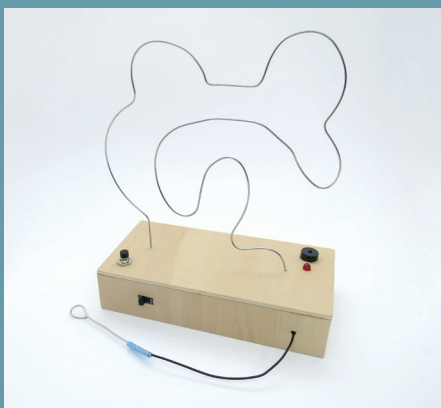


電流急急棒



校慶園遊會即將到來，各個攤位都有好玩有趣的闖關活動。讓我們來設計一款具有挑戰性的「電流急急棒」，為園遊會增添更多樂趣。

電流急急棒是運用電學原理製成的遊戲裝置，玩家需要操控金屬測試棒通過金屬製成的迷宮，並且避免讓測試棒與迷宮接觸。若測試棒觸碰迷宮，則會讓急急棒的電路形成通路，使LED發亮、蜂鳴器發出聲響，讓氣氛變得更緊張刺激。

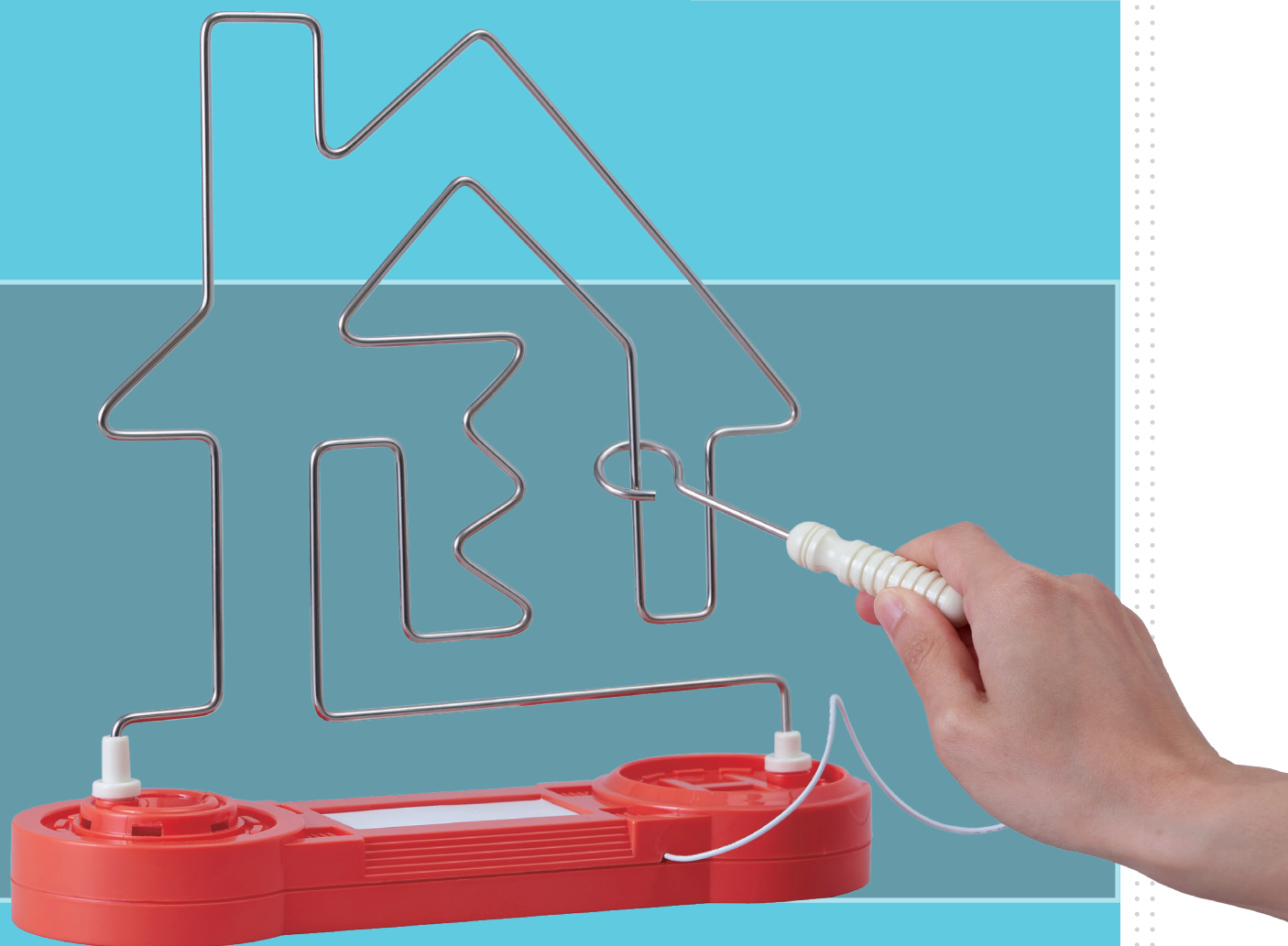
1-1 電子小尖兵 P.130

1-2 自保持電路設計 P.144

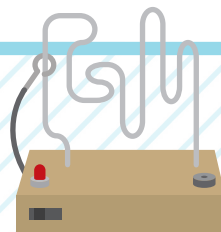
1-3 測試修正 P.170

1-4 機具材料 P.176

活動 PLUS 閃閃動人 P.182



電流急急棒



01

活動概述

本活動運用「產品設計」概念，製作刺激又好玩的電流急急棒遊戲裝置原型。過程中，同學需要了解「電子元件」與「自保持電路」的原理，並學習使用麵包板來測試電路的功能，最終完成符合需求的作品。

