

- 1 傳感器與感測器
- 2 自動感光開燈小夜燈
- 3 感應人體自動開燈

互動式感測器

4 倒車距離雷達

講師 張傑帆 Chang, Jie-Fan

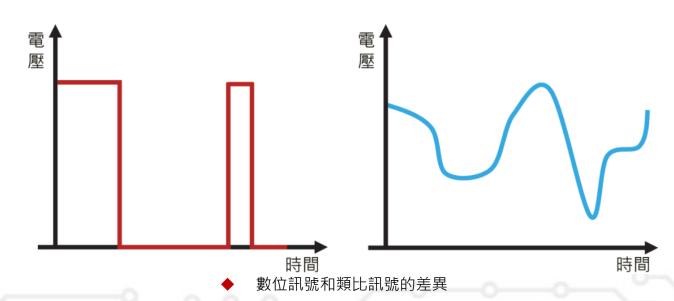
感測器(傳感器)是一種物理裝置或生物器官,能夠探測、感受外界的信號、物理條件(如光、熱、濕度)或化學組成(如煙霧),並將探知的信息傳遞給其他裝置或器官。感測器的作用是將一種能量轉換成另一種能量形式,所以不少學者也用「換能器-Transducer」來稱謂「感測器-Sensor」

前言

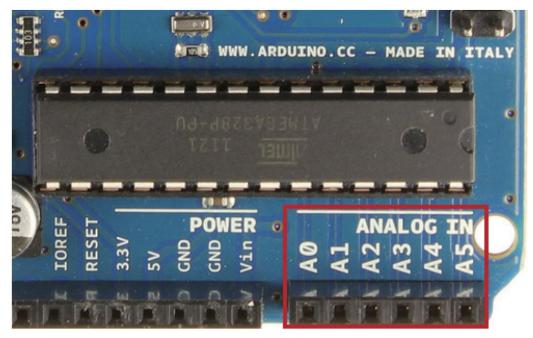
NTU CSIE

數位訊號我們指的是單純的兩種狀態變化,例如門的開關、燈的亮暗,就像是太極符號中的黑與白,填滿了整個圓,在數位的世界裡是容不下第三者的,數位的世界是兩者對立的。

類比訊號則完全顛覆了數位世界,例如夕陽的餘暉下,左邊增一些黃,右邊畫一筆白,整個遠方的天空隨著時間的漂移,時時刻刻都有不一樣的感覺。一整天的天際從鵝肚白到滿天星際,千百種的形容與感覺。



Arduino上還有類比訊號的偵測腳位,我們可以經由這些接腳來感應外在的物理世界變化。



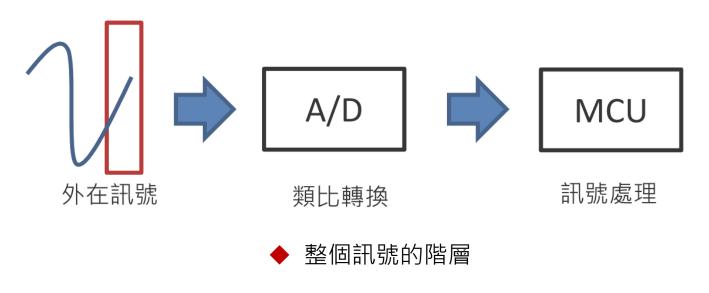
◆ Arduino類比訊號腳位

因為類比訊號是Analog Signal,在板子上可以看到ANALOG IN的標記, 有A0到A5共六隻的類比訊號輸入腳位。

NTU CSIE

電壓訊號的量測

微控制器的接腳都是電壓的介面,包含通訊也是電壓訊號的變化來讓另一台設 備能夠接收到訊息的轉換。



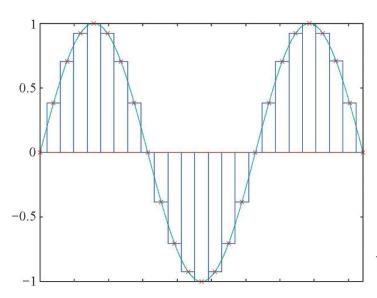
數位訊號中,我們透過每一固定長度的**0**和1的變化組合成字元, 再解析成文字訊息。

類比訊號中,靠的是所謂的解析度。解析度(resolution)是指Arduino或是一

個設備可以感知到的細節。 U CSIE

解析度

所有的電腦和微處理器的核心都只能處理數位訊號,類比訊號在這樣一個數位訊號的世界裡變形為一種變化的形式,這樣的訊號不再是連續的,不同時間點上的訊號值被劃分到臨近的變化值上,因此實際中的真實值不能在曲線中完全實作,數位訊號與真實值存在一定的偏差。

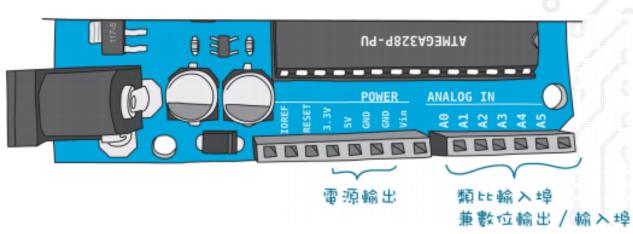


◀數位訊號世界裡的類比訊號

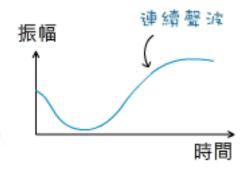


讀取類比值

對Arduino而言,類比資料就是0V到5V之間的電壓變化值,例如:0.8V, 2.7V, 3.6V, ...。

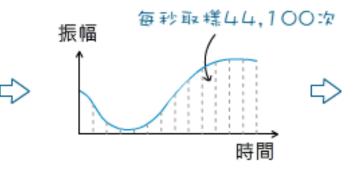


類比轉成數位的過程

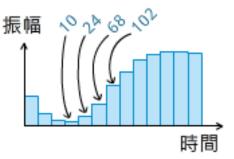


原始聲音輸入訊號

讀取類比值的語法



取樣(Sampling)



