

## 單元十一 電晶體與繼電器控制電路之比較

### 一前言

電晶體為半導體元件，主要用於電路中電流或電壓訊號之放大，振盪電路，或用來控制電路之開關動作，稱為電子開關。

使用電晶體控制負載之開關動作時，其主要優點為：

- ✎ 可以控制負載之高速開關動作。
- ✎ 沒有機械式繼電器接點之氧化、磨損、接點彈跳等問題。
- ✎ 可以以更小的電流信號控制更大的負載電流。

因為具有上述之優點，汽車各種電路常利用電晶體控制，例如：噴油咀之驅動控制、怠速控制閥之控制、以及點火系統發火線圈之控制等，如圖 11.1 為一典型燃料噴射系統之噴油咀及怠速控制閥之驅動電路之簡圖。圖中，ECU 內之電晶體用來控制噴油咀及怠速控制閥之 ON-OFF 動作。

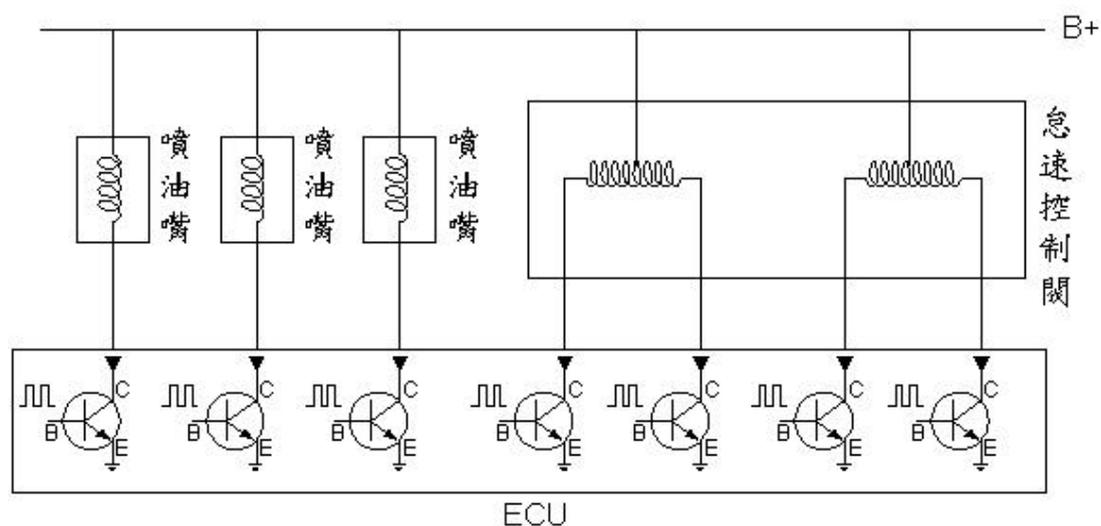


圖 11.1 燃料噴射系統之噴油咀及怠速控制閥之驅動電路

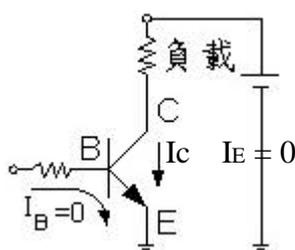
## 二、實習目的

瞭解電晶體開關電路與繼電器電路之特性差異，並能應用於汽車電路之故障診斷。

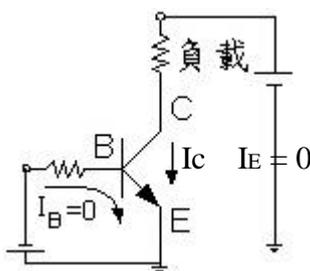
## 三、相關知識

電晶體作為開關使用時，仍是處於下列兩種狀態下工作。

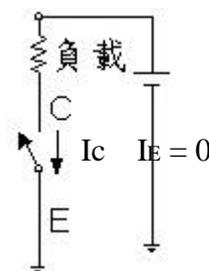
1. 截止(cut off)狀態:如圖 11.2 所示，當電晶體之基極不加偏壓或加上逆向偏壓使 B-E 極截止時(B-E 極之特性和二極體相同，須加上大於 0.7V 之順向偏壓時才能導通)，基極電流  $I_B=0$ ，因為  $I_C=I_B$ ，所以  $I_C=I_E=0$ ，此時 C-E 極之間相當於斷路，負載無電流。



