

屏東縣第 65 屆中小學科學展覽會 作品說明書

科 別： 生活與應用科學科(一)

組 別： 國中組

作品名稱： 驗電筆 --- 火線檢測器

關 鍵 詞： 驗電筆、火線、Arduino

編號： B6011

摘要

家用交流電中有火線、中性線、地線。其中火線帶電有觸電危險。我們研究驗電筆的原理，根據原理，利用氬燈製作了接觸型驗電筆。利用Arduino、達靈頓電路製作了兩種非接觸型驗電筆。

壹、研究動機

在生活科課時講到維修電器用品，我們常把電源關掉後再用三用電表量交流電源出來的兩條電線，只要電壓為零，我們就認為是安全的。實際上是這樣的嗎？生活科技課時講到用電安全，介紹了火線、中性線、地線。中性線及地線是不帶電的，很安全，但火線是帶電的，很危險，不小心會有觸電的危險。課堂上我們學會利用三用電表量測交流電壓。但三用電表量測出來交流電壓為零不一定是安全的，火線帶電和地線有電壓差，依舊存在著觸電的危險。開關關掉是把火線斷開，但如果開關接錯，斷開的是中性線，平常也會電人，維修時更有觸電的危險。如何知道哪一條是火線？於是我們研究接觸型驗電筆的原理，利用氬燈加上電阻就可以自製接觸型驗電筆。我們也研究非接觸型驗電筆的原理，利用Arduino感應線遠離火線、接近火線時產生微小的感應電流造成的電壓變化製作非接觸型驗電筆。生活科技課本上又講到了電晶體，電晶體可以感應微小的電流產生大的電流，於是我們搜尋網路資料，利用達靈頓電路製作非接觸型驗電筆。

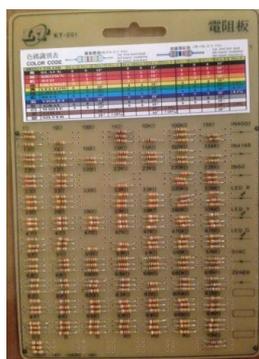
貳、研究目的

- 一、研究火線、中性線、地線。
- 二、研究及製作接觸型驗電筆。
- 三、利用三用電表量測火線、中性線。
- 四、研究及利用Arduino製作非接觸型驗電筆。
- 五、研究及利用達靈頓電路製作非接觸型驗電筆。

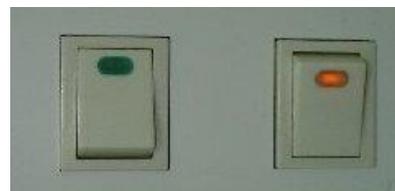
參、研究設備及器材



氙燈



各種電阻



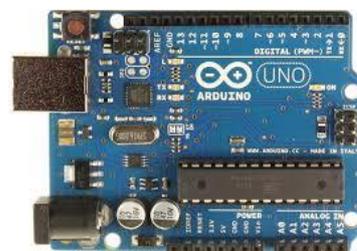
星光開關



三用電表



麵包板



Arduino UNO



9013 電晶體



發光二極體



示波器



3號電池



5 V 行動電源



電線

肆、研究過程及方法

研究一：交流電

你家的火線和中性線有接錯嗎？

插座上面長短不一樣，你知道差別嗎？

使用延長線時，你有接錯嗎？

你了解電線嗎？

你知道電線有哪些種類嗎？火線、中性線、地線各是什麼用途？

單相三線是指二條火線外加一條中性線

紅色/黑色：火線（110V）

在單相三線電源系統中的火線

作用：電流的來源

白色：中性線(0V)

電流回流路徑，搭配火線使用

綠色：地線（0V）

在設備、器具或配線系統線路接至接地線的導線

作用：電器漏電時，電流回流路徑，將電導入大地，避免觸電

顏色是人所賦予的，脫掉外衣，他就是一條銅線。

所以看顏色就能知道有沒有接錯嗎，其實這個答案真的”不一定”。

有一些電器上面是自帶開關的，簡單來說，上面的開關是控制火線(L)的，關閉電器上的開關，也就是斷開火線達到斷電(關閉電器)的效果。如果一不小心接反了，那麼你電器上面的開關，就變成斷開中性線(N)，這樣一來即使你關閉了電器(斷電)，雖然不形成迴路通電，但是你家的電器內部依然還是處於帶電狀態，這也就是為什麼別人家的電器都可以用很久你家的就容易壞的原因，稍不注意就很容易

發生觸電的危險或者燒毀電器內部電路，導致火災等等。而且維修電器插座、開關時，如果以為火線與中性線接線正確，但事實上接線錯誤，就有可能誤觸火線而產生危險。所以發現電器漏電了，應檢查是否有將電器正確接地、插座的火線跟中性線是否被接反了！