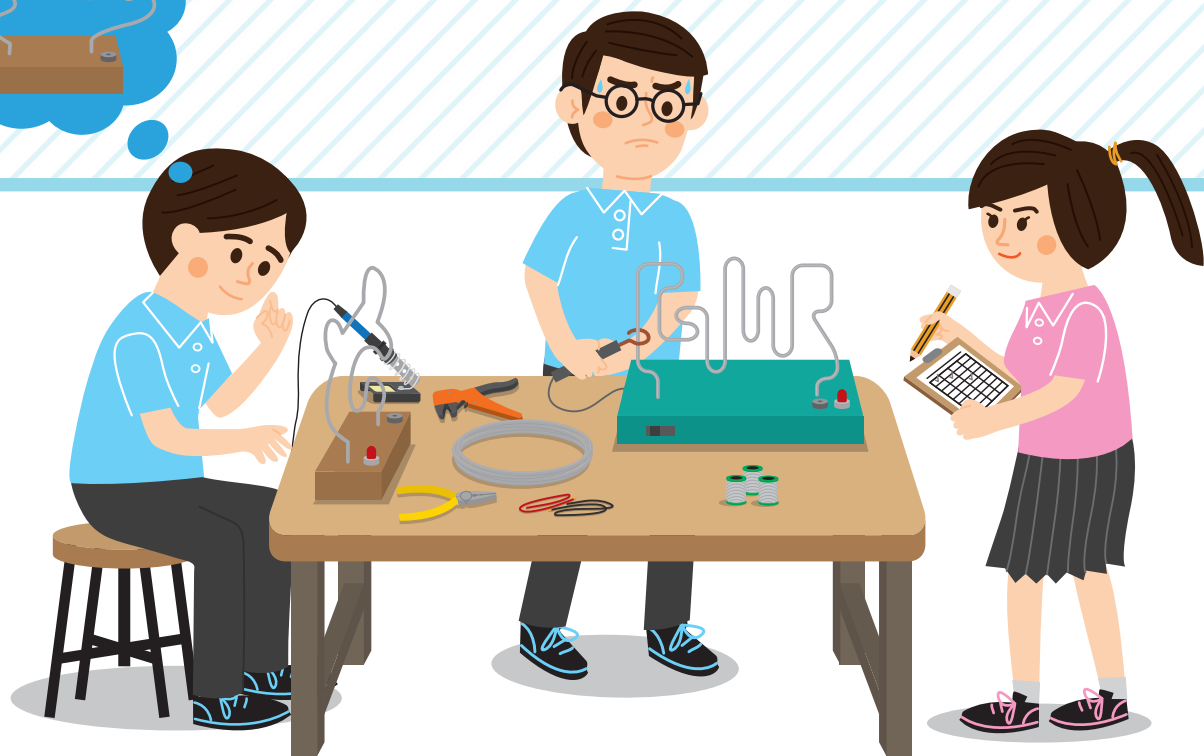


1. 電子元件用途、原理相關概念，請見 **通識概念** P.130「電子小尖兵」。
2. 電流急急棒設計與製作，請見 **核心技能** P.144「自保持電路設計」。
3. 電流急急棒產品設計相關概念，請見 **核心技能** P.168「產品設計製作」。

02

活動目標

- ① 製作「電流急急棒」遊戲裝置原型：
 - (1) 總開關（滑動開關）接通後，可開始闖關。
 - (2) 電流急急棒的測試棒碰到迷宮，會啟動LED、蜂鳴器。即使測試棒移開，LED、蜂鳴器仍持續作用。
 - (3) 直到按下重置開關（按壓開關），LED、蜂鳴器才會停止運作。
- ② 制定你的電流急急棒關卡「闖關規則」，請3位同學試玩並評估。
- ③ 全班選出最刺激好玩的電流急急棒，作為本班闖關關卡的原型。



03

資源條件



人力

1 人 1 組，或依老師指定的方式分組



機具

線鋸機、鑽床、銼刀、夾具、鋼尺、直角規、熱熔膠槍、電烙鐵、吸錫器、剝線鉗、斜口鉗、尖嘴鉗、三用電錶



材料

① 電路材料：3 號電池 2 顆、3 號電池盒（2 節）1 個、滑動開關 1 個、常閉按壓開關 1 個、繼電器（3 V）1 個、電阻（100 Ω ）1 個、LED 燈珠（3 V，紅光）1 個、蜂鳴器（3 ~ 6 V）1 個、單芯導線（直徑 0.5 mm）、絕緣膠帶、錫絲

註 課程中，體驗活動、自保持電路說明與實驗，會額外用到麵包板 1 片、常開按壓開關 1 個。

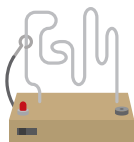
② 其他材料：松木板（200×300 mm，厚 5 mm）1 片、鍍鋅鐵絲（# 18，60 cm）1 段、白膠、砂紙



時間

設計製作與作品測試共 8 節課

電流急急棒



04

活動流程

請記錄於習作中

界定問題

- 1 確認電流急急棒闖關活動可能有哪些需求與規則。
- 2 確認活動可用的資源、材料規格。



想一想，哪些因素會影響電流急急棒的難度？

蒐集資料

- 1 了解市面上電流急急棒的產品特色、遊戲效果。
- 2 查詢老師提供電子元件的用途。
- 3 了解園遊會闖關玩家的年齡、其他班級會設計哪些種類的闖關活動等。



1. 電子元件用途與運作原理，請見 **通識概念** P.130。
2. 各電子元件的規格、用途請見 **機具材料** P.176。

發展方案

- 1 參考P.167改良後的自保持電路圖，繪製電流急急棒的接線圖。
- 2 以麵包板測試電路，確認電路功能正常。
- 3 繪製電流急急棒的產品設計圖，並標示尺寸規格。
- 4 繪製詳細的零件表，包含尺寸及規格。



