

# 第4單元

## 霹靂燈

### 各種進位制

我們人類習慣使用 10 進制，逢 10 填 0 進 1，例如， $(242)_{10}$  是表示  $2*10^2 + 4*10^1 + 2*10^0 = 242$ ；若是 8 進位，那就是逢 8 填 0 進 1，僅用 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 等 8 個數字，所以  $(11)_8 = 1*8^1 + 1*8^0 = (9)_{10}$ ；若是 2 進位，那就是逢 2 填 0 進 1，僅用 0, 1 兩個數字，所以  $1011 = 1*2^3 + 0*2^2 + 1*2^1 + 1*2^0 = 11$ ；若是 16 進位，那就用 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F 表示 0 到 15，且逢 16 填 0 進 1，所以  $(A2E)_{16} = 10*16^2 + 2*16^1 + 14*16^0 = (302)_{10}$ 。

Arduino 語言可以處理的整數有四種進位方式，分別是十進位 (Decimal)、二進位 (Binary)、八進位 (Octal) 及十六進位 (Hexadecimal)。其中十進位則以我們平常書寫數字的方式即可，例如 12；二進位則以 B 開頭，例如，B11 則代表十進位的 3；八進位則應以 0 開頭，例如 011 代表十進位的  $9(1*8+1)$ ；十六進位應以 0x 開頭，例如，0x11 代表十進位的  $17(1*16+1)$ 。請鍵入以下程式，並觀察執行結果。

```
void setup() {  
    Serial.begin(9600);  
    int a=242;  
    int b=B11;  
    int c=011;//零，不是字母O  
    int d=0x11;//零x，不是字母OX  
    Serial.println(a);  
    Serial.println(b);  
    Serial.println(c);  
    Serial.println(d);  
}  
void loop() {}
```

## 2進位與16進位

前面資料的數位化已經介紹，電腦是以 2 進位儲存數值，所以若以 8 位元儲存一個正整數，那

5

就會以

00000101

表示，我們若以 LED 觀察結果就是『滅滅滅滅滅亮滅亮』，那反過來說，若有 8 顆 LED 呈現

滅滅滅滅滅亮滅亮

要將此現象數位化，我們也可用 2 進位表示為

B00000101

其次，以上 2 進位有點長，所以我們習慣以 16 進位表示為

0x05

也就是在自動控制的領域裡，我們會習慣以 2 進位或 16 進位來表示一些燈號或控制結果，請讀者要慢慢習慣這種 2 或 16 進位表示方式。以下是一些常用數字的 16 進位書寫表示方式。

10進位	2進位	16進位	10進位	2進位	16進位
0	B0	0x0	11	B1011	0xb
1	B1	0x1	12	B1100	0xc
2	B10	0x2	13	B1101	0xd
3	B11	0x3	14	B1110	0xd
4	B100	0x4	15	B1111	0xe
5	B101	0x5	16	B10000	0x10
6	B110	0x6	17	B10001	0x11
7	B111	0x7	18	B10010	0x12
8	B1000	0x8	127	B01111111	0x7F
9	B1001	0x9	254	B11111110	0xFE
10	B1010	0xa	255	B11111111	0xFF

### 自我練習

1. 若有 8 個燈號連續排列，且其燈號是『滅亮亮滅亮亮亮亮』，請問該如何以 16 進制數字回報。

## 時序圖

以上是一個瞬間結果的資料數位化，但有很多情況，例如，廣告燈、耶誕樹燈、紅綠燈等，還會隨著時間的移動有不同的變化，此時可以以時間為軸，取一段時間為單位，將這些單位的結果記錄下來，這些以時間為橫軸的連續資料數位化，稱為時序圖，程式設計師就按照此時序圖，將結果以陣列存放，再依序輸出此陣列，即可完成指定動作。

**範例** 4a 耶誕樹燈。

小明買了一顆耶誕樹，現在要將它裝上 8 顆 LED，且讓其閃爍如下，請問如何規劃。

時序	LED7	LED6	LED5	LED4	LED3	LED2	LED1	LED0
1	○	○	○	○	○	○	○	●
2	○	○	○	○	○	○	●	●
3	○	○	○	○	○	●	●	●
4	○	○	○	○	●	●	●	●
5	○	○	○	●	●	●	●	●
6	○	○	●	●	●	●	●	●
7	○	●	●	●	●	●	●	●
8	●	●	●	●	●	●	●	●