台灣家用常見插座

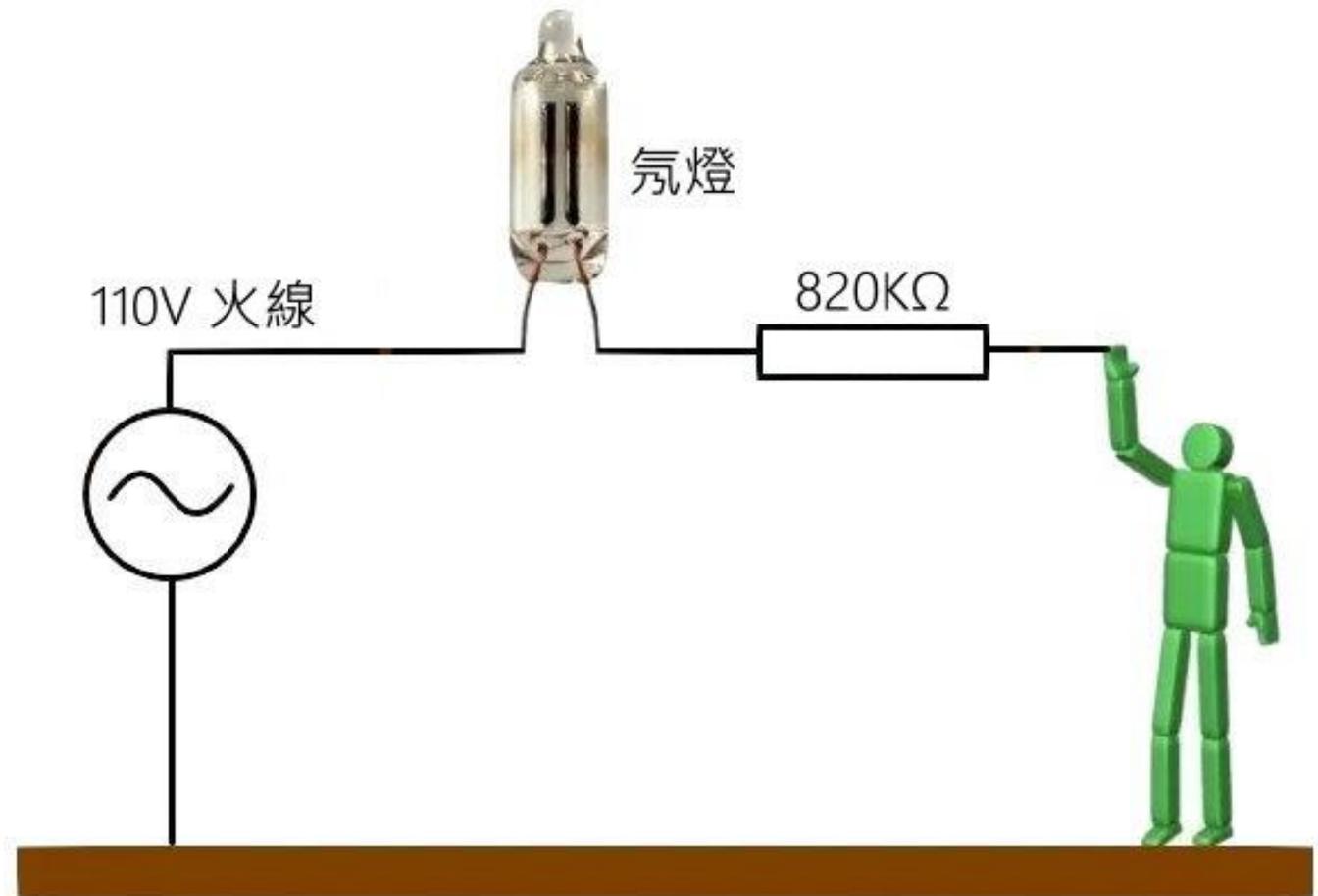
	<h2>2孔插座</h2> <h1>110V</h1>	<p>家中最常見的的插座 插座孔一長一短 短的是火線而長的是中性線</p>
	<h2>3孔插座</h2> <h1>110V</h1>	<p>安全下會採用這種三孔的插座 上方兩個一長一短的方形插孔 短的是火線而長的是中性線 半圓形的插孔為地線</p>
	<h2>T型插座</h2> <h1>220V</h1>	<p>這兩個長方孔都是火線 而半圓形的孔則為地線 這種型式插座上的電壓是220V 常見於冷氣機的插座</p>