量化 (Quantization)

int val = analogRead(類比腳位);

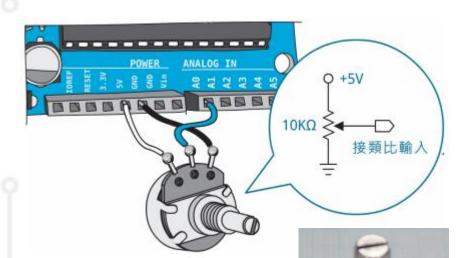


可能值為0~1023

可能值為AO~A5 (Leonardo板則是AO~A11)

從序列埠讀取類比輸入值

用可變電阻建立一個「電壓調節器」,讓輸出電壓隨著電阻值的變化而改變,藉以模擬類比資料。



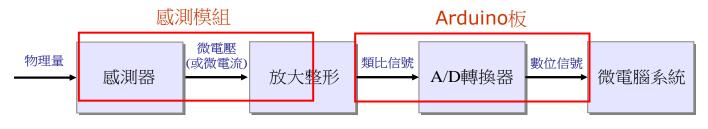
```
const byte potPin = A0;
int val;

void setup() {
   Serial.begin(9600);
}

void loop() {
   val = analogRead(potPin);
   Serial.println(val);
   delay(500);
}
```



認識類比/數位(A/D)轉換



數位應用系統

感測器

感測器的功用是將物理量轉換成電氣信號,著重在轉換特性、精確度、線性度 與可靠性。隨著不同的環境與應用而有不同的形狀,感測輸出有電壓、電流或電阻 等三種形式,如果是電流或電阻輸出,必須先轉換成電壓信號。通常由感測器轉換 輸出的電壓或電流都很小,都必須再將輸出信號放大,才能實際應用。

放大整形

因為感測器的輸出電壓或電流通常很小,所以必須加以放大、整形、溫度補償等,才能得到準位明確的信號。常使用的放大整形元件為運算放大器(operational amplifier,簡記 OPA)。

認識類比/數位(A/D)轉換

- □ A/D轉換器的功用是將類比信號(通常是電壓)轉成數位信號,著 重在精確度、解析度與轉換速度
- □ 在Arduino UNO等標準板子上,有6個類比輸入接腳A0~A5。
- □ Arduino Mini和Nano板子有8個類比輸入接腳A0~A7。
- □ Arduino Mega板子則有16個類比輸入接腳A0~A15。
- □ Arduino內建10位元A/D轉換器,會將類比輸入電壓0~5V轉換成0~1023數位值,可以使用analogRead()函式讀取數位值。
- 至少需100μS的時間來讀取類比輸入,所以最大讀取速率是每秒 10000次。

函式說明

analogRead()函式

analogRead()函式功用是將類比輸入腳電壓 $0\sim5V$ 轉換成數位值 $0\sim1023$,只有一個參數 pin 可以設定,在 UNO 板子 pin 值為 $0\sim4$,在 Mini 和 Nano 板子的 pin 值為 $0\sim7$,在 Mega 板子的 pin 值為 $0\sim15$ 。 analogRead()函式的傳回值為整數 $0\sim1023$ 。

格式: analogRead(pin)

範例: int val;

val=analogRead(0);

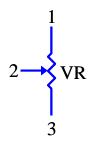
//讀取 AO 腳類比輸入電壓並轉成數位值。

讀取類比電壓值

□ 功能說明:

使用 Arduino 板讀取類比電壓值,並顯示於 Serial Monitor 視窗。電壓值可以由如圖 8-2 所示可變電阻(variable resistance,簡記 VR)第 2 腳調整輸入,第 1 腳接+5V 電源,第 3 腳接地。當可變電阻旋轉向上時,電壓值增加,最大值為+5V,當可變電阻旋轉向下時,電壓值減少,最小值為 0V。





(a) 元件

(b) 符號

可變電阻

□ 電路圖及麵包板接線圖:

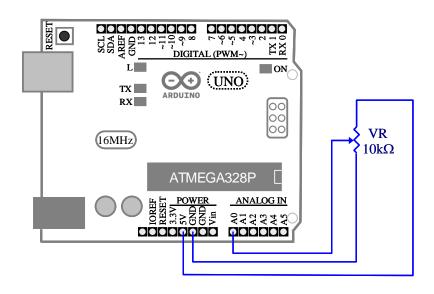


圖 8-3 讀取類比電壓值實習電路圖

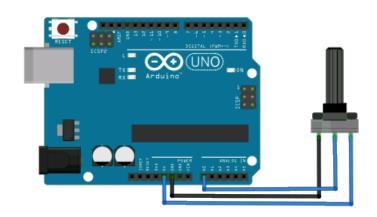


圖 8-4 讀取類比電壓值實習麵包板接線圖

□ 程式: 🚺 I301.ino

```
//使用 5V 參考電壓的 Arduino 板。
const int refVolts=5;
                                    //數位值。
int val;
                                    //類比電壓。
float volts;
void setup()
   Serial.begin(9600);
                                    //初始化串列埠,傳輸速率為 9600 baud。
void loop()
                                    //讀取類比值電壓。
   val=analogRead(0);
                                    //將數位值轉成類比值。
   volts=(float)val*refVolts/1024;
   Serial.print("voltage=");
                                    //印出"voltage="。
   Serial.print(volts,2);
                                    //印出類比電壓值。
   Serial.println("V");
                                    //印出"V"。
                                    //延遲1秒。
   delay(1000);
```