(a) 基極(B)不加偏壓使基極電流  $I_B$  等於零



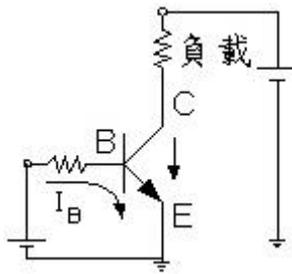
(b) 基極(B)加上逆向偏壓使基極電流  $I_B$  等於零



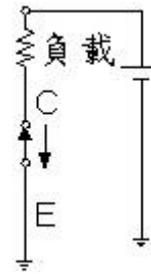
(c) 此時集極(C)與射極(E)之間形同段路，負載無電流通過

圖 11.2 電晶體截止

2. 飽合(saturation)狀態:如圖 11.3 所示，當電晶體之基極加入是夠大的電流時，因為  $I_C = I_E = \beta I_B$ ，射極和集極的電流亦非常大，此時，集極與射極之間的電壓降非常低( $V_{CE}$  為 0.4V 以下)，其意義相當於集極與射極之間完全導通，此一狀態稱為電晶體飽合。



(a) 基極加上足夠的順向偏壓使  $I_B$  足夠大



(b) 此時 C-E 極之間視同導通狀態

圖 11.3 電晶體飽和

#### 四、 實習儀器設備

- |               |           |
|---------------|-----------|
| 1. 直流電源供應器    | BM1088-1P |
| 2. 電晶體繼電器模組   | BM1088-2T |
| 3. 直流電壓/電流錶模組 | BM1088-2D |
| 4. 連接線        |           |