接觸型驗電筆：驗電筆的感測點直接接觸到火線的金屬。

非接觸型驗電筆：驗電筆的感測點靠近火線，但沒有接觸到火線的金屬。

研究二：接觸型驗電筆

接觸式驗電筆裡面有顆氖燈，它有個特性是只需要很小的電流就會亮，氖燈只要 $1\mu\text{A}$ 就能點亮。

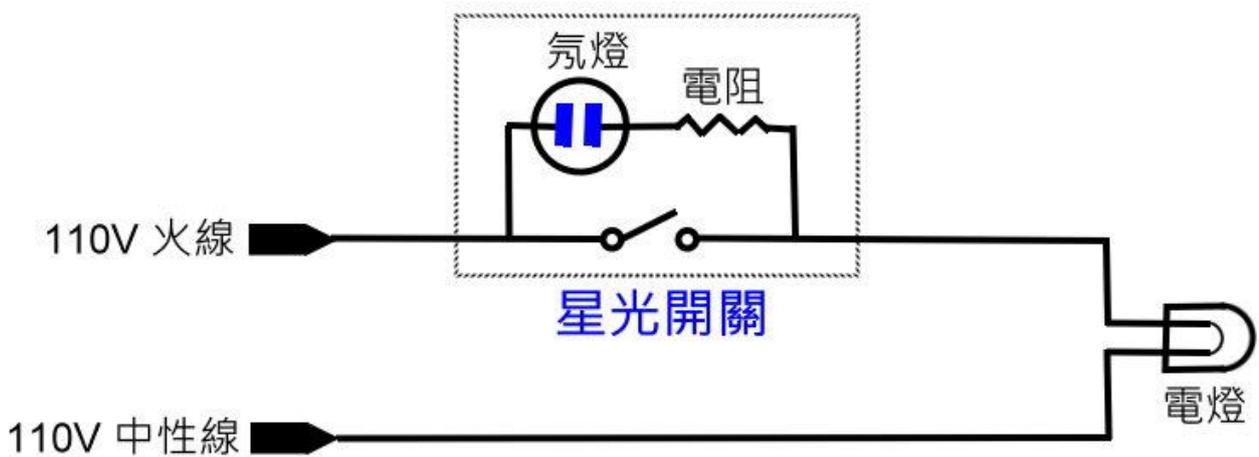


火線經過氖燈、電阻，再經由人體接觸地面形成迴路，就可以將氖燈點亮。

直接赤腳踏在地上用手碰觸，氖燈點亮。但穿著鞋子，氖燈亮度明顯降低。站在塑膠椅上，氖燈完全不亮。

將自製驗電筆一端接觸火線，用三用電表量測另一端與中性線的交流電壓差，氖燈點亮，量測電壓差為 22.6V

在尋找氙燈的用途下，我們看到了有一種單切開關叫做星光開關，電器關掉時星光開關的指示燈就亮了，上網查詢原來星光開關的指示燈也是氙燈。星光開關的原理如下：



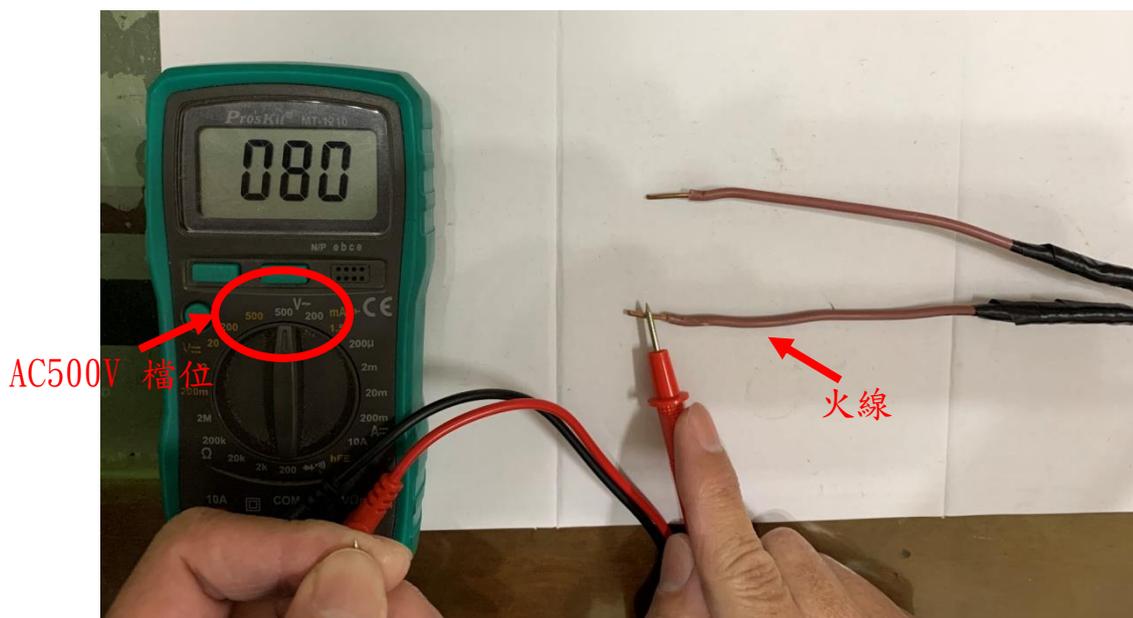
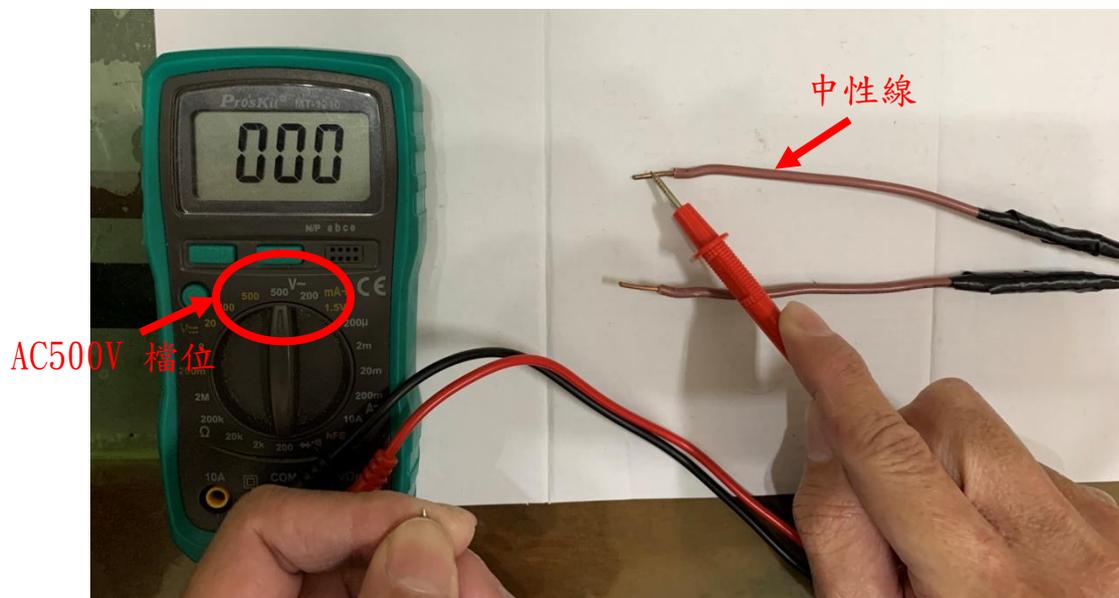
當星光開關接通時，電流直接流向電燈，電燈點亮。當星光開關斷開時，電流流經氙燈、電阻及電燈，氙燈點亮，但氙燈及電阻將110V交流電電壓降壓，造成電燈電壓不足，所以電燈不亮。但有些 LED 燈具因為微小電流流過 LED，造成 LED 有微亮的情形發生。

