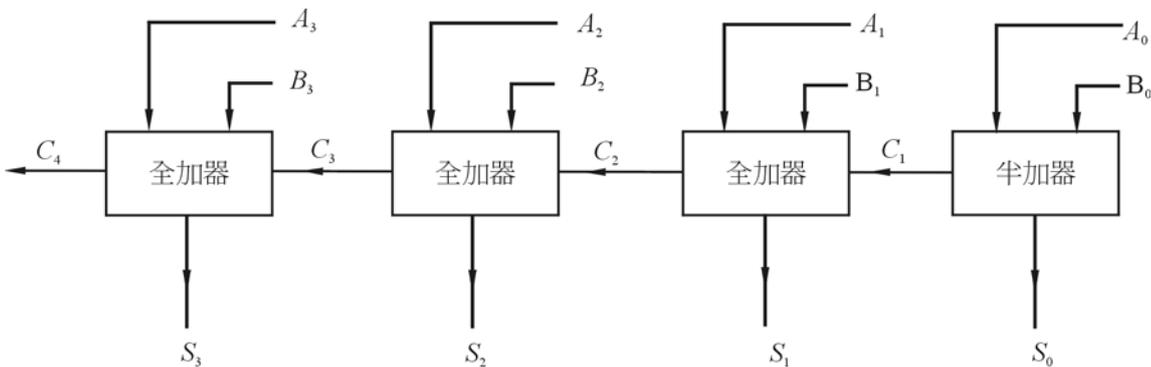


圖23

(iv) 觸發器

在電子系統中，許多時都需要將數字暫時記起來，以便進一步運算或累積。負責這種功能的電子元件稱為記憶體，其中一種簡單的記憶體便是觸發器。觸發器有許多類型，例如：S-R 觸發器，S-R「或非」門觸發器，D 型觸發器，J-K 觸發器等。圖 24 顯示不同觸發器的電路符路。

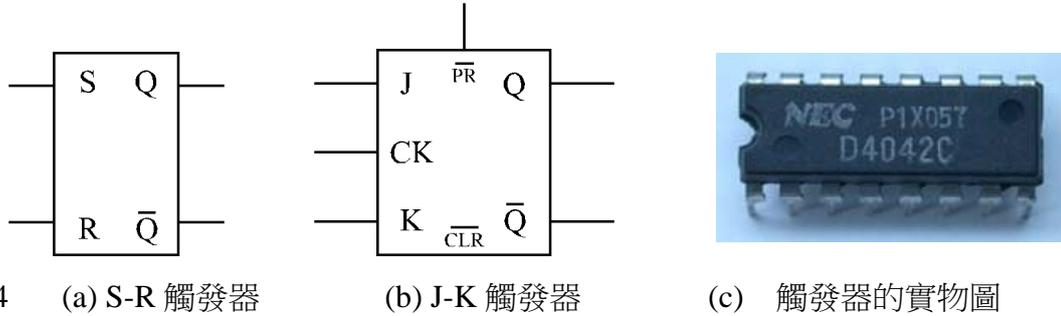


圖24 (a) S-R 觸發器 (b) J-K 觸發器 (c) 觸發器的實物圖

觸發器可以用邏輯門組成。以圖 24a 中的 S-R 觸發器為例，它可以由二枚晶體管構成。觸發器的運作較為複雜，但它們在電子系統中可以組成非常有用的記憶體，例如：電腦中的隨機存取存貯器(即記憶體)(RAM)。

(v) 放大器

放大器的作用是將微弱的電信號變成較強的信號，例如：收音機具有一連串的放大器，以放大來自天線的極微弱信號。圖 25a 顯示一個利用晶體管來放大輸入電壓的簡單放大器電路。當輸入電壓 V_{in} 在線性放大區內，輸出電壓 V_{out} 便與 V_{in} 成線性關係。使用適當的基極電阻 R_B 和負載電阻 R_L ，晶體管便可以用來放大交流電的輸入電壓，結果如圖 25b 所示。