回家/課堂 小練習

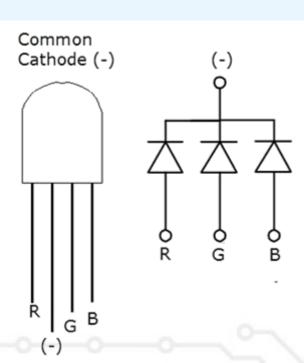
無細

- 1·設計 Arduino 程式,使用 Arduino 板讀取兩個類比電壓值,並顯示於 Serial Monitor 視窗。
- 2·設計 Arduino 程式,使用 Arduino 板讀取類比電壓值,並顯示於 Serial Monitor 視窗。 當類比電壓大於 2.5V 則 LED 亮,否則 LED 不亮。

Hint:

pinMode(pin, OUTPUT/INPUT)
digitalWrite(pin, HIGHT/LOW)

analogWrite(pin, value)



函式說明

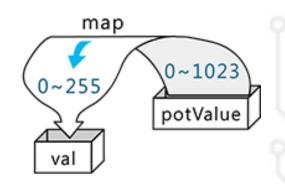
map()函式

map()函式功用是改變整數數值 value 的上下限範圍,由原來的下限 fromLow 變成新的下限 toLow,由原來的上限 fromHigh,變成新的上限 toHigh。

格式: map(value, fromLow, formHigh, toLow, toHigh)

範例: value=map(value,0,1023,0,100); //value 由原來範圍 0~1023 轉成 0~100。

輸入範圍 調整的範圍 調整結果 = map(原始變數, 起始值, 結束值, 起始值, 結束值); byte val = map(potValue, 0, 1023, 0, 255);

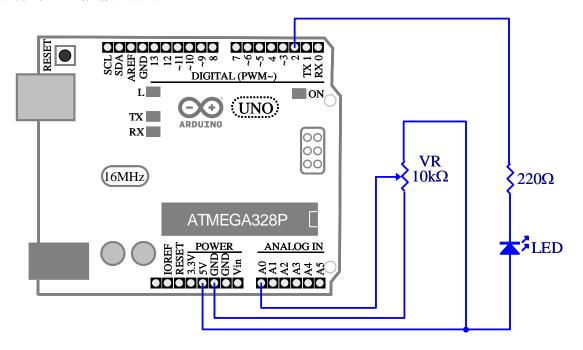


電位器控制 LED 閃爍速度實習

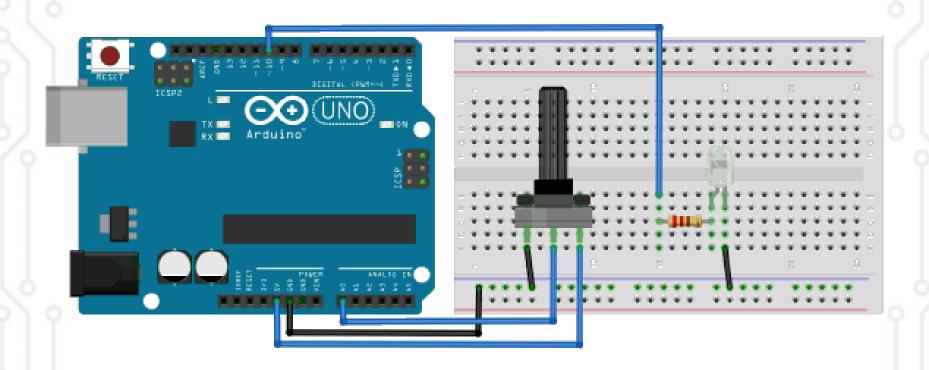
□ 功能說明:

使用 Arduino 板讀取類比電壓值,控制 LED 閃爍速度。當類比電壓值愈小時, LED 閃爍速度愈慢,當類比電壓值愈大時, LED 閃爍速度愈快。

□ 電路圖及麵包板接線圖:



電位器控制 LED 閃爍速度電路圖



電位器控制LED閃爍速度麵包板接線圖

□ 程式: I302.ino

```
//LED 連接至數位接腳 2。
const int led=2;
int val;
                                     //數位值。
void setup()
   pinMode(led,OUTPUT);
                                     //設定數位接腳 2 為輸出模式。
                                     //LED 暗。
   digitalWrite(led, HIGH);
void loop()
   val=analogRead(0);
                                     //讀取類比輸入電壓並轉換成數位值。
   val=map(val, 0, 1023, 1000, 100);
                                     //重新調整數位值範圍。
                                     //關閉 LED。
   digitalWrite(led, HIGH);
                                     //延遲。
   delay(val);
                                     //點亮 LED。
   digitalWrite(led,LOW);
   delay(val);
                                     //延遲。
```

回家/課堂 小練習

無紹

- 1·設計 Arduino 程式,使用 Arduino 板讀取類比電壓值,控制 LED 閃爍速度。當類比電壓值愈小時,LED 閃爍速度愈快,當類比電壓值愈大時,LED 閃爍速度愈慢。
- 2·設計 Arduino 程式,使用 Arduino 板讀取類比電壓值,控制 LED 亮度。當類比電壓值 愈小時,LED 較暗,當類比電壓值愈大時,LED 較亮。

LED 數位電壓表實習

□ 功能說明:

使用 Arduino 板讀取類比電壓值 $0\sim5V$,並以如圖 8-7 所示之 10 個 LED 排 (bar) 顯示對應的類比電壓值,每個 LED 代表 0.5V 電壓刻度。例如類比電壓 為 3V,則點亮 6 個 LED。



LED 排

□ 電路圖及麵包板接線圖:

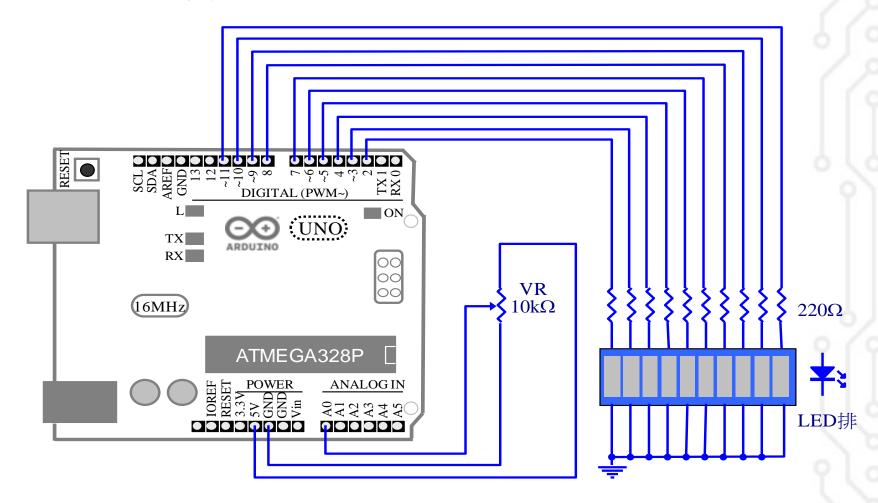
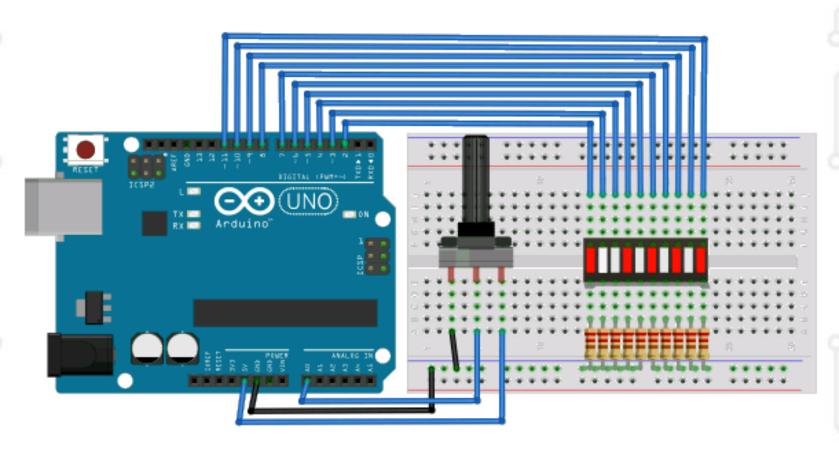


圖 8-8 LED 數位電壓表實習電路圖



LED數位電壓表實習麵包板接線圖

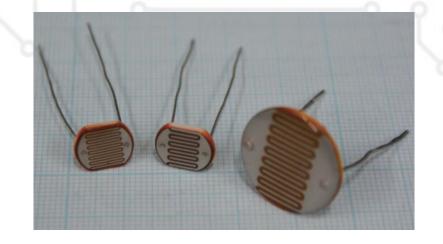
□ 程式:🌄 I303.ino

```
const int led[10]={2,3,4,5,6,7,8,9,10,11}; //數位接腳 2~11 連接 LED。
                                           //索引值。
int i;
int val;
                                           //類比值。
void setup()
                                           //設定數位接腳 2~11 為輸出模式。
   for(i=0;i<10;i++)
      pinMode(led[i],OUTPUT);
void loop()
                                           //讀取類比值。
   val=analogRead(0);
                                           //將 0~1023 類比值轉換成 0~9。
   val=map(val, 0, 1023, 0, 9);
                                           //設定編號 0~val 的 LED 亮。
   for (i=0; i<=val; i++)
      digitalWrite(led[i], HIGH);
   for(i=val+1;i<10;i++)
                                           //設定編號 val+1~9 的 LED 暗。
      digitalWrite(led[i],LOW);
```

編留

- 1 · 設計 Arduino 程式,使用 Arduino 板讀取類比電壓值 $0\sim5V$,並以 10 個 LED 排閃爍顯示對應的類比電壓值,每個 LED 代表 0.5V 電壓刻度。
- 2·設計 Arduino 程式,使用 Arduino 板讀取類比電壓值 0~5V,並以 10 個 LED 排單燈 顯示對應的類比電壓值,每個 LED 代表 0.5V 電壓刻度。
- 3.請設計一電路,可量一3號電池之電壓,以5顆LED顯示其剩餘電量(電壓)。

光線偵測實習



□ 功能說明:

使用 Arduino 板配合光線偵測元件偵測光線的強弱,並以 LED 指示光線的強弱。當光線轉暗時,點亮 LED,當光線轉強時,關閉 LED。如圖 8-10 所示光敏電阻(light dependent resistor,簡記 LDR 或 CdS)是最簡單的光線偵測元件。當光線愈強,光電流愈大,其內部電阻愈小,最小的電阻稱為亮電阻。在完全沒有光線照射狀態下則稱為暗電阻。本例 CDS 亮電阻約 170 Ω ,暗電阻約 $5M\Omega$ 。