基本電學與電路概念，請見 **核心技能** P.144。

05

發表分享

- 1 制定你的電流急急棒關卡「闖關規則」。
（包括時限、可觸碰迷宮次數等）。
- 2 請3位同學作為測試員試玩，並將通關秒數、觸碰迷宮次數等資訊記錄於習作。
- 3 請試玩同學評估遊戲難度。
- 4 根據上述測試資訊，評估、調整你的闖關規則，並說明原因。



說明



提醒



連結

設計製作

- 1 依照設計圖規畫工作流程，並列出加工製作的步驟。
- 2 依照設計圖裁切零件、折彎鐵絲、安裝電子元件。
- 3 銲接LED、電阻、蜂鳴器、繼電器、電池盒等電子元件。
- 4 組裝零件，並適度彩繪與裝飾作品。



1. 銲接相關技巧，請見 8 上課本 P.201、8 下課本 P.153。
2. 銲接前，應先確認電子元件功能正常：
 - (1) LED 可使用三用電錶的二極體檔位檢測。
 - (2) 開關、蜂鳴器、繼電器使用方式請見 **機具材料** P.176。



1. 加工時請留意自身安全，並穿戴相應護具。
2. 銲接會產生煙霧，砂磨易有粉塵，加工時應戴口罩，且保持環境通風。

測試修正

- 1 實際試玩，並利用習作檢核表，進行電流急急棒加工與功能評估。
- 2 依據實際問題進行修正與改善，直到電流急急棒能順利運作。



本活動 **測試修正** 內容，請見 P.170。



製作完成後，應將導線裸露處以絕緣膠帶包覆，避免發生短路情形。

06

問題討論

- 1 製作電流急急棒的過程中遇到什麼困難？最後如何克服？
- 2 電流急急棒還可以再加上什麼遊戲效果？
- 3 如果要發展成園遊會使用的大型遊戲機臺，可能遇到什麼問題？請提出來，並試擬定解決方向。

主題活動

通識概念

核心技能

測試修正

機具材料

1-1

〔通識概念〕

電子小尖兵

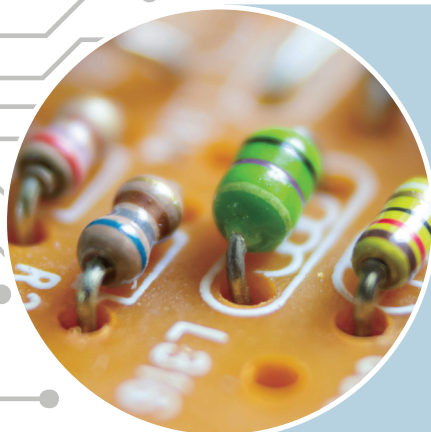
電子元件是組成電子電路的基本元素，各元件都有其特定的功能，例如：開關、電阻器、電容器、二極體、電晶體等（圖 2-1-1）。

➤ 圖2-1-1 電器中常見的電子元件



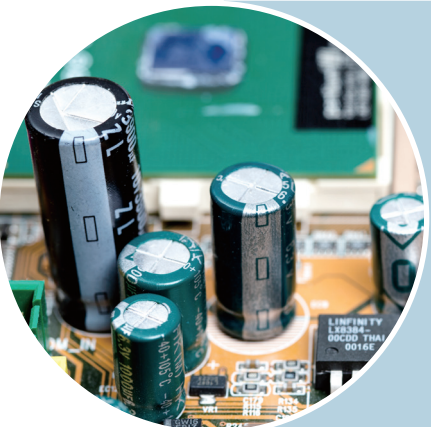
開關

用來控制電路的接通或中斷，還可切換不同檔位。



電阻器

一般用來調節電流的大小。



電容器

能夠暫時儲存電力，或使輸出電壓變得平穩。



電容器常用來「濾波」，即是將脈動的電壓轉化成平穩的電壓。相關說明請見 P.141。

 動腦時間

想一想，你是否看過這些電子元件？在哪些設備上看到的？

電子元件通常具有兩個或數個接點，利用導線將多個元件相互連接後，能構成特定功能的電子電路。

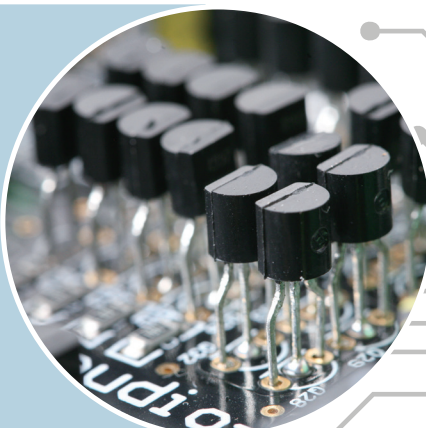
二極體

只能單向導通電路，可用來控制電流方向。



電晶體

可作為電子開關或增強電子訊號。



感測器

用來感測環境中的數值（距離、溫度、溼度、亮度等），並進行控制。

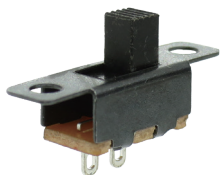


1 開關

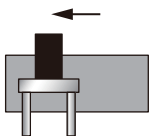
開關用來控制電路的導通或斷開，當接點「閉合」時形成通路、允許電流流過；當接點「開路」時形成斷路，不允許電流通過。開關種類很多，常見的有滑動開關、船型開關、按壓開關等（圖 2-1-2）。