通過氙燈的電流很小，所以消耗的電源功率很也微小。



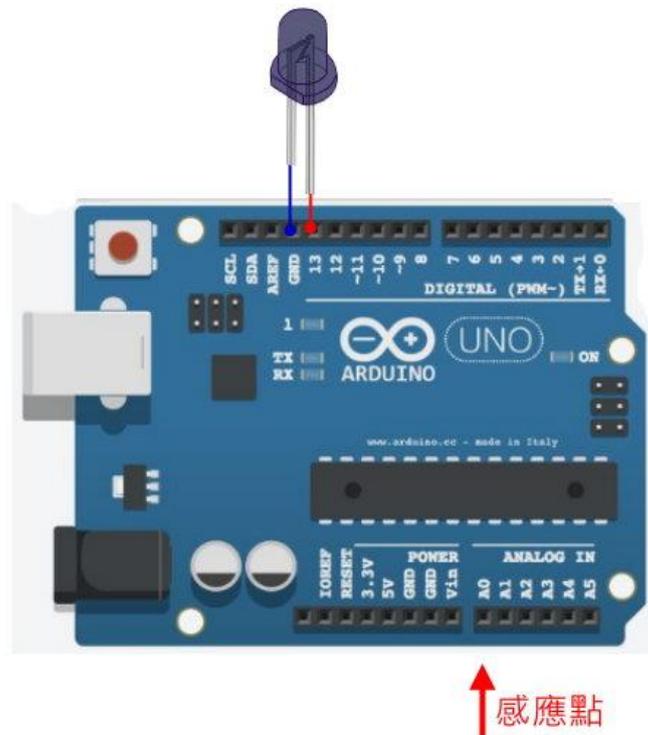
研究三：利用三用電表量測火線及中性線

- 1、將三用電表轉至 AC250V 或 AC500V 檔位。
- 2、三用電表的 2 條探針，分別接觸插座或電線兩端，確定為 110V。
- 3、三用電表任一端接觸插座一孔或電線其中一條線，一手握住三用電表另一端，電表數值較大一端為火線，較小或 0 另一端為中性線。
- 4、由於三用電表 AC250V 檔位內電阻很大，和你的身體串聯之後，三用電表的內電阻會分去大部分電壓，所以通過的電流很小，所以不會有觸電的感覺。
- 5、量測中性線時，三用電表數值為 0 或比 0 稍微大一些。
- 6、利用三用電表量測火線時，要將鞋子脫掉，因為鞋子電阻太大，測出火線的數值很小。
- 7、利用此方法量測火線，三用電表檔位務必轉至 AC250V 或 AC500V 檔位，轉錯檔位會導致三用電表燒毀及觸電的危險。



研究四：利用 Arduino 製作非接觸驗電筆

非接觸驗電筆的原理為火線帶交流電產生感應電壓，所以我們使用 Arduino 的 A0 接腳來偵測電壓變化



為了增加 A0 接腳感應面積，我們在 A0 接腳增加導線及金屬墊片。

以下的程式為讀取 A0 接腳電壓變化

```
void setup() {  
  Serial.begin(115200);    //設定與電腦通訊協定  
}  
void loop() {  
  float voltage = 5.0*analogRead(A0)/1023;    //設定voltage為浮點數，有小數點。  
  將 A0 讀回的數值(0-1023)轉換成電壓(0-5 V)  
  Serial.println(voltage, 2);    //將 voltage 的數值取小數下 2 位傳送到序列埠  
  delayMicroseconds(100);    //暫停萬分之一秒  
}
```