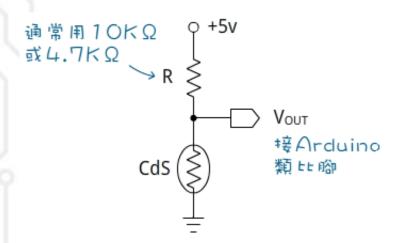
(a) 元件



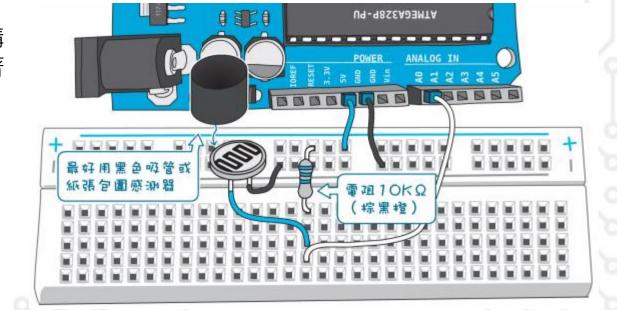
(b) 符號

光敏電阻

使用光敏電阻製作小夜燈

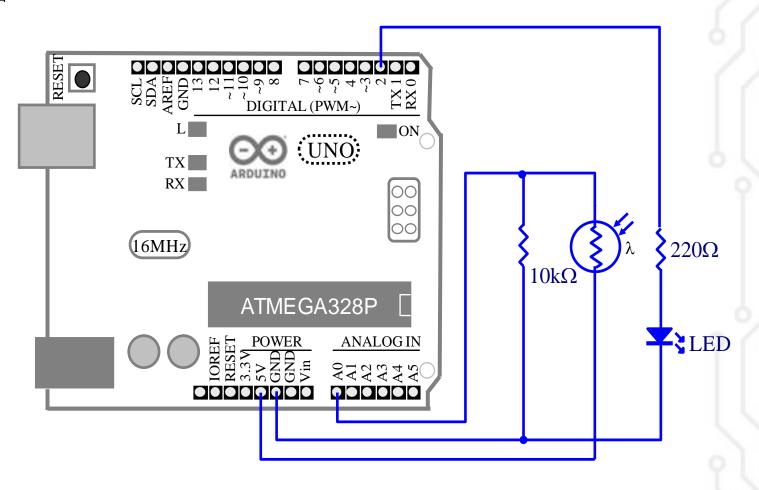


使用光敏電阻和另一個電阻構成分壓電路;光敏電阻會隨著 光線變化改變阻值。

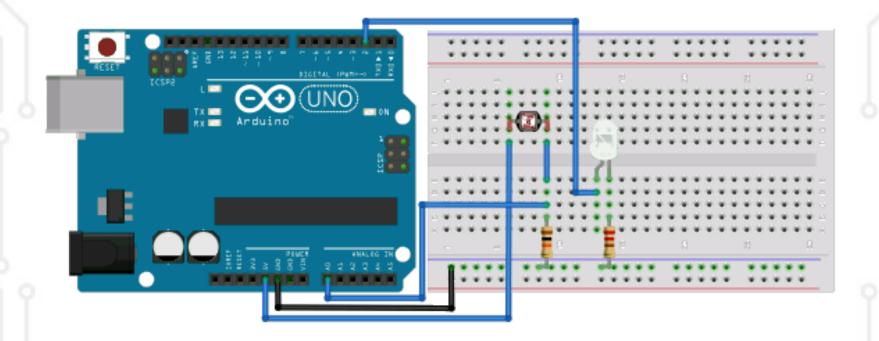




□ 電路圖:



光線偵測實習電路圖



光線偵測實習麵板包接線圖

程式: 🚺 I304.ino const int cds=0; //CdS 連接至類比接腳 0。 const int led=2; //LED 連接至數位接腳 2。 //數位值。 int val; //類比輸入電壓值。 float volts; void setup() //設定數位接腳 2 為輸出模式。 pinMode(led,OUTPUT); digitalWrite(led, HIGH); //關閉 LED。 void loop() //讀取類比輸入電壓值。 val=analogRead(cds); if (val>512)//先實際測試現場亮度再決定數值 //光線較亮? //光線較亮,則關閉 LED。 digitalWrite(led,LOW); //光線較暗。 else digitalWrite(led, HIGH); //光線較暗,則點亮 LED。

回家/課堂 小練習

練躍

- 1.設計 Arduino 程式,使用 Arduino 板配合 CDS 元件偵測光線的強弱,並以 LED 指示光線的強弱。當光線轉暗時,閃爍 LED,當光線轉強時,關閉 LED。
- 2.設計 Arduino 程式,使用 Arduino 板配合 CDS 元件偵測光線的強弱,並以三個 LED 指示光線的強弱。當光線轉暗時,只有 LED1 亮;當光線介於全暗與全亮之間時,只有 LED2 亮;當光線轉強時,只有 LED3 亮。

Hint. 可使用if-else if 語法

```
if(條件1)
                            //條件1成立?
                            //條件1成立,執行敘述1。
   //敘述1;
else if(條件2)
                            //條件2成立?
                            //條件2成立,執行敘述2。
   //敘述2;
else if(條件3)
                            //條件3成立?
                            //條件3成立,執行敘述3。
   //敘述3;
                            //條件1、2、3 皆不成立。
else
                            //條件1、2、3 皆不成立,執行敘述4。
   //敘述 4;
```

認識紅外線

可見光、紅外線和電波,都是電磁波的一種。

靠近電磁波部分的遠紅外線,是一種熱能;凡是會產生熱能的物體,都會散發紅外線,溫度不同,「波長」也不一樣,人體在常溫下所釋放的紅外線波長約 $10\mu m$ (微米) 。

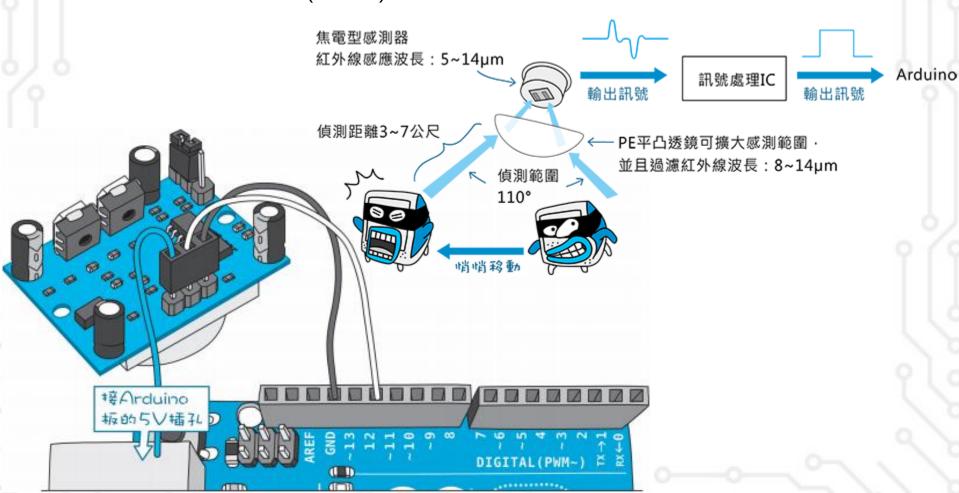
| 名 稱 | 用 途 |
|------|----------------------------|
| 可見光 | 眼睛可見的電磁波 |
| 红外線光 | 光通信、雷射加工 |
| | 70 AZ III - III 33 73 II - |
| | 可見光 |