▼ 圖2-1-2 常見開關

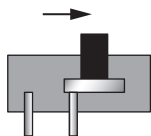
A 滑動開關



電路符號



當開關向左切時，
兩支接腳形成通路

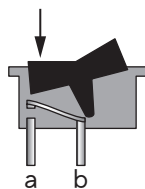
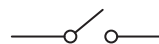


當開關向右切時，
兩支接腳形成斷路

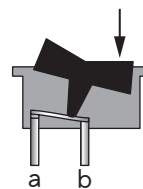
B 船型開關



電路符號



開關向左切時，
兩支接腳形成斷路



開關向右切時，
兩支接腳形成通路



手電筒的滑動開關
有多個檔位，可用
來切換不同亮度。



常見於家中的開
關，亦有多段控制的
船型開關。

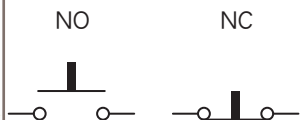
延伸學習 常開接點NO、常閉接點NC

按壓開關、微動開關受力作用時會切換檔位，鬆開後則會回復原狀態，其接點有常開（NO，normally open）、常閉（NC，normally closed）的分別。NO 接點代表平時開路（斷路），作用時為通路；NC 接點代表平時閉合（通路），作用時則為斷路。

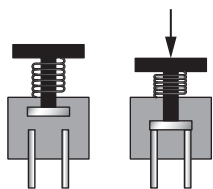
C 按壓開關



電路符號

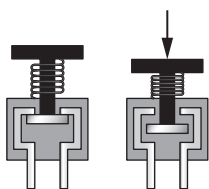


常開（NO）



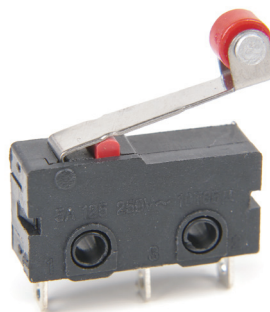
平常為斷路，
按鈕按下時通路

常閉（NC）

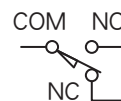


平常為通路，
按鈕按下時斷路

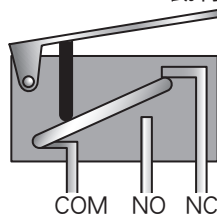
D 微動開關



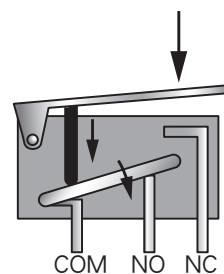
電路符號



動臂



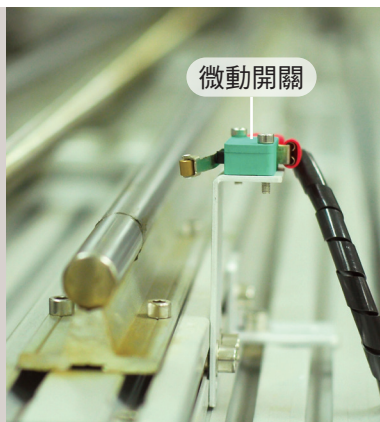
一般狀態下，COM
與 NC 形成通路。



當動臂下壓，COM
與 NO 形成通路。



常開按壓開關的吹風機，按著按鈕時吹風，放開按鈕則停止運作。

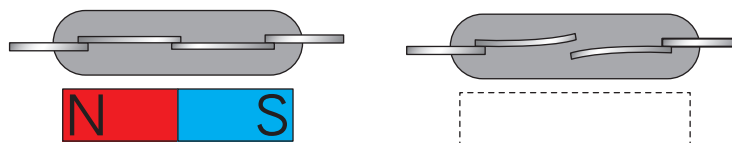
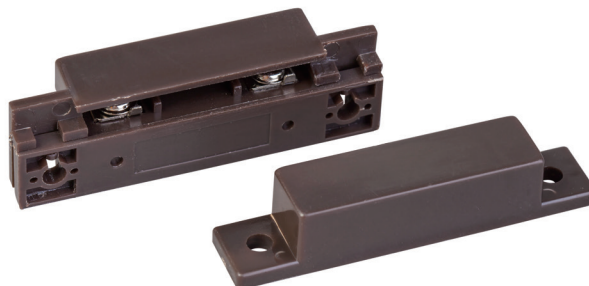