A0 接腳未靠近火線、未靠近中性線時電壓變化，有雜訊產生



A0 接腳靠近中性線時電壓變化

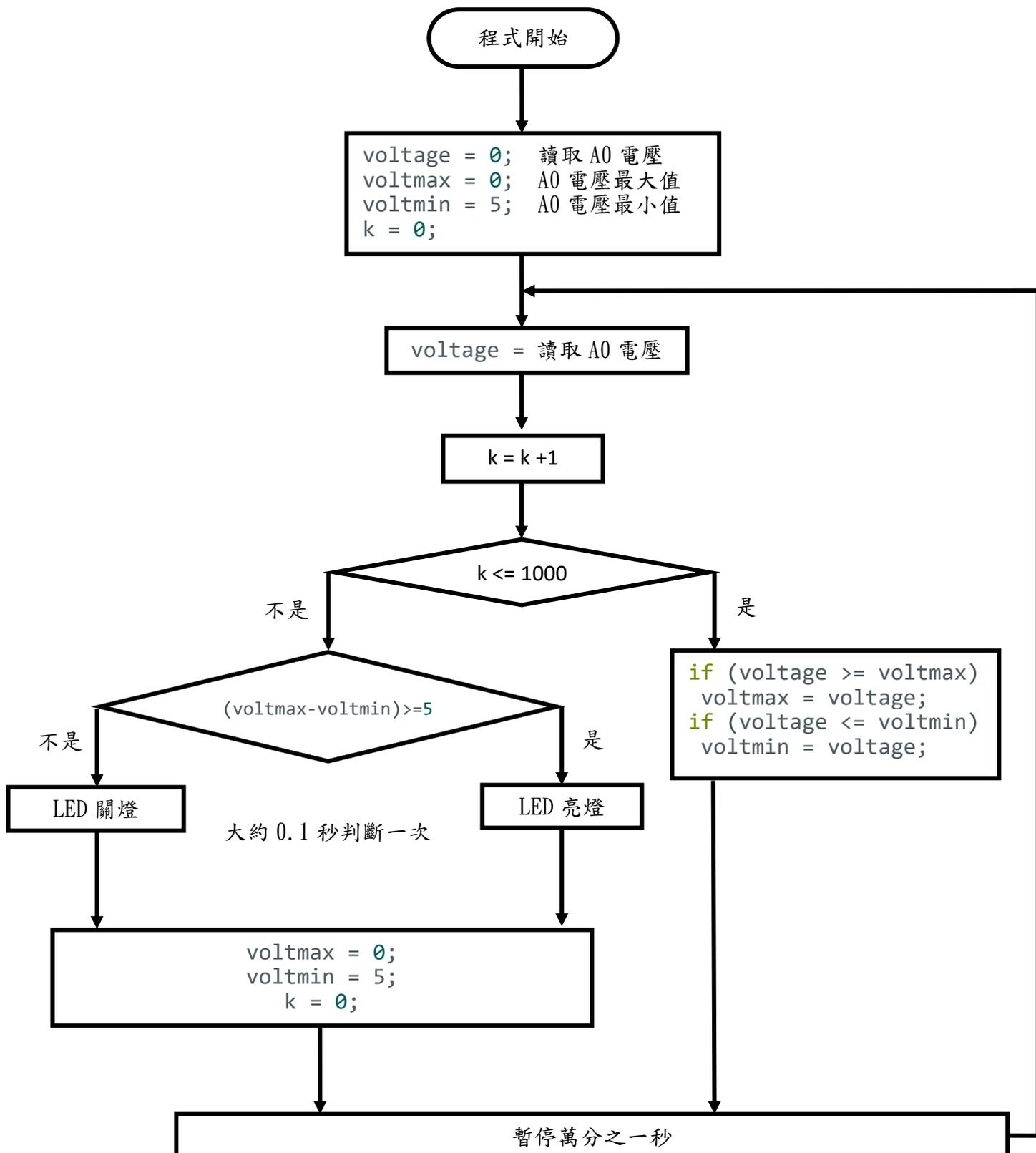


A0 接腳靠近火線時電壓變化

因為 Arduino A0 接腳最大量測值為 5V，所以接觸火線時受到火線交流電的變化產生感應電壓最大為 5V，最低為 0V。台灣交流電的頻率為 60Hz，所以一個循環為 $1/60$ 秒，大約為 0.0167 秒。所以只要在 0.0167 秒以上讀到電壓差為 5V，就可以判定為火線。