(實心代表燈亮，空心代表不亮)

## 操作步驟

1. 將電路接線如同範例 2a。
2. 以秒為單位，規劃時序圖。本例規劃如下，1 代表亮，0 代表不亮：

[illegible]

3. 一一將以上資料數位化，得到 0x01, 0x03, 0x07, 0x0F, 0x1F, 0x3F, 0x7F, 0xFF，如上表最右一欄。
4. 使用變數儲存以上資料。本例使用 a0, a1, a2, a3, a4, a5, a6, a7 表示如下：

```
a0=0x01;
a1=0x03;
a2=0x07;
a3=0x0F;
a4=0x1F;
a5=0x3F;
a6=0x7F;
a7=0xFF;
```

3. 將以上資料寫入 Arduino，程式如下：

```
void setup() {
    DDRB=B11111111;
    //Serial.begin(9600);
    DDRC=0xFF;PORTC=0xFE;//0xFE is B11111110 將點陣LED當作8個LED使用
}
void loop() {
    byte a0,a1,a2,a3,a4,a5,a6,a7;
    //宣告a0,a1...是8位元正整數，可表示0~255
    a0=0x01;
    PORTB=a0;
    delay(1000);
    a1=0x03;
    PORTB=a1;
    delay(1000);
    a2=0x07;
    PORTB=a2;
    delay(1000);
    a3=0x0F;
    PORTB=a3;
    delay(1000);
    a4=0x1F;
    PORTB=a4;
    delay(1000);
```

```
a5=0x3F;
PORTB=a5;
delay(1000);
a6=0x7F;
PORTB=a6;
delay(1000);
a7=0xFF;
PORTB=a7;
delay(1000);
}
```

## 霹靂燈與陣列

前面的霹靂燈共 8 個時序，我們用了 8 個變數表示 8 個顯示方式，這樣程式寫起來，真是又臭又長，那如果遇到更複雜的變化呢？本單元我們將要介紹一個很好用的工具，那就是陣列，陣列就是要解決儲存連續相同的大批資料。例如，上一範例，我們一共 8 筆連續資料，如果用陣列結構，就可以宣告一個一維陣列如下：

```
byte a[8];
```

共可儲存 8 筆資料，分別是 a[0], a[1], a[2], a[3], a[4], a[5], a[6], a[7]，中括號內的數字稱為索引。索引可用來指派資料來源，就如同我們常用座號來指派同學一樣，只是人類習慣從 1 號開始，但電腦因為了方便配合取餘運算與重複循環控制，所以陣列從 0 號開始。但是 0 號可用，也可不用，只是重複控制從 0 號開始，若配合取餘『%』會較方便。上一範例的資料設定，若以陣列表示，則陣列指派如下：

```
a[0]=0x01;
a[1]=0x03;
a[2]=0x07;
a[3]=0x0F;
a[4]=0x1F;
```

```
a[5]=0x3F;  
a[6]=0x7F;  
a[7]=0xFF;
```

以上宣告陣列與陣列初值指派兩個步驟，亦可宣告陣列的同時，就指派其值如下：

```
byte a[]={0x01,0x03,0x07,0x0F,0x1F,0x3F,0x7F,0xFF};
```

有了陣列，往後就可以使用迴圈與陣列索引存取陣列的值，程式如下：

```
void setup() {  
    DDRB=B11111111;  
    DDRC=0xFF;PORTC=0xFE;//0xFE is B11111110 將8*8點陣LED當作8個LED使用  
    Serial.begin(9600);  
}  
void loop() {  
    byte a[]={0x01,0x03,0x07,0x0F,0x1F,0x3F,0x7F,0xFF};  
    for (int i=0 ;i<=7;i++){  
        PORTB=a[i];  
        delay(1000);  
    }  
    delay(3000);  
}
```