常用於鐵捲門或各式自動機械，當機構到達定位、碰觸開關時，變換通路或斷路狀態。

除了單純運用機械原理來切換電路導通狀態的開關，還有其他特殊切換方式的開關。例如：磁簧開關、水銀開關、震動開關等（圖 2-1-3）。

➤ 圖2-1-3 特殊開關

A 磁簧開關



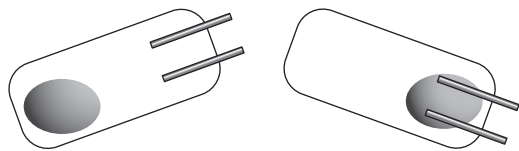
由「磁簧管」、「磁鐵」成對作用，磁鐵靠近時會形成通路，當磁鐵離開時則形成斷路。

常見於門窗防盜設備，偵測門窗是否被開啟。



防盜窗戶。磁簧開關的兩個配件分別安裝於窗框、窗戶上。窗戶閉合時，兩配件靠近；若窗戶打開，磁鐵遠離磁簧管，造成電路斷路，則會啟動警報系統。

B 水銀開關



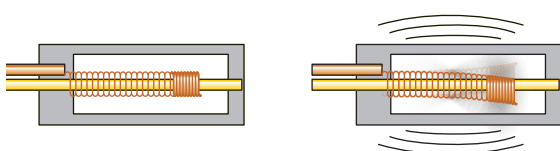
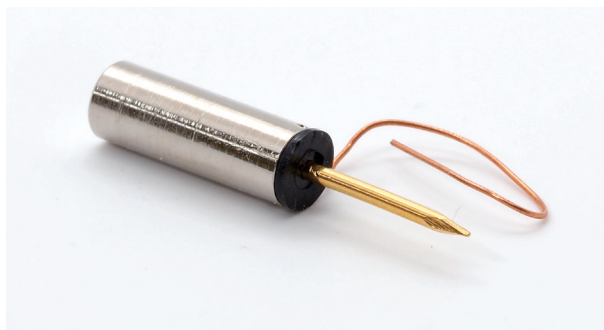
傾斜或翻轉水銀開關時，水銀因重力流動而接觸或離開接腳，控制導通或斷路。

常用於偵測設備傾斜，或利用翻轉控制通、斷電。



浮球開關。內含水銀開關，滿水時，浮球會上下翻轉，控制抽水馬達蓄水或排水。

C 震動開關



金屬導電彈簧平時與中心接腳不連通，但當受到震動時，彈簧產生位移而導通兩支接腳。

常用於以震動導通的發光玩具、鞋子，以及汽車、機車的防盜設備。



發光球鞋。行走時產生的晃動可讓震動開關導通，使LED發亮。

2 電阻器

- 1. 電阻色碼表相關說明請見 8 下課本 P.225。
- 2. 關於歐姆定律相關介紹，請見 **核心技能** P.147。

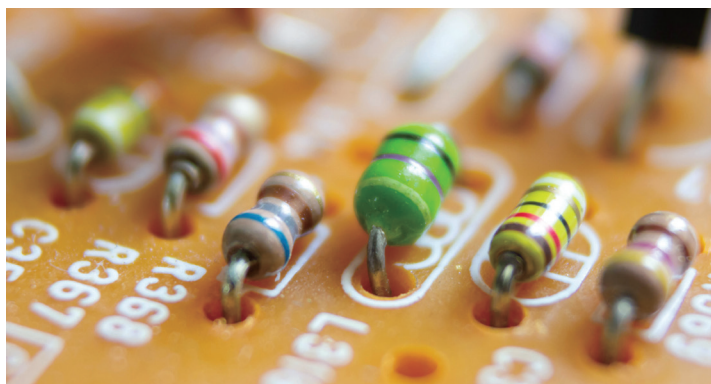
電阻是電流流動時所受的阻力，測量單位為歐姆（ Ω ），電阻值的大小會影響電流大小，因此**電阻器**主要用於調節電路中流過的電流。一般電阻器的電阻值是固定的，而部分電阻器的電阻值則可以改變，例如：可人為調整的**可變電阻器**、會因亮度改變的**光敏電阻**、會隨溫度變化的**熱敏電阻**（圖 2-1-4）。

圖 2-1-4 常見電阻器

A 電阻



電路符號

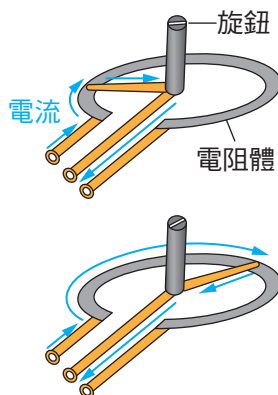


一般我們常用的色碼電阻是以色環來表示電阻值，在電路中依據電流的需求，裝置不同的電阻來調節電流大小，以確保元件能正常運作。

B 可變電阻器



電路符號



可變電阻器的電阻值可以利用旋鈕調節，轉動旋鈕以改變電流流經電阻體的長度，流經電阻體的距離越長，電阻值越大、電流就越小。可變電阻器常用於調整喇叭音量與電燈亮度。

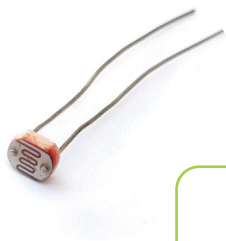
延伸學習 電熱元件

電流流經電阻時，會產生發熱的現象，因此電阻還可以利用這個特性，製成「電熱元件」。電熱元件一般都是高電阻值、耐高溫的材質，例如：烤箱裡的加熱管，烤吐司機、吹風機、暖爐裡的電熱絲等。

► 戶外暖爐中的電熱絲通電後可發熱，提升周遭環境溫度。



◎ 光敏電阻



電路符號

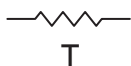


光敏電阻以「電阻值會隨光照強度而改變」的材料製成，照射的光線增強時，電阻值會減少。光敏電阻常用在利用光線啟動的電路，例如：夜裡自動亮起、白天自動關閉的路燈或夜燈。

◎ 熱敏電阻



電路符號



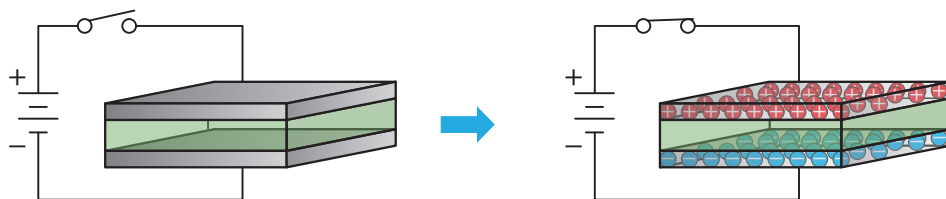
熱敏電阻以「電阻值會隨溫度高低而改變」的材料製成；溫度上升時，有的電阻值會上升，有的則會下降。熱敏電阻常用來製成溫度計，或作為溫度控制元件。例如：電子溫度計可以測量食物溫度。