## 五、工作單

利用模組(BM1088-2T)，完成如圖 11.4 所示之接線。

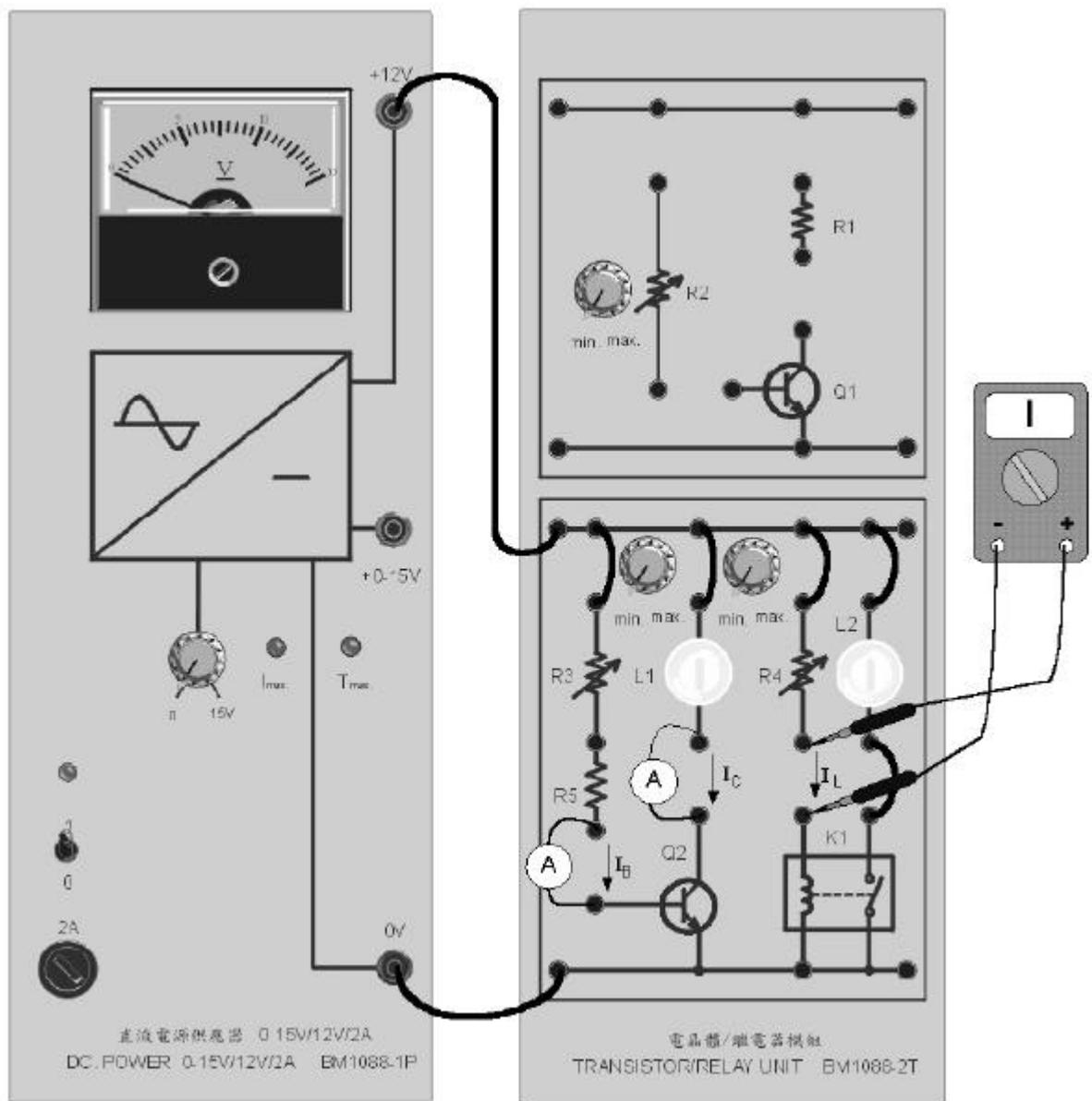


圖 11.4 實驗接線圖

## 1. 繼電器控制電路

(1) 慢慢地調整可變電阻  $R_2$ , 使  $R_2$  之電阻值由大變小而使流入繼電器線圈之電流  $I_L$  增加, 直到繼電器剛好 ON, 燈泡  $L_2$  亮起時, 停止調整電阻。在繼電器剛好 ON 的時候, 流入繼電器線圈之電流  $I_L$ , 為使繼電器線圈激磁 開關 ON 所須之最小電流, 稱為繼電器操作電流  $I_{OP}$ 。您所量測之電流值為  $I_{OP}$  ? \_\_\_\_\_ mA。

(2) 以反方向緩慢地調整可變電阻  $R_2$ , 使  $R_2$  之電阻值由小變大而使流入繼電器線圈之電流  $I_L$  減小, 當電流降低至繼電器剛好 OFF, 燈泡  $L_2$  熄滅時, 停止調整電阻。在繼電器 OFF, 燈泡  $L_1$  熄滅的瞬間, 繼電器線圈之電流  $I_L$ , 為維持繼電器開關 ON 所須之最小電流, 稱為繼電器吸住電流  $I_{HOLD}$ 。

您所量測之電流值為  $I_{HOLD}$  ? \_\_\_\_\_ mA。

## 2. 電晶體控制電路

慢慢地調整可變電阻  $R_1$ , 使  $R_1$  之電阻值由大變小而使流入電晶體基極之電流  $I_B$  增加, 直到燈泡  $L_1$  之亮度和繼電器所控制之燈泡  $L_1$  之亮度相同時, 停止調整電阻。

此時您所量測之電流值為  $I_B$  ? \_\_\_\_\_ mA。

## 六、討論

(1) 比較電晶體和繼電器之燈泡控制電路, 燈泡  $L_1$  和  $L_2$  之亮度相同時, 哪一個電路所需要的控制電流較大(電晶體電路的控制電流為  $I_B$ , 繼電器電路的控制電流為  $I_L$ ) ? \_\_\_\_\_

(2) 於調整可變電阻  $R_1$  時, 您是否發現到, 流入電晶體集極(C 極)之電流  $I_C$  大小和流入電晶體基極(B 極)之電流  $I_B$  大小有何關係? \_\_\_\_\_

---

(3)於調整可變電阻 R1 時，燈泡 L1 之亮度和流入電晶體基極之電流  
 $I_B$ 大小有何關係？ \_\_\_\_\_

其原因為 \_\_\_\_\_

(4)而於調整可變電阻 R2 時，燈泡 L2 之亮度和流入繼電器線圈之電  
流  $I_L$ 大小是否有關係？ \_\_\_\_\_

其原因為 \_\_\_\_\_

(5)綜合以上之觀察，電晶體和繼電器之燈泡控制電路比較，其優點  
為何？ \_\_\_\_\_

(6)噴油嘴和點火系統發火線圈之 ON-OFF 控制，是否可以使用繼電  
器來控制？其原因為何？ \_\_\_\_\_