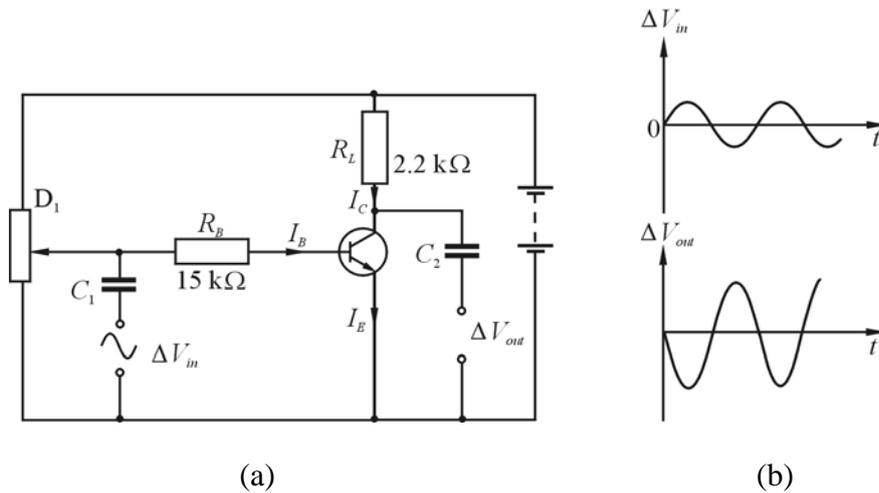


圖25 (a) (b)

放大器不但放大電壓還放大電功率。它的額外能量是由輸出電路的電源所提供的，圖 26a 顯示它的兩種常用電路符號。圖 26b 顯示一個放大器電路。

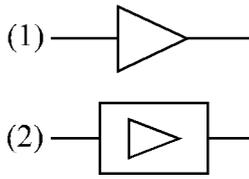


圖26 (a) 放大器電路符號

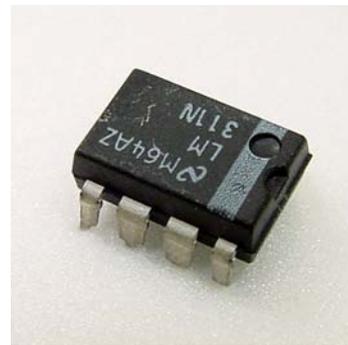


(b) 放大器電路

(vi) 比較器

比較器(圖 27)主要用來比較輸入電壓和預置值電壓，並輸出結果。如果輸入電壓少於預置值，比較器輸出低電平。相反，如果輸入電壓大於或等於預置比較器便會輸出高電平。根據比較器的輸出，其他電統便可以作出相應的處理和輸出。

例如：在溫度警報系統中，比較器的功用是比較溫度信號與溫度傳感器輸出端發出的信號。在火災發時，溫度傳感器的電壓信號高於預置電壓信號，比較會驅動蜂鳴器發出警報。



電
便會
值，
子系

預置
生
器便

圖27 比較器實物圖

(vii) 類比與數碼轉換器

電子系統中的電子信號可以用兩種不同的形式來傳遞：類比信號和數碼信號。類比信號是一個可以有多個連續數值的信號，例如圖 28a 中的正弦波電壓。數碼信號是只有兩個數值的信號，例如圖 28b 中的方波電壓。

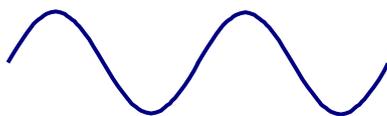


圖28 (a) 類比信號例子



(b) 數碼信號例子

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。

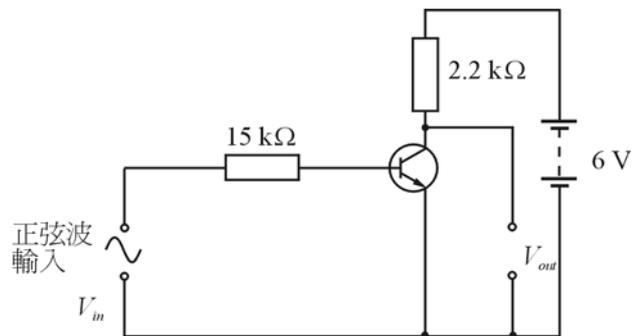


圖29 方波產生器電路

類比信號可以轉換為數碼信號。例如：圖 29 顯示的晶體管電路便可以把低壓電源的正弦波形輸入電壓 V_{in} 改變成為方波輸出電壓 V_{out} (圖 30)。所以，它是一個簡單的信號轉換器。