3 電容器

關於電容器的濾波功能，請見P.141 整流電路說明。

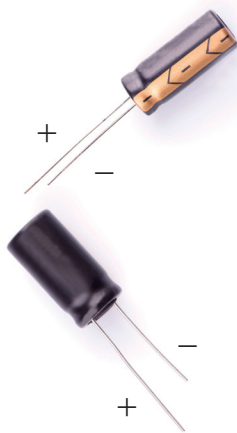
電容器是能夠暫時儲存電力的電子元件，主要由兩個平行的電極板、中間隔著一層絕緣體所組成，因此電容器的電路符號就以兩個平行的直線來表示。當電容器接上電源時，電荷會累積在極板上，相當於對電容器充電（圖 2-1-5）；而充了電的電容器則可以對電路放電，功能就類似充電電池。

電容器的材質與外形多樣，常見的有**電解電容**、**陶瓷電容**等（圖 2-1-6），利用其充放電的特性，廣泛應用在濾波、計時電路之中。



▲ 圖2-1-5 電容器的作用原理。開關接通後，正、負電荷會分別累積在電容器的極板上，直到兩端電壓與電源相同，因此電容器具有儲存電力的功能。

A 電解電容



電路符號



電解電容能承受較大的電壓，常用來穩定電壓。其接腳有正負極性之分。

B 陶瓷電容



電路符號



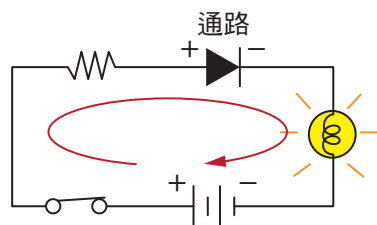
陶瓷電容能承受較高的頻率變化，常用來濾波。其接腳無正負極性之分。

▲ 圖2-1-6 常見電容器

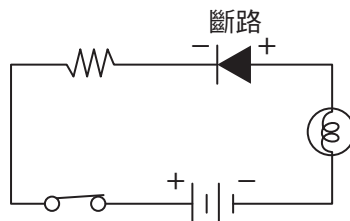
4 二極體

二極體是利用半導體  材質製成的元件，其功能就像電路中的單行道，只允許電流由單一方向通過；若對二極體施以逆向的電壓時，將形成斷路，電流無法通過（圖 2-1-7）。

常見的**整流二極體**  是將交流電轉變為直流電的核心元件；而**發光二極體**（LED）則廣泛應用在照明、顯示器之上（圖 2-1-8）。



A 接受順向電壓時，呈現導體的特性，電流可通過。

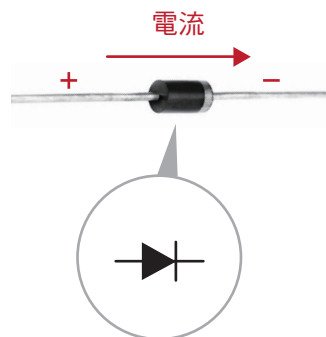


B 接受逆向電壓時，呈現絕緣體的特性，電流不能通過。

 圖2-1-7 二極體特性示意圖

知識快遞

- 物質依導電性質，分為導體與絕緣體兩類，而半導體的導電性質介於導體與絕緣體之間，而且可以被精準控制，因此廣泛應用在電子元件之中。相關介紹，請見第2章 **通識概念** P.195。
- 整流二極體的外觀有一道色帶的方向為負極。



A 整流二極體



電路符號



整流二極體可將交流電轉為直流電，其接腳有正負極性之分。

B 發光二極體



電路符號



發光二極體可發出光線，其接腳有正負極性之分。

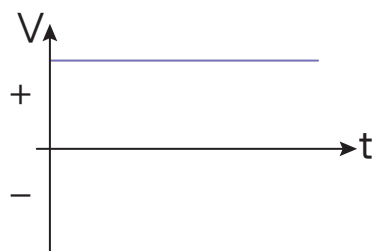
 圖2-1-8 常見二極體

直流電與交流電

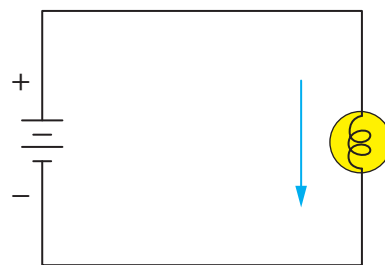
一般電池提供的是直流電，而家用插座提供的是交流電。兩者最大的差異為：直流電的電流方向固定，交流電的電流方向會隨時間不斷變換。