所以我們利用電壓差畫了流程圖及寫了以下程式：

流程圖



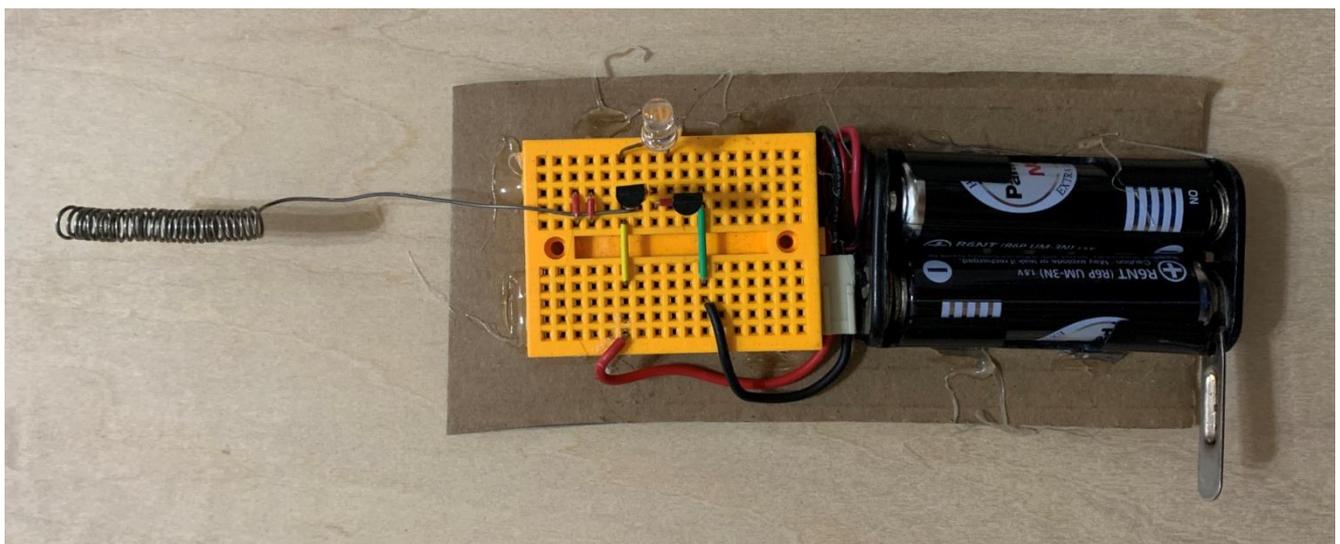
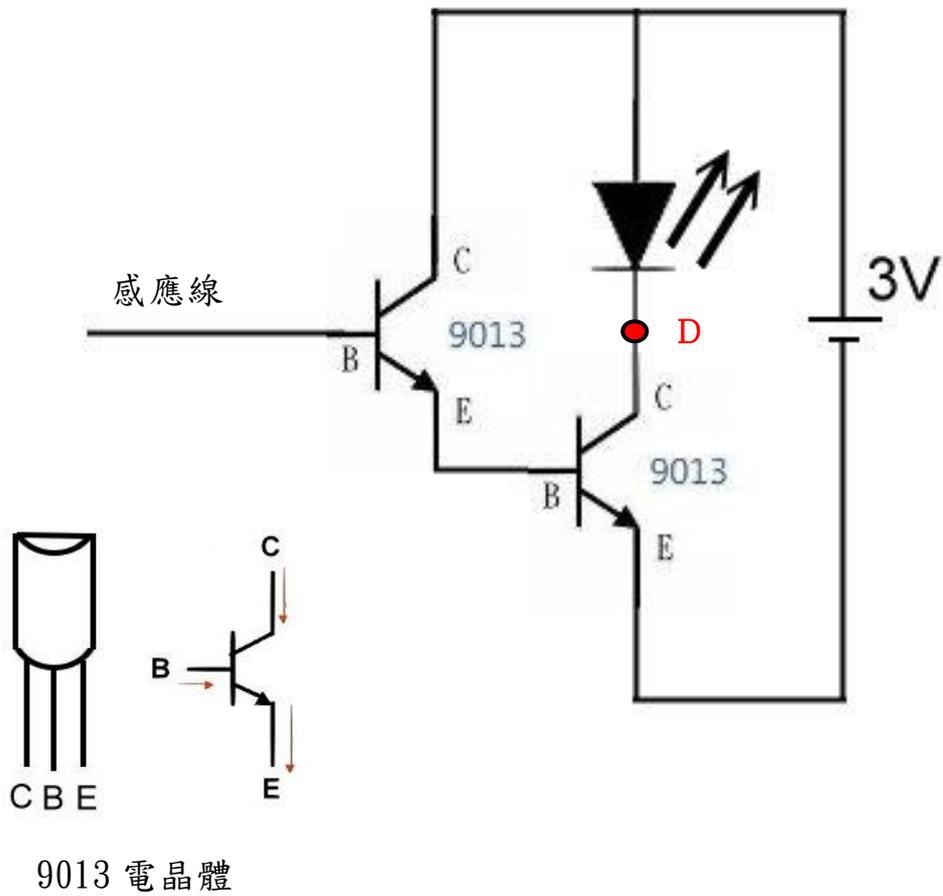
```

float voltage = 0; //設定 voltage 為浮點數，有小數點。數值為 0
float voltmax = 0; //設定 voltmax 為浮點數，有小數點。數值為 0
float voltmin = 5; //設定 voltmin 為浮點數，有小數點。數值為 5
int k = 0; //設定 k 為整數，數值為 0
void setup()
{
  Serial.begin(115200); //設定與電腦通訊協定
  pinMode(13, OUTPUT); //設定第 13 隻接腳為 LED 輸出
}
void loop()
{
  voltage = 5.0*analogRead(A0)/1023; //將 A0 讀回的數值轉換成電壓(0-5V)
  k = k + 1; //每執行一次迴圈，k 的數值加 1
  if (k <= 1000) // k <= 1000 亦即 0.1 秒內
  {
    if (voltage >= voltmax) //在 0.1 秒內找出電壓最大值
      voltmax = voltage;
    if (voltage <= voltmin) //在 0.1 秒內找出電壓最小值
      voltmin = voltage;
  }
  else
  {
    Serial.print(voltmax); //列印電壓最大值
    Serial.print(" ");
    Serial.println(voltmin); //列印電壓最小值
    if ((voltmax - voltmin) >= 5)
      digitalWrite(13 , HIGH); //電壓最大值與最小值差大於或等於 5V，LED 亮燈
    else
      digitalWrite(13 , LOW); //電壓最大值與最小值差小於 5V，LED 關燈
    k = 0; // k 值歸零
    voltmax = 0; // voltmax 值歸零
    voltmin = 5; // voltmin 值歸 5
  }
  delayMicroseconds(100); //暫停萬分之一秒
}

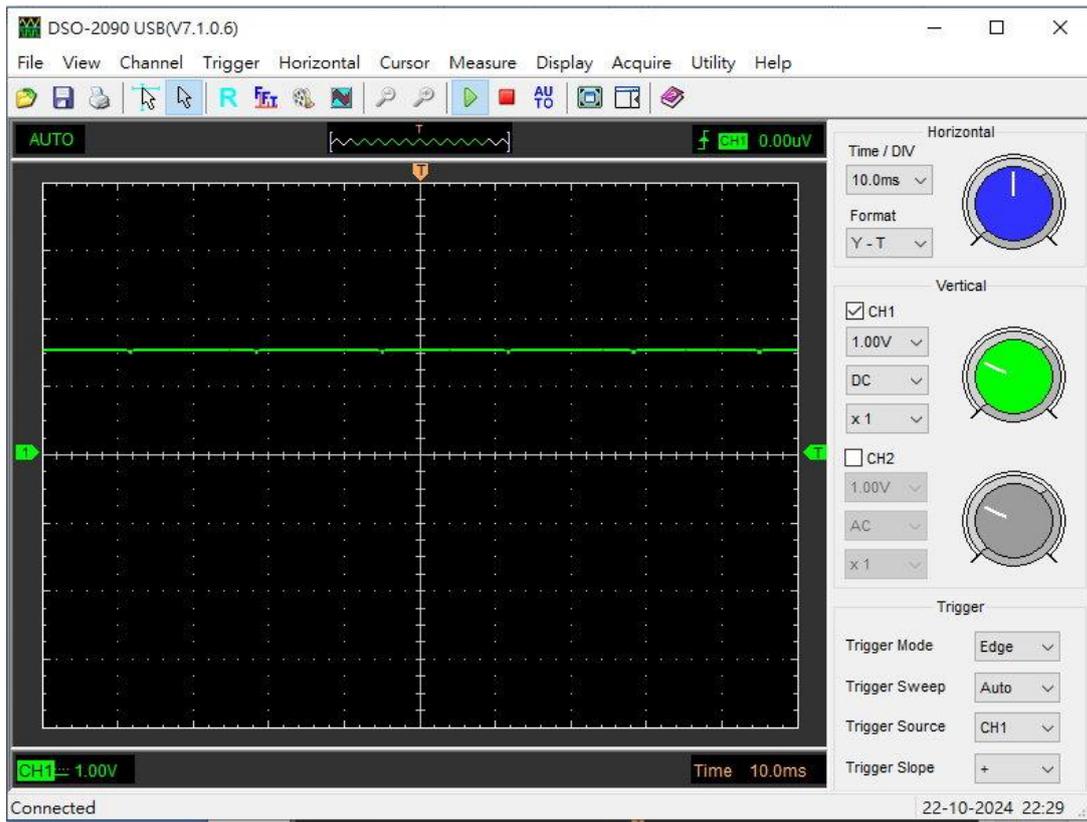
```