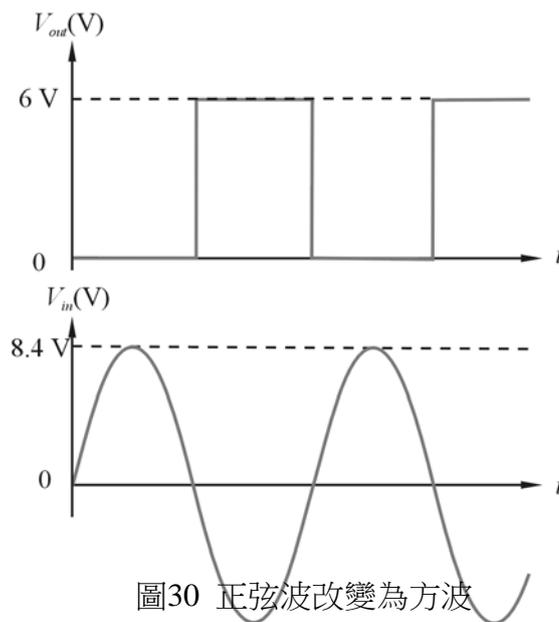


圖30 正弦波改變為方波

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。它的操作原理如圖 31 所示。相反，數碼 — 類比轉換器(DAC)將數碼信號轉換成類比信號。



圖31 類比 — 數碼轉換器的操作原理

圖 32 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。

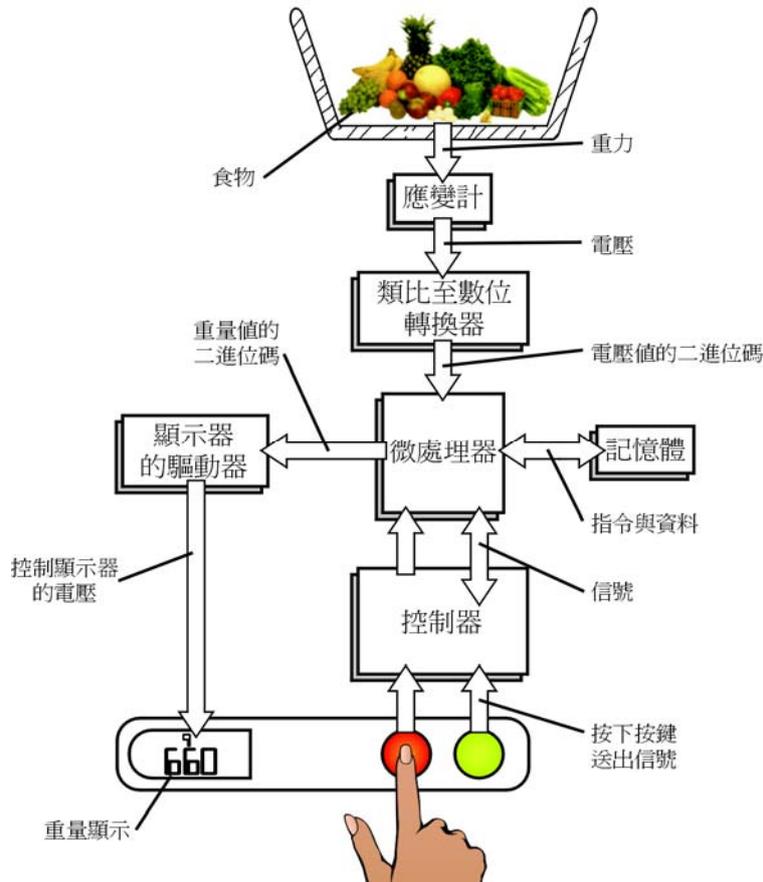


圖32 電子秤操作流程圖

(viii) 集成電路

隨著科技的進步，電子系統亦越來越複雜，電路內電子元件的數量和品種亦越來越多，例如：晶體管、二極管、電阻器、電容器、接線等。不過，如果將大量的電子元件放在一起，不但電路的體積會變得非常大，而且還會消耗不少能量和產生大量熱能。