3000MHz (3GHz) - 10cm

人體紅外線感測器

人體紅外線感測器相當於電子開關,平常輸出低電位(OV),偵測到人體移動時,變成高電位(3.3V)。



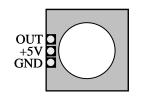
移動偵測實習



□ 功能說明:

使用 Arduino 板配合移動偵測器偵測人或動物的移動,當有人靠近時,閃爍 LED,當無人靠近時,關閉 LED。如圖 8-13 所示為 Prarallax 公司生產的被動式紅外線感測器#555-28027 (Passive Infra-Red,簡記 PIR),有+5V、GND、OUT等三支腳,有效偵測範圍可達 20 呎。PIR 元件的正常狀態為 LOW,有兩種觸發模式可以選擇:一個模式是 PIR 受到觸發時,OUT 輸出腳會維持在 HIGH狀態(短路夾連接至 H),另一個模式是 PIR 受到觸發時,會先短暫維持在 HIGH狀態,然後再變成 LOW 狀態 (短路夾連接至 L)。

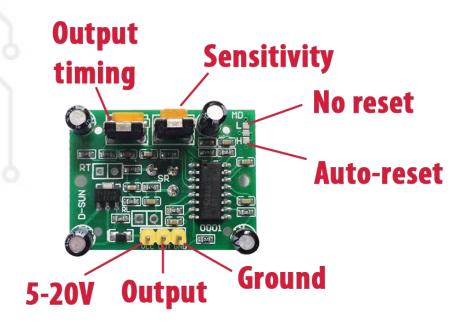


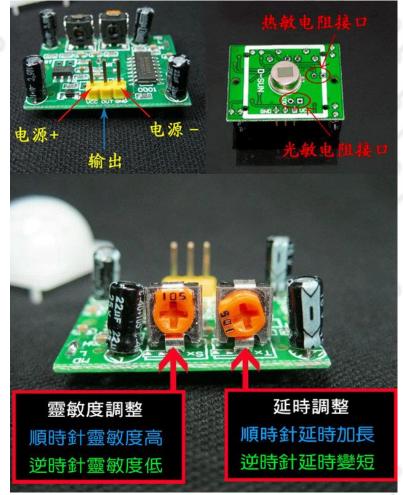


(a) 元件

(b) 符號

HC-SR501





Ground: Connect to your Ground or 0V

Output: High 3.3V - Low 0V

5-20V: Connect to your power supply positive voltage -

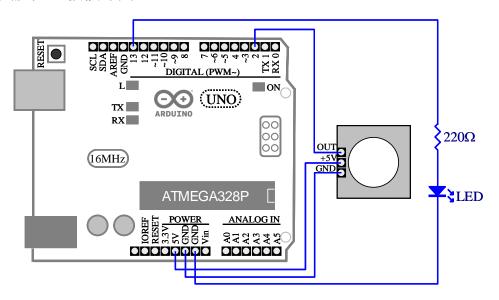
between 5V and 20V

Detection Range: 7m Approx.

Detection Angle: 120 Degrees Approx.

NTU CSI

□ 電路圖及麵包板接線圖:



移動偵測實習電路圖



移動偵測實習麵包板接線圖

□ 程式: 🕻 I305.ino

```
//LED 連接至數位腳 13。
const int led=13;
                                     //PIR 感測器輸出接至數位腳 2。
const int PIRout=2;
void setup()
   pinMode(led,OUTPUT);
                                     //設定數位腳13為輸出模式。
   pinMode(PIRout, INPUT);
                                     //設定數位腳 2 為輸入模式。
void loop()
                                     //讀取 PIR 狀態 (PIR 短路夾連接至 H)。
   int val=digitalRead(PIRout);
                                     //PIR 輸出狀態為 HIGH (有物體移動)?
   if (val==HIGH)
                                     //閃爍 LED。
      digitalWrite(led, HIGH);
                                     //點亮 LED 50ms。
      delay(50);
      digitalWrite(led,LOW);
                                     //關閉 LED 50ms。
      delay(50);
   else
                                     //PIR 輸出狀態為 LOW。
      digitalWrite(led,LOW);
                                     //關閉 LED。
```

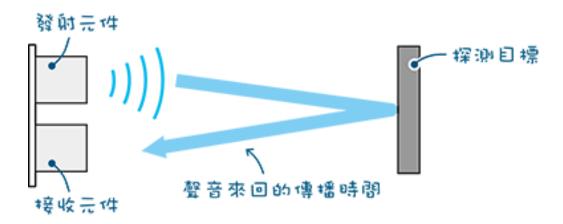
回家/課堂 小練習

練習

- 1.設計 Arduino 程式,使用 Arduino 板配合移動偵測器偵測人或動物的移動,當有人靠近時,點亮 LED,當無人靠近時,關閉 LED。
- 2·設計 Arduino 程式,配合移動偵測器設計自動小夜燈,當有人靠近時,點亮 LED 20 秒後關閉,當無人靠近時,關閉 LED。 (晚上)

認識超音波

高於人耳可聽見的最高頻率以上的聲波,稱為超音波。



從聲音的傳播速度和傳播時間,可求出距離,而物體的實際距離是傳播時間的一半,從此可求得1公分距離的聲波傳遞時間約為58μs(微秒):