研究五：非接觸型驗電筆

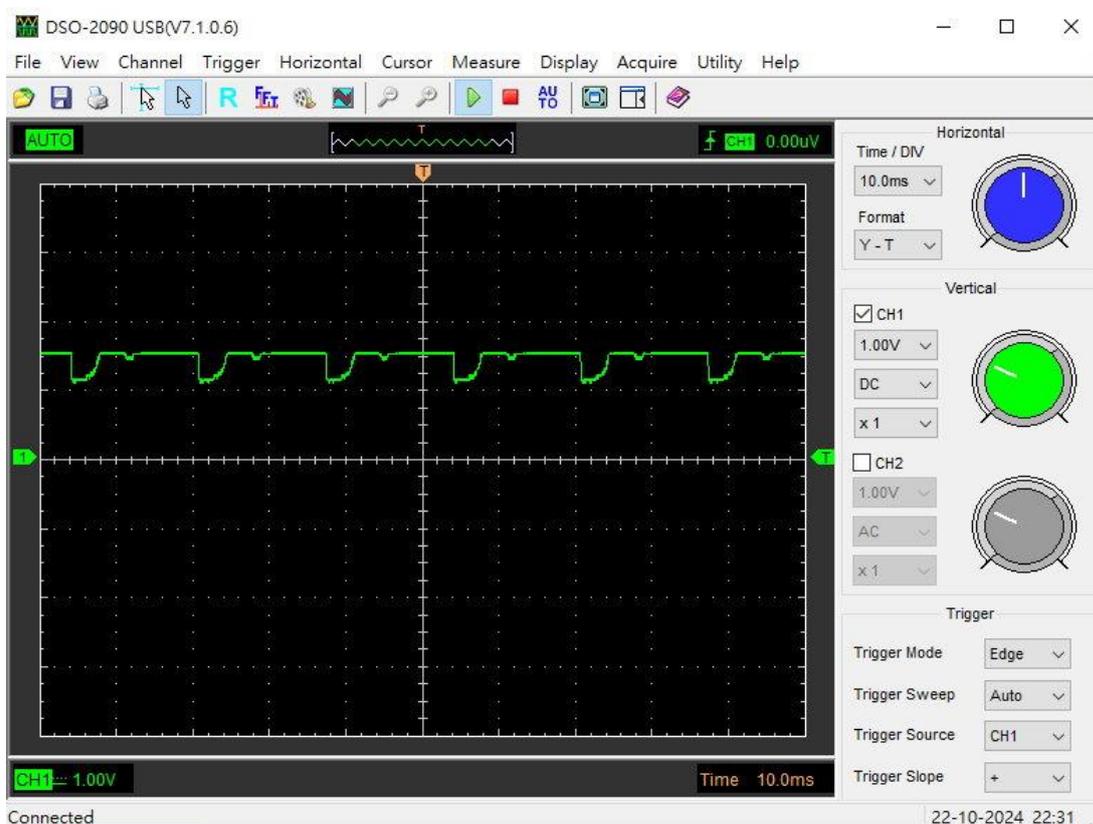
交流電火線60Hz造成的感應電流，我們利用兩個9013電晶體製作的達靈頓電路來偵測火線感應的微小電流，線圈靠近火線則LED亮起。



我們利用示波器觀察 D 點電壓



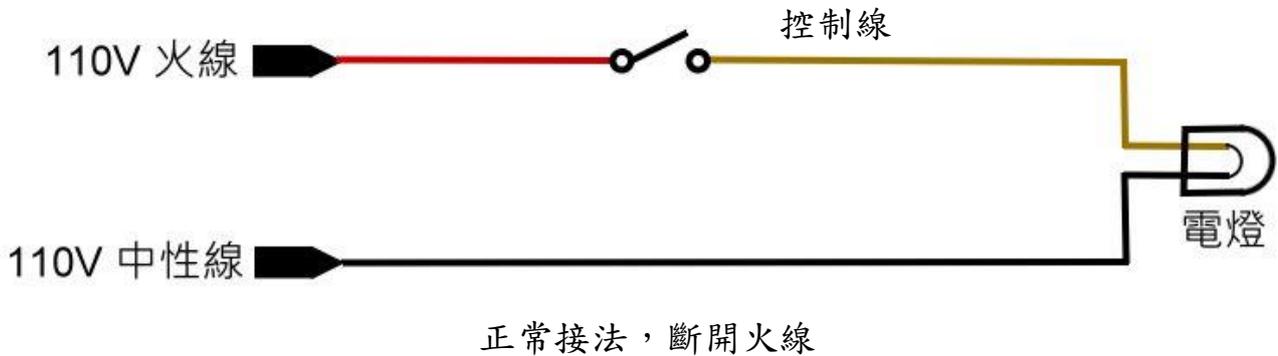
當線圈遠離電線時，D點電壓大約為1.6V，LED電壓差大約為1.4V，無法點亮LED