集成電路(簡稱 IC)(圖 33)便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。

這方法不但可以減少電路的體積，而且還可以減少能量消耗和接駁方法。集成電路可以用來製造微處理器、唯讀記憶體(ROM)和隨機存取存貯器(即記憶體(RAM))等。

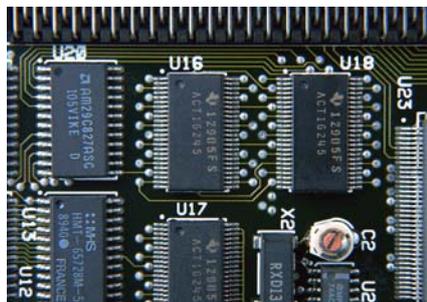


圖33 集成電路例子

(c) 輸出子系統

在電子控制系統內，需要一些電子元件或系統來顯示或執行輸出結果，它們統稱為輸出子系統，包括有：燈泡、發光二極管、電磁線圈、蜂鳴器、擴音機、電動機、繼電器等。

(i) 燈泡

燈泡通常是一個內含的金屬燈絲的空心玻璃球。燈泡內一段盤繞的幼細金屬(鎢)絲稱為燈絲，燈絲通電後受熱便會發出白光。為防止燈絲發熱後在空氣中快速氧化，所以燈泡之內注滿氬或氬等惰性氣體(圖 34a)。

鹵素燈泡中的氣體含有鹵素(例如：碘)，可以讓燈絲加熱到更高的溫度，使燈泡更為光亮。燈泡中發熱部分的溫度非常高，例如：在 100 W 的白熾燈泡中，燈絲的溫度約為 3300 °C 左右。

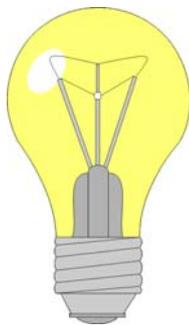


圖34 (a) 燈泡的構造



(b) 建築物燈飾

在電子系統中，小燈泡可以用作輸出部分，例如：一些建築物燈飾中的彩色閃亮小燈泡便通常是用電子系統來控制的(圖 34b)。此外，馬路上的交通燈或指示燈，亦通常是用電子控制系統來操作的。

(ii) 發光二極管

發光二極管(LED)是一種發光輸出元件，但它只讓電流沿一個方向通電(圖 35)。只有當電源的正極接到發光二極管的長接腳時，電流才可以流通而令它發光。相反，假如正極接到短接腳時，電流不可以流通，發光二極管亦不會發光。發光二極管體積較細小，容易被收藏在電器內作為指示燈。它還有不少的優點，例如：耗電量低、發熱量低和安全等。

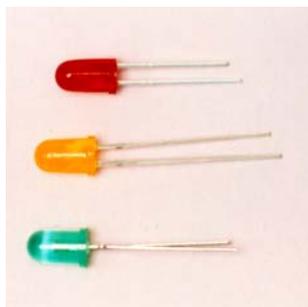
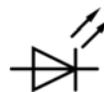


圖35 (a) 發光二極管(LED)



(b) 電路符號

(iii) 電磁線圈

電磁線圈由多個串聯扁平線圈組成。當電流流過電磁線圈時，便會產生好像磁石般的磁場(圖 36)。如果把軟鐵心加到電磁線圈中，軟鐵心的磁性會加強線圈的磁性而形成電磁鐵。由於磁效應非常強，所以能吸引其他鐵磁性物質。不過，當電流切斷，電磁鐵的磁性便會消失。電磁鐵廣泛應用於汽車、電動機、電磁鐵起重機器中。

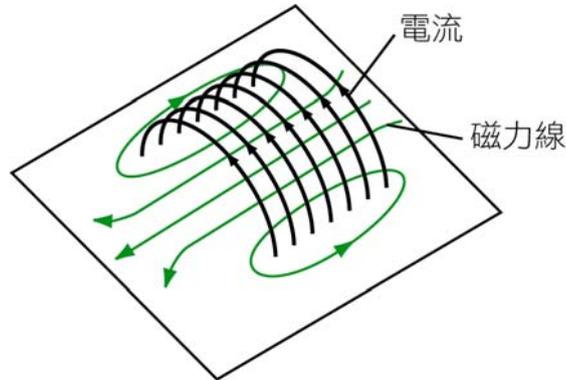
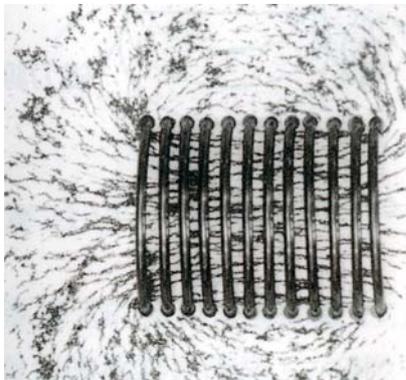