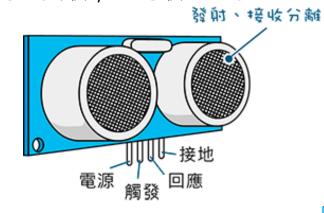
時間 ≈ 58.1 × 10-6 秒 ~

(單越):58.1 µs

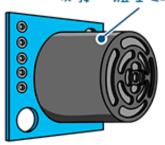


超音波感測器元件簡介

超音波感測器模組上面通常有兩個超音波元件,一個用於發射,一個用於接收;也有收發一體型。



收發一體型超音波元件



在「觸發」腳位輸入10 微秒以上的高電位,即 可發射超音波;

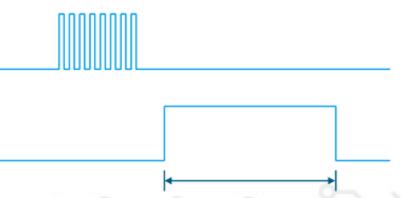
模組內部自動 發出的訊號

Trig腳位的

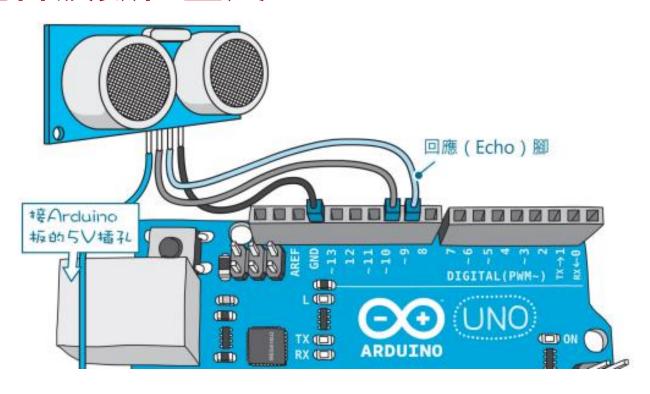
觸發訊號

發射之後,接收到傳回的超音波之前,「回應」 別位將呈現高電位。

Echo腳位的 回應訊號



超音波數位量尺



藉由測量脈衝時間長度的pulseIn()函數,可得知超音波的回應時間並藉此計算距離。

// 將第9腳的高脈衝時間存入變數d

unsigned long d = pulseIn(9, HIGH);





函式說明

pulseIn()函式

pulseIn()函式功用是讀取上一個指定數位接腳的脈波寬度。有 pin、value、timeout 等三個參數可以設定,pin 參數設定所要讀取脈波的數位接腳,value 參數設定脈波的讀取類型:高電位(HIGH)或低電位(LOW),timeout 參數設定讀取脈波寬度的等待時間,預設值是 1 秒。pulseIn()函式的傳回值為所要讀取脈波類型的寬度,單位為微秒(μs),資料型態為 unsigned long。如果同時設定超時等待時間,超時(timeout)後仍然沒有脈波產生,則傳回值為 0。此函式可以讀取的脈波長度從 10 微秒到 3 分鐘。

格式: pulseIn(pin, value, timeout)

範例: unsigned long duration;

duration=pulseIn(3,HIGH);

//讀取數位接腳 3 脈波信號高電位的寬度。

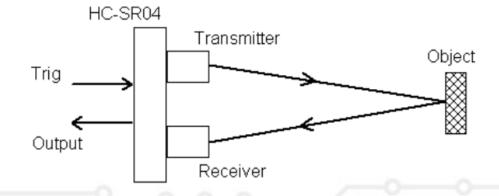
HC-SR04

- HC-SR04 是一個超音波感測器
- 探測的距離為 2cm-400cm
- 精度為 0.3 cm
- 感應角度為 15 度
- HC-SR04 總共只有 4 支接腳。

HC-SR04 Arduino

| Vcc | +5V |
|------|------|
| Trig | GPIO |
| Echo | GPIO |
| GND | GND |







實作練習 Pin 2 4.000 Pin 3 GND 4.000

```
#define TRIGPIN 2
#define ECHOPIN 3
                                               I306.ino
#define LED1 12
#define LED2 13
 long ping() {
                                     void loop() {
   digitalWrite(TRIGPIN, LOW);
                                       long cm = ping();
   delayMicroseconds(2);
                                       Serial.println(cm);
   digitalWrite(TRIGPIN, HIGH);
   delayMicroseconds(10);
                                       if (cm <= 100) {
   digitalWrite(TRIGPIN, LOW);
                                         digitalWrite(LED1, HIGH);
   return pulseIn(ECHOPIN, HIGH)/58;
                                         delay(cm*1.5 + 10);
                                         digitalWrite(LED1, LOW);
                                         digitalWrite(LED2, HIGH);
 void setup() {
                                         delay(cm*1.5 + 10);
   Serial.begin(9600);
                                         digitalWrite(LED2, LOW);
   pinMode(TRIGPIN, OUTPUT);
   pinMode(ECHOPIN, INPUT);
   pinMode(LED1, OUTPUT);
                                       delay(100);
   pinMode(LED2, OUTPUT);
```

回家/課堂 小練習

編習

- 1.設計 Arduino 程式,使用 Arduino 板配合 超音波距離感測器測量物體的距離 (單位:公分),以 Serial Monitor 視窗顯示距離,並控制一個 LED 閃爍速度,距離愈近,則 LED 閃爍速度愈快。
- 2·設計 Arduino 程式,使用 Arduino 板配合 超音波距離感測器測量物體的距離 (單位:公分),以 Serial Monitor 視窗顯示距離,並控制一個 LED 閃爍速度及一個蜂鳴器嗶聲,距離愈近,則 LED 閃爍速度愈快且蜂鳴器嗶聲愈急促。