當線圈靠近火線時，D點電壓最低大約為1.1V，LED最大電壓差大約為1.9V，點亮LED，但大部分時間仍無法點亮LED，所以LED微亮。

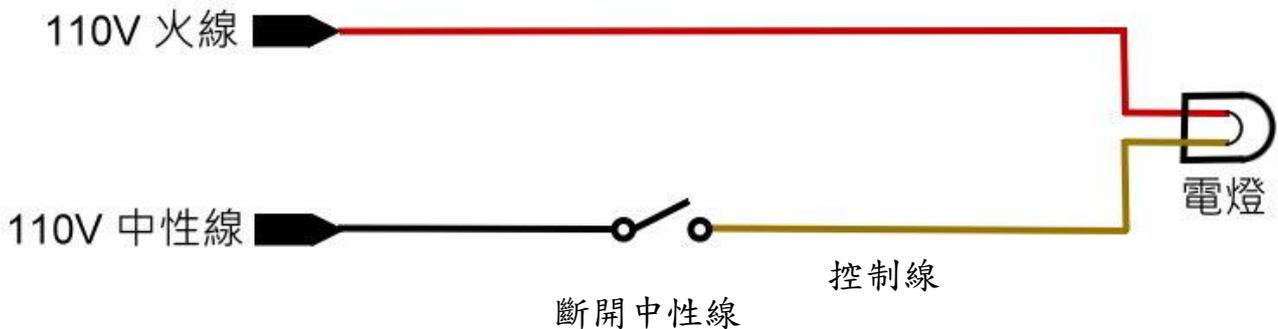
伍、研究結果與討論

一、我們利用自製Arduino驗電筆觀察斷開火線或中性線，控制線的狀態：



當接上電燈，斷開火線，經由自製Arduino驗電筆檢驗控制線，Arduino驗電筆LED不亮，此時控制線不帶電。

當拔掉電燈，斷開火線，經由自製Arduino驗電筆檢驗控制線，Arduino驗電筆LED不亮，此時控制線不帶電。



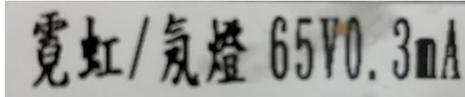
當接上電燈，斷開中性線，經由自製Arduino驗電筆檢驗控制線，Arduino驗電筆LED亮，此時控制線帶電。如果維修電燈，會有觸電危險。

當拔掉電燈，斷開中性線，經由自製Arduino驗電筆檢驗控制線，Arduino驗電筆LED不亮，此時控制線不帶電。

開關斷開時，如果控制線帶電，電燈或電器用品會有漏電或容易故障情形發生。

二、非接觸型驗電筆安全嗎？

非接觸型驗電筆，是由一顆氖燈與一顆820 K歐姆電阻串聯構成的電路。使用時需要一端接觸110 V火線，另一端觸碰人體，這樣會形成一個電流迴路，電流會透過驗電筆經過人體，透過地板再回流到火線。我們買的氖燈需要 65 V 以上才能點亮，承受電流為 0.3mA 。剩下的 45 V 全落在 820 K Ω 的電阻及人體電阻上，因此電流大概只有 55 uA，所以不會有危險。



三、接觸型驗電筆的優缺點

優點：

- 1、不必外接電源。
- 2、只需一個氖燈與電阻，材料便宜。

缺點：

- 1、穿上鞋子，氖燈沒有很亮。站在塑膠椅上，則完全失去功用。
- 2、無法分辨中性線與地線。

四、非接觸型驗電筆的優缺點

優點：

- 1、利用達靈頓製作的非接觸型驗電筆，只需電晶體與電阻，材料便宜。
- 2、沒有接觸電源金屬，相對安全。
- 3、利用 Arduino 製作的非接觸型驗電筆，靠近火線較靈敏，LED亮度也比較亮。因為是可程式控制，彈性較大，也可加上聲音警戒。

缺點：

- 1、需要外接電源，使用電池。
- 2、利用 Arduino 製作的非接觸型驗電筆，材料比較昂貴。
- 3、利用達靈頓製作的非接觸型驗電筆，靠近火線較不靈敏，LED亮度也不夠亮。
- 4、較大金屬或手機訊號容易受電磁波干擾。
- 5、無法分辨中性線與地線。

五、電死人 是電壓還是電流？

電壓的影響

一般認為，對人類而言，100至250伏特的交流電最容易致命。因為人身上的電阻，較低的電壓無法產生足夠的電流，而較高的電壓則使肌肉收縮的程度足以把觸電者反彈出來（然而觸電者仍會被燒傷）。目前普遍認為生活中的安全電壓是不高於36伏特，人體在正常情況下直接接觸不超過該值的電壓不會對人體造成危害。

而公認的安全特低電壓是24伏特（即工作電壓高於24V的家用電器應具有完善的絕緣保護機制），對人體絕對安全的電壓是不高於12伏特。

電流的影響

電流對身體的損害主要在於加熱身體組織以及干擾神經控制（尤其是對心臟的控制）。

5mA電流：有電擊感覺，一般沒有傷害

10mA電流：使肌肉發生纖維性抽搐，可能無法自行鬆脫電線

100mA電流：接觸幾秒，便足以致命

1A電流：身體組織因過熱而嚴重燒傷

其他影響

電流的頻率對肌肉收縮的程度有所影響，亦能導致心跳停頓。需要注意的是，如果電流的頻率遠高於普通交流電頻率（該頻率通常是50Hz或者60Hz），會因為電流的集膚效應使得電流大部分經由體表流過，對體內的器官影響相對小很多。不過大的電流仍然會對皮膚造成損害。

如果電流通過頭或胸部，較易導致觸電者死亡。

陸、參考資料及其它

一、決不再被桌上型電腦『電』！

取自：<https://www.tiktok.com/@c123405442/video/7458644733192146183>

二、感電危害

取自：<https://physcourse.thu.edu.tw/bs508a/關於電子學實驗/注意安全/感電危害/>

三、插座中性線與火線接反會怎樣？

取自：<https://www.taipower.com.tw/2289/2512/2514/15020/normalPost>

四、塑膠會導電？試一試便知道

取自：<https://www.strongpilab.com/current-through-plastic/>

五、使用 Arduino 讀取電壓 簡介

取自：<http://faculty.ndhu.edu.tw/~phys-exp/files/Arduino-Volt.pdf>

六、非接觸測電筆 DIY

取自：<https://teach-orange.com/files/shares/plan/非接觸測電筆-講義.pdf>

七、DIY：非接觸式交流電線檢測器

取自：<https://yang10001.yia.app/2021/04/03/diy-非接觸式-交流電-電線檢測器/>

八、火線檢測器

取自：<https://www.facebook.com/reel/1024515908998411>