圖36 (a) 電磁線圈

(b) 當電流流過電磁線圈時，就會產生磁場

(iv) 蜂鳴器

蜂鳴器是一種發聲輸出元件，當適當極性的電流通過時，它便會發出鳴響(圖 37)。由於蜂鳴器只能發出單一鳴響，因此多用作警報或提示信號。

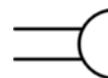
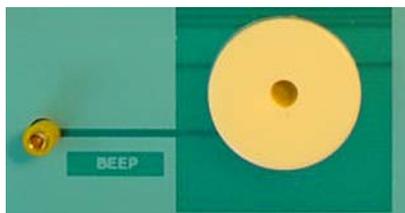


圖37 (a) 蜂鳴器

(b) 蜂鳴器電路符號

(v) 揚聲器

揚聲器將電能轉變成聲能。揚聲器的工作原理是由一個紙質或塑膠的圓錐體和一個稱為「音圈」的可動線圈相連而成，音圈末端環繞著一個永久磁鐵(圖 38)。當電子信號的交流電流通過音圈時，電流和永久磁鐵的磁場互相影響，然後電流的磁效應產生力推拉圓錐體。圓錐體再振動附近的空氣，並產生聲音。圓錐型紙盤放大了振動，複製和增大了原來的聲音。

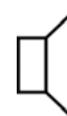
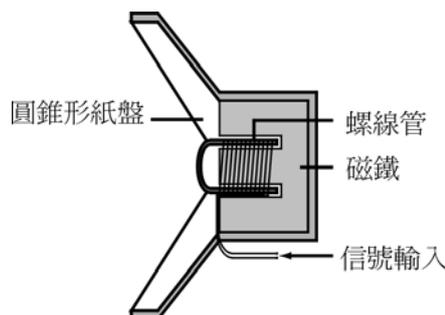


圖38 (a) 揚聲器實物圖

(b) 揚聲器

(c) 電路符號

(vi) 電動機

電動機俗稱馬達，能夠將電能轉換成磁能和動能。如家庭中的電風扇、冷氣機、洗衣機、風筒等，都內置有大小不同馬力的電動機。電動機基本上是由懸浮於磁場中的線圈組成，此磁場由磁鐵或電磁鐵產生。

當電流流過線圈時產生它自己的磁場，兩個磁場在互相吸引或排斥的作用下，使線圈旋轉並驅動電動機的軸，旋轉的線圈稱為電樞(圖 39)。

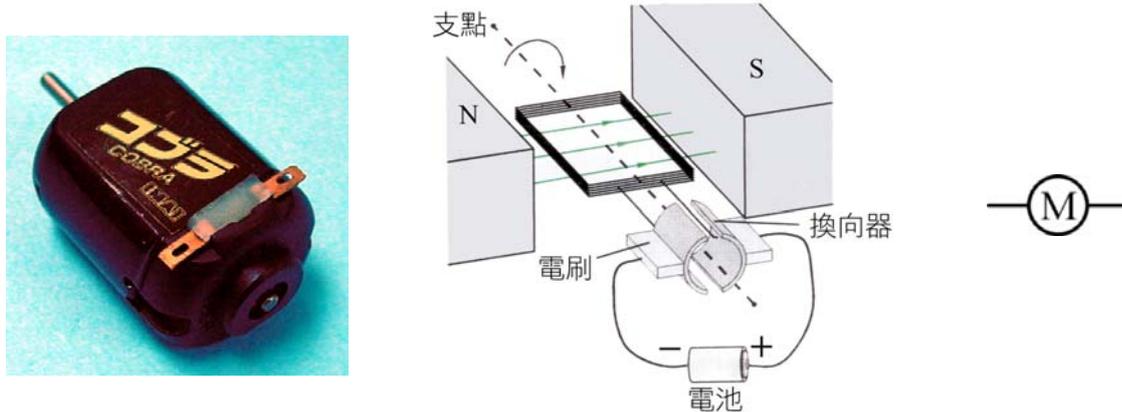
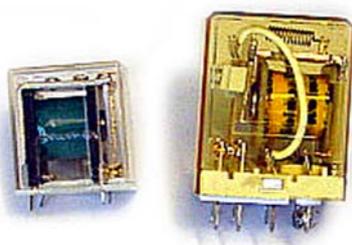


圖39 (a) 電動機實物圖 (b) 電動機的原理 (c) 電動機的電路符號

電動機分為直流和交流兩大類，它們都是把電流通過電樞線圈，使它產生動力來帶動機器。直流電動機是用不改變方向的直流電來驅動。交流電動機則是用經常改變方向的交流電來驅動的。