直流電的電流方向

電池提供直流電，電流方向固定不變。其「電壓 - 時間關係圖」為一直線。

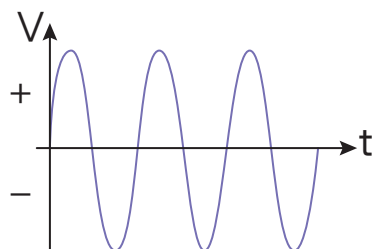


將燈泡接在直流電路中，電流持續由上向下流過燈泡。



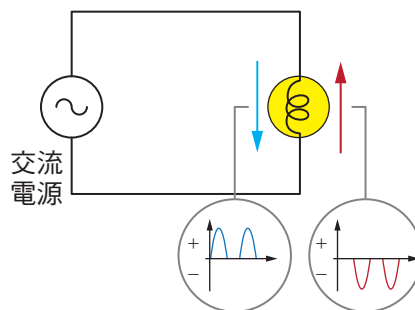
交流電的電流方向

家用插座提供交流電，電流方向不停轉變。其「電壓 - 時間關係圖」為不停週期變動的波形。



將燈泡接在交流電路中，流經燈泡的電流方向不停轉換：

1. 當電壓值為正時，電流由上向下流過燈泡。
2. 當電壓值為負時，電流由下向上流過燈泡。

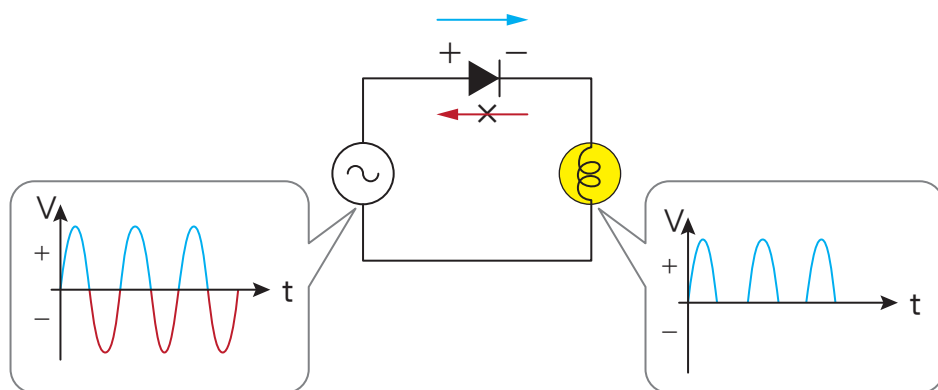


將交流電變為直流電

許多電器產品以家用插座供電，但實際上是依賴直流電而運作（例如：手機、電腦）。過程中，就必須將交流電變為直流電。

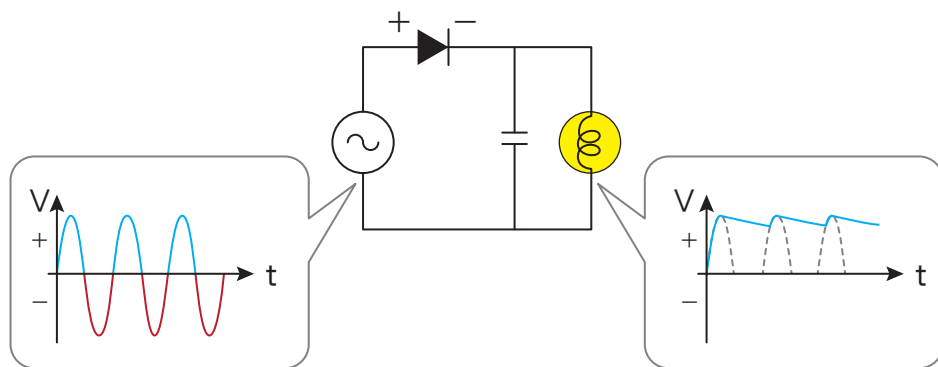
整流電路

1. 在電路中加入一個二極體。
2. 由於二極體只讓電路單向導通：
 - (1) 電源電壓為正時（藍色波形部分），電流可以通過。
 - (2) 電源電壓為負時（紅色波形部分），電流不能通過。
3. 整體來看，通過燈泡上的電流，只剩下波形中的上半部。



濾波電路

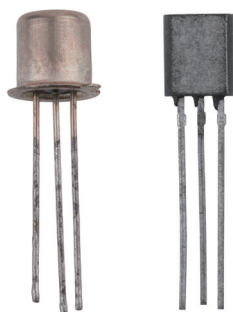
1. 在整流電路中加入一個電容器。
2. 利用電容器的充、放電功能：
 - (1) 電源電壓為正時（藍色波形部分），電容器充電。
 - (2) 電源電壓為負時（紅色波形部分），電容器開始放電。
3. 由於電容器放電，使得流經燈泡的電流波形更接近電池的直流電。



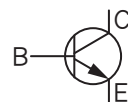
5 電晶體

電晶體是有三支接腳的半導體元件（圖 2-1-9），常用來作為訊號放大元件或是開關元件使用。例如：喇叭（擴音器）內部的電子放大器，可將微弱的訊號放大，輸出成較大的聲音訊號。而電子明滅器就是將電晶體設計成開關電路，用來控制 LED 亮滅閃爍。

電晶體



電路符號

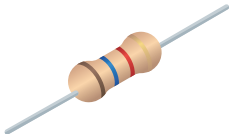
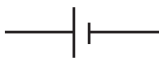


關於電晶體功能、種類等詳細介紹，請見第2章 **核心技能** P.212。

圖2-1-9 電晶體



延伸學習 常用電路符號整理

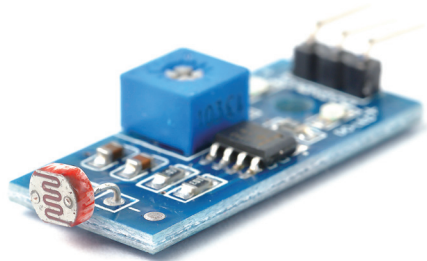
電 池	開 關	電 阻	電解電容
			
			

6 感測器

感測器是由「感測元件」與「轉換元件」組成的模組，感測元件可以偵測環境中的數值，例如：亮度、聲音、溫度等，再透過轉換元件將這些資料轉換成設備能處理的訊號，常見如感應亮度的**光感測器**、量測紅外線的**紅外線感測器**。許多具備自動控制功能的設備，就是利用這些感測器輸入訊號，經過處理後輸出特定的反應，以達到光控、聲控、溫控等效果（圖 2-1-10）。