也可以使用以下無窮迴圈

```
void setup() {  
    DDRF=B11111111;  
    Serial.begin(9600);  
    DDRC=0xFF;PORTC=0xFE;//0xFE is B11111110 將8*8點陣LED當作8個LED使用  
}  
byte i=0;  
void loop() {  
    byte a[]={0x01,0x03,0x07,0x0F,0x1F,0x3F,0x7F,0xFF};  
    PORTBF=a[i];  
    delay(1000);  
    i=(i+1)%8;//i每次遞增1，但%8可保障數字i在0~7之間  
}
```

本例的

```
byte i=0;
```

要放在 `void loop() {}` 外面，此稱為全域變數，請移至 `loop()` 裡面，並觀察結果。

### 自我練習

1. 若希望霹靂燈的變化如下，請寫程式完成。

時序	LED7	LED6	LED5	LED4	LED3	LED2	LED1	LED0	值
0	1	0	0	0	0	0	0	1	
1	0	1	0	0	0	0	1	0	
2	0	0	1	0	0	1	0	0	
3	0	0	0	1	1	0	0	0	
4	0	0	0	1	1	0	0	0	
5	0	0	1	1	1	1	0	0	
6	0	1	1	1	1	1	1	0	
7	0	1	1	1	1	1	1	1	
8	1	1	1	1	1	1	1	1	
9	1	1	1	1	1	1	1	0	
10	1	1	1	1	1	1	0	0	
11	1	1	1	1	1	0	0	0	
12	1	1	1	1	0	0	0	0	
13	1	1	1	0	0	0	0	0	
14	1	1	0	0	0	0	0	0	
15	1	0	0	0	0	0	0	0	
16	0	0	0	0	0	0	0	0	

2. 紅綠燈。若有一個單向紅綠燈時序如下，請寫程式完成。



時序	LED2 (紅燈)	LED1 (黃燈)	LED0(綠燈)	值
0	0	0	1	
1	0	0	1	
2	0	0	1	
3	0	0	1	
4	0	1	0	
5	0	1	0	
6	1	0	0	
7	1	0	0	
8	1	0	0	

3. 請自行觀察路口的雙向紅綠燈，並寫程式完成。

提示：將所有燈號建立時序圖。

時序	LED5紅	LED4黃	LED3綠	LED2紅	LED1黃	LED0綠	值
0	1	0	0	0	0	1	
1	1	0	0	0	0	1	
2	1	0	0	0	0	1	
3	1	0	0	0	0	1	
4	1	0	0	0	1	0	
5	1	0	0	1	0	0	
6	0	0	1	1	0	0	
7	0	0	1	1	0	0	
8	0	0	1	1	0	0	
9	0	0	1	1	0	0	
10	0	0	1	1	0	0	
11	0	0	1	1	0	0	
12	0	0	1	1	0	0	
13	0	1	0	1	0	0	
14	1	0	0	1	0	0	

4. 高鐵停靠站燈號。高鐵的月台上，都有一個告示板，用來顯示即將到站列車的停靠站。假設以下是南港月台的列車停靠方式，1 代表有停靠，0 代表未停靠，請問您如何來設計。

列車編號	南港	台北	板橋	桃園	新竹	苗栗	台中	彰化	嘉義	台南	高雄	PORTK	PORTF
	PORTK			PORTF									
0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0x6	0x13
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0x7	0xff
2	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0x6	0x57
3	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0x6	0x51

5. 捷運到站燈號。搭乘捷運時，車上都有列車停靠站顯示說明。例如，淡水線的站名如下，若要用 LED 顯示到站資訊，請問您如何設計。

時序	淡水	紅樹林	竹圍	關渡	忠義	復興崗	北投	奇岩	其哩岸	石牌	明德	芝山	士林	劍潭	圓山	民權西路	雙連	中山	台北車站	台大醫院	中正紀念堂	東門	大安	安和	101	象山
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PORTA						PORTB						PORTC						PORTF								

6. 教學機。本單元的 LED 您可以拿來作為順序教學的指示燈。例如，霓虹燈、鉤毛線順序、電子琴、跳舞機、CPR 急救順序、葉問拳法練習樁等，也就是您可以用 LED 來提醒使用者要按哪裡、踩哪裡、打哪裡等等等。請自己思考身邊的應用，寫程式完成。

電子琴教學機：<https://youtu.be/CsvtgIQ7Vx0>