(vii) 繼電器

繼電器是一種用較小電流來接通或切斷較大電流的裝置。由於大功率的電動機操作時會使用較大電流，使用者直接按動開關易生危險。如果使用繼電器，便可以安全地用電磁力來啟動或停止機器。繼電器由電磁鐵、銜鐵、彈簧及觸點等元件組成(圖 40)。當開關未接通時，彈簧拉著銜鐵，使彈簧片和接觸點斷開，形成開路。當開關閉合時，電流通過螺絲管，鐵心被磁化而吸引銜鐵，使接觸點閉合，形成閉路。利用繼電器，一個電子電路可以控制電動機、電器等開關。



一般符號	交流繼電器

圖40(a) 繼電器 (b) 電路符號

3 電子控制

(a) 基本概念

通過電子裝置來達到預定目標的過程，統稱為電子控制，例如：恆溫控制、以至複雜的飛行導航控制、光電控制自動門等。圖 41 顯示一個典型電子控制電路的方塊圖：

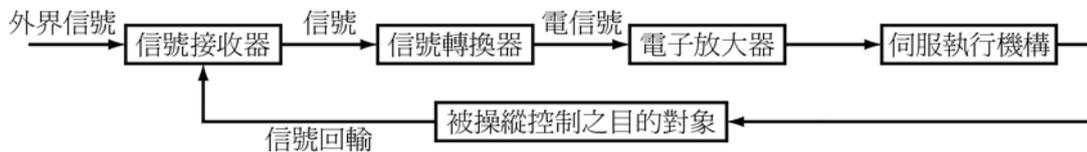


圖41 電子控制方塊圖

外界的信號是控制電子裝置運行的指令。信號的性質可以是任何的物理量，例如：光、熱、電、壓力、速度、聲音等。在電子控制裝置中，信號接收器負責選擇所需要的信號，然後把它送到信號轉換器去。

信號轉換器是把物理量信號轉變為電信號的裝置，它是電子控制裝置中的重要組成部分。因為凡是電子裝置實際上需要的是電信號(包括常用的電流、電壓、電阻等信號)，而不是那些不能直接控制電子裝置的物理量信號。

由信號轉換器送出的電信號，一般都非常微弱，故此要經過電子放大器，把信號放大，才能驅動執行器的伺服元件。電子放大器通常由了電阻器、晶體管及其它半導體等元件等組成。

(b) 電路圖符號

為簡化電路的表示方法，工程師使用許多特殊的符號來代表不同的電路元件。利用這些特殊符號，就可用畫出電路圖，並詳細描述各電子元件的關係。圖 42 顯示一些常用的電路圖符號。

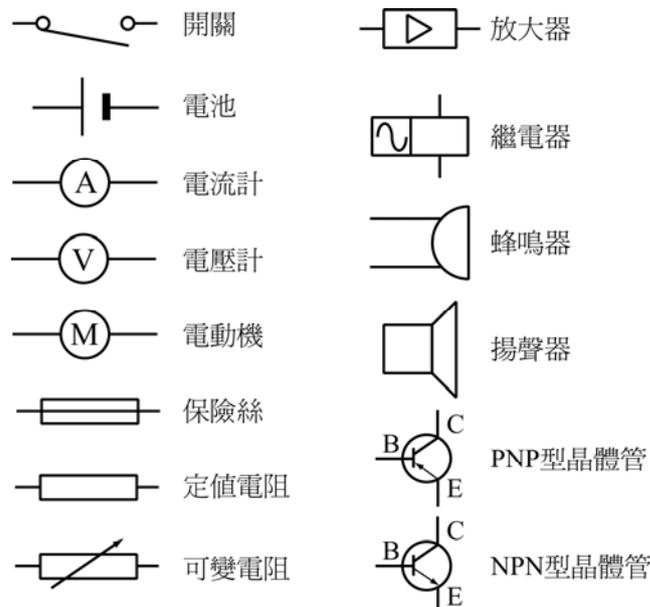


圖42 電路圖符號

(c) 設計電子控制電路

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。

(i) 設計實例

處境

現以一個簡單街燈照明系統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令街燈規律地在晚上照明而在早閉。但在冬天或陰雨天的上午時街上雖然光線不足，但街燈卻不明。