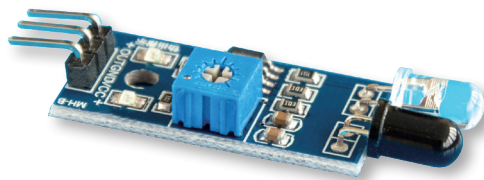
A 光感測器

光敏電阻可作為光感測器中的感測元件，用來感應環境亮度。

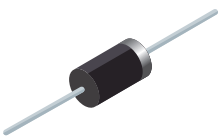
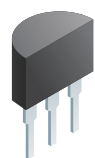
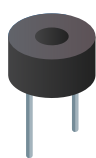
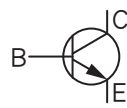


B 紅外線避障感測器

可發出／接收紅外線，藉由接收物體反射的紅外線，判斷物體遠近。



▲ 圖2-1-10 常見感測器模組

整流二極體	發光二極體	電晶體	蜂鳴器
			
			

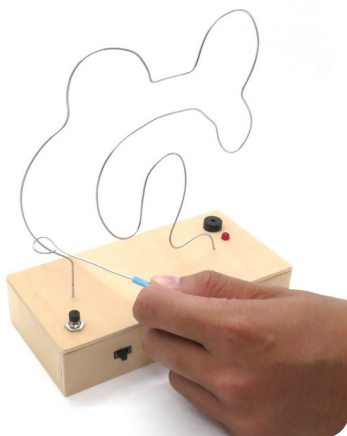
1-2

〔核心技能〕

自保持電路設計

本活動中，我們將著手設計「電流急急棒」遊戲裝置（圖2-1-11）。作品中除了運用到電池、開關、LED、蜂鳴器等電子元件組成迴路之外，我們還要利用繼電器來設計自保持電路，以符合功能需求。現在，我們就從認識電路開始，逐步完成電路設計、電路測試、成品製作。

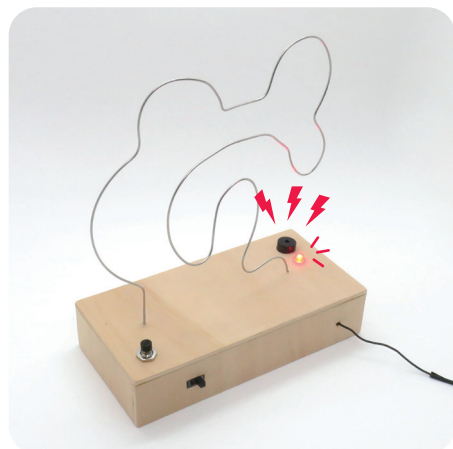
1 玩家手持握柄，確保測試棒在不碰觸迷宮的情形下，完成闖關遊戲。



2 若測試棒碰觸到迷宮，LED發亮、蜂鳴器發出聲響，表示闖關失敗。



3 闖關失敗後，即使測試棒離開迷宮，LED應持續發亮、蜂鳴器持續發出聲響。



4 手動按下開關，LED熄滅、蜂鳴器停止發出聲響。



測試棒碰觸迷宮時，可以形成通路。但是測試棒離開迷宮後，要怎麼保持通路，讓LED和蜂鳴器持續運作呢？

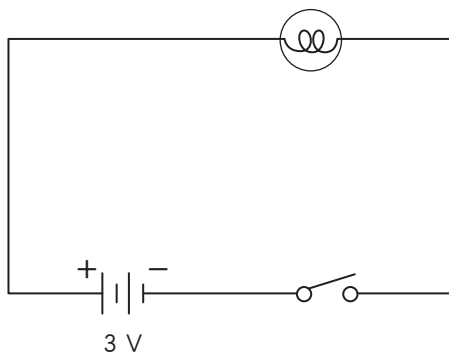
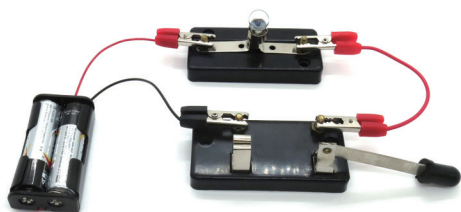
▲ 圖2-1-11 電流急急棒遊戲裝置說明

1 認識電路

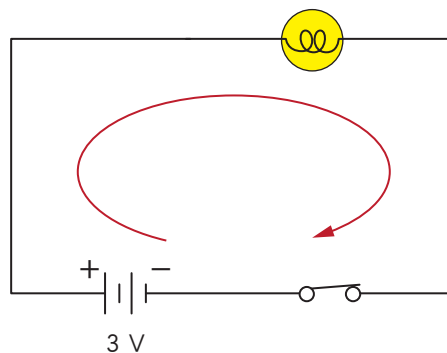
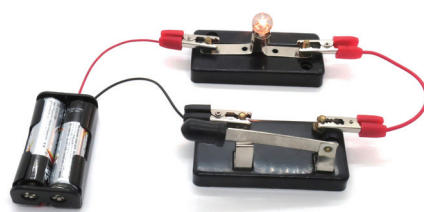
一個完整的直流電路應包含**電源**、**負載**、**開關**、**傳導體**，當這些元件形成**封閉迴路**時，元件就可以通電運作。

以圖 2-1-12 為例，電池為電源，燈泡為負載、導線為傳導體。當開關尚未閉合時，電路未被導通，沒有電流產生，燈泡沒有作用。當開關閉合，電路被導通而形成封閉的迴路，此時電流會從電池的正極出發，經由導線流經燈泡，最後再流回電池負極。當電流流經電路中的負載時，負載就會發揮作用。

斷 路