回家作業

測距離音樂盒 - 請用超音波距離感測器, 測量物體的距離

- 1~5cm 播放小蜜蜂
- 5~10cm 播放小星星
- 超過10cm 播放其它任何你喜歡的曲目



另一種感測器

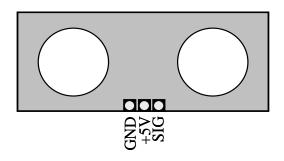
距離測量實習—使用 PING)))超音波距離感測器

□ 功能說明:

使用 Arduino 板配合 PING)))超音波距離感測器測量物體的距離(單位:公 分),以Serial Monitor 視窗顯示距離,並控制一個 LED 閃爍速度,距離愈近, 則 LED 閃爍速度愈快。如圖 8-16 所示為 Prarallax 公司生產的 PING)))超音波 距離感測器(#28015),依序有 SIG、+5V、GND 等三支腳,有效距離測量節 圍從 2 公分到 3 公尺。首先 Arduino 必須先產生至少維持 2 微秒 (典型值 5 微 秒) HIGH 的脈波至 PING)))超音波距離感測器的 SIG 腳, 然後感測器會發射 200μs@40kHz 的超音波信號至物體端,當超音波信號經由物體反射回到感測器 時,感測器會由 SIG 腳再傳一個 PWM 信號給 Arduino 板,且 PWM 信號脈寬 與音波傳遞來回距離成正比,單位為微秒。音波速度每秒340公尺,約等於每 公分 29 微秒,因此來回的總距離=脈寬時間/29,則單程距離(單位公分)=脈 實時間/29/2。



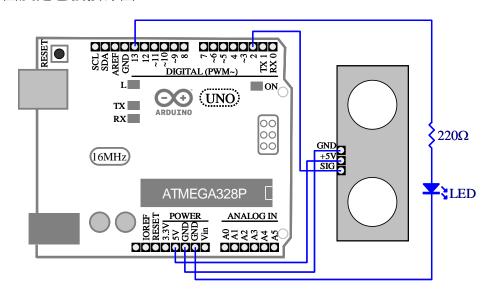
(a) 元件



(b) 符號

PING)))超音波感測器

實作練習圖及麵包板接線圖:



PING)))距離測量電路圖



PING)))距離測量麵包板接線圖

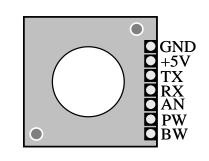
💶 程式:🌄 I307.ino

```
const int led=13;
                                    //LED 連接至數位接腳 13。
const int sig=2;
                                    //PING))) 連接至數位接腳 2。
void setup()
   Serial.begin(9600);
                                    //初始化串列埠,設定鮑率 9600bps。
                                    //設定數位接腳13為輸出模式。
   pinMode(led,OUTPUT);
   digitalWrite(led, HIGH);
                                    //關閉 led。
void loop()
                                    //距離(單位:公分)。
   unsigned long cm;
                                    //設定數位接腳2為輸出模式。
   pinMode(sig,OUTPUT);
   cm=ping(sig);
                                    //讀取物體距離。
                                    //顯示"distance="字元。
   Serial.print("distance=");
   Serial.print(cm);
                                    //顯示物體距離。
   Serial.println("cm");
                                    //顯示"cm"字元。
                                    //距離愈近,LED 閃爍速度愈快。
   digitalWrite(led, HIGH);
                                    //延遲。
   delay(cm*10);
   digitalWrite(led,LOW);
   delay(cm*10);
```

```
int ping(int sig)
                                    //距離(單位:公分)。
  unsigned long cm;
                                    //脈寬(單位:微秒)。
  unsigned long duration;
                                    //設定數位接腳 2 為輸出模式。
  pinMode(sig,OUTPUT);
                                    //輸出脈寬 5µs 的脈波啟動 PING)))。
   digitalWrite(sig,LOW);
  delayMicroseconds (2);
   digitalWrite(sig, HIGH);
  delayMicroseconds (5);
   digitalWrite(sig,LOW);
                                    //設定數位接腳 2 為輸入模式。
  pinMode(sig,INPUT);
                                    //讀取與物體距離成正比的脈波 HIGH 時間。
  duration=pulseIn(sig, HIGH);
                                    //計算物體距離(單位:公分)。
   cm=duration/29/2;
                                    //傳回物體距離(單位:公分)
  return cm;
```

感測器介紹



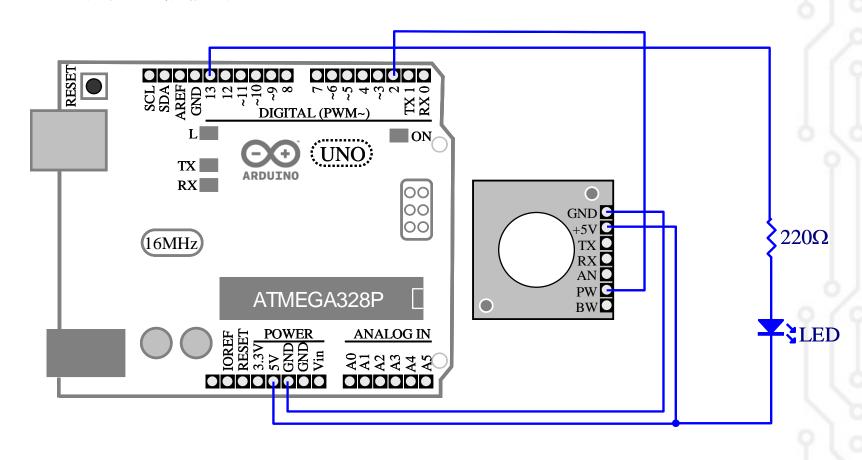


(a) 元件

(b) 符號

EZ1 超音波感測器

□ 電路圖及麵包板接線圖:



EZ1 距離測量電路圖