來顯
驟關，
上關
候會照

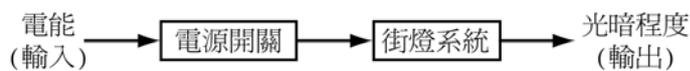
圖43 街道上已啟動的燈飾

設計概要

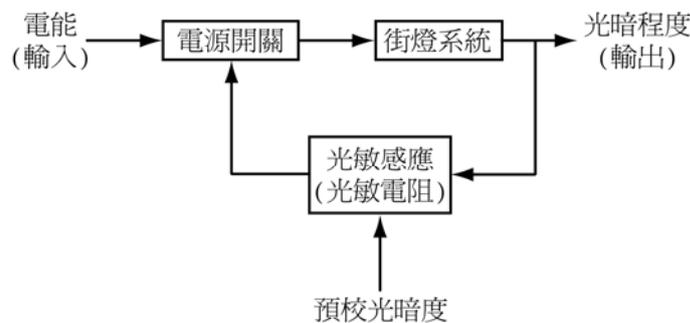
若要避免上述的缺點，這照明系統應改變為會按街道光暗程度而自動開關的系統。

設計細則

圖 44a 顯示該簡單街燈照明系統的方塊圖。圖 44b 顯示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。



(a) 利用時間操作街燈 (開環式)



(b) 自動開啟街燈 (閉環式)

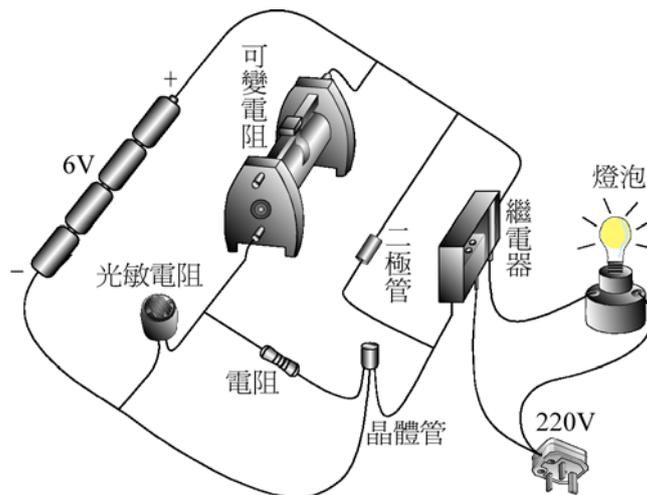
圖44 街燈照明系統

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，所以應參考課文內有關光敏電阻、晶體管開關、繼電器和控制電路的資料。

解決方法

圖 45 顯示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 kΩ。



(a) 光敏開關電路實物圖

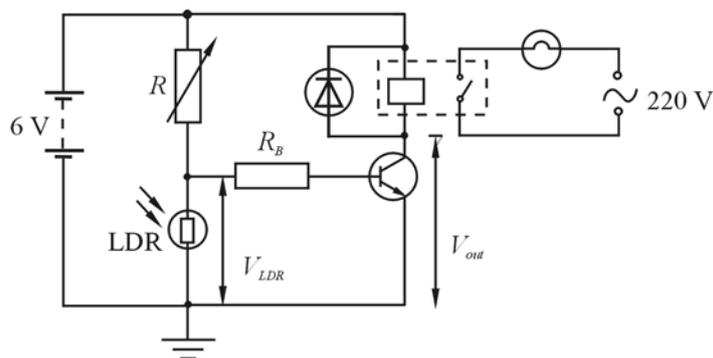


圖45 (b) 光敏開關電路

處境一

當光敏電阻被光線照射時，它的電阻非常低(約 $9\text{ k}\Omega$)，而光敏電阻的電勢差 V_{LDR} 是(參考圖 46)：

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

所以它的電勢差會低於晶體管的截止電壓(約為 1 V)，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 $V_{out} = 6\text{ V}$ 。這會令繼電器的開關保持開路，故此不會開啟街燈電路。

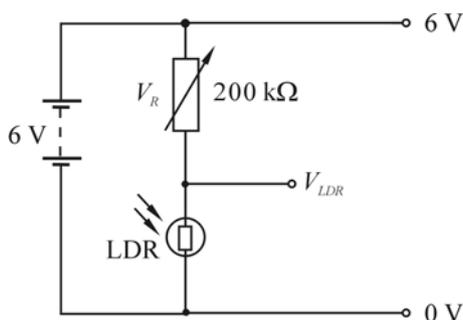


圖46 光敏開關電路中可變電阻及光敏電阻部分，就好像一個分壓器

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 $600\text{ k}\Omega$)，所以電勢差 V_{LDR} 會超過晶體管的截止電壓(參考圖 46)：

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

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。

(ii) 安全措施

為確保安全，在接駁電路時應留意下列事項：

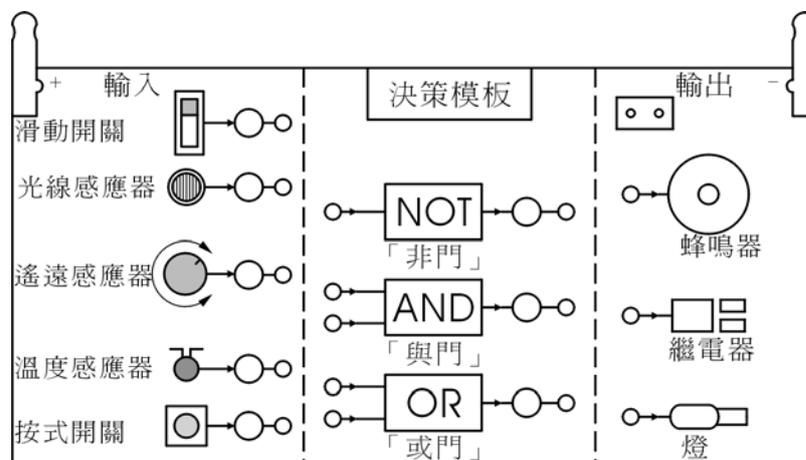
1. 按照預先設計電路圖組合電子電路，不要任意更改。
2. 選擇適當電源電壓，免生危險。
3. 檢查及分辨電路中「正極」和「負極」，並接於正確位置上。
4. 小心使用電路底板，免因碰擊而損毀電子元件。
5. 必須使用繼電器以控制高電流或高電壓電器元件。
6. 正確認識電子元件的功用及其輸出的信號，避免因錯誤接駁而引致電子元件過熱或漏電。

練習

- 繪畫下列電子元件的電路符號圖。
 - 熱敏電阻器
 - 光敏感應器
 - 發光二極管
 - PNP 型晶體管
 - NPN 型晶體管
 - 繼電器
- 闡述晶體管正常工作時的情況。從電路符號如何分別不同型號的晶體管？
- 繪畫下列邏輯門的符號，並寫出「與」門及「非」門的真值表。
 - 「與」門
 - 「或」門
 - 「非」門
 - 「與非」門
 - 「或非」門
- 甚麼是邏輯電路？
- 邏輯電路通常採用甚麼形式的信號作為電路的輸入信號？
- 甚麼是放大器？
- 甚麼是類比與數位轉換器？
- 試列舉三個日常生活中應用類比與數位轉換器的電器。
- 試設計一個電子控制系統以滿足下列的需求：

「進行了手術的病人進入醫院深切治療部進行了手術的病人，需要護理人員特別照顧，因此每位病人床邊必須有一個求助按掣，在白晝（有光時）時可直接按掣而發出警報，通知值勤室內護理人員。在晚上警報系統會滋擾其他病人休息，所以會關閉系統，改用另一套監察及求助系統。」

 - 應使用哪些輸入裝置？
 - 應使用哪一個邏輯門？寫出該邏輯門的真值表。
 - 應使用哪一個輸出裝置？
 - 試用線連接下列電子系統套件圖上的元件，以展示該病人求助系統[的設計。



10. 試設計一個電子控制系統以滿足下列的需求：

「有些粗心大意的父母，忘記鎖上嬰兒手推車制動掣，雙手便離開嬰兒車手柄。假如嬰兒車在傾斜路面上溜動，致使嬰兒受傷。現要設計一套嬰兒手推車警報器，當父母忘記鎖上制動掣，而雙手又離開嬰兒車手柄時，警報器便會鳴響。（註：當滑動開關處於開關狀態時，嬰兒車制動掣便會鎖上。）」

- (a) (i) 應使用哪兩個輸入裝置？
- (ii) 應使用哪些邏輯門？
- (iii) 應使用哪些輸出裝置？
- (b) 試用線連接下列電子系統套件圖上的元件，以展示該嬰兒車電子保護裝置的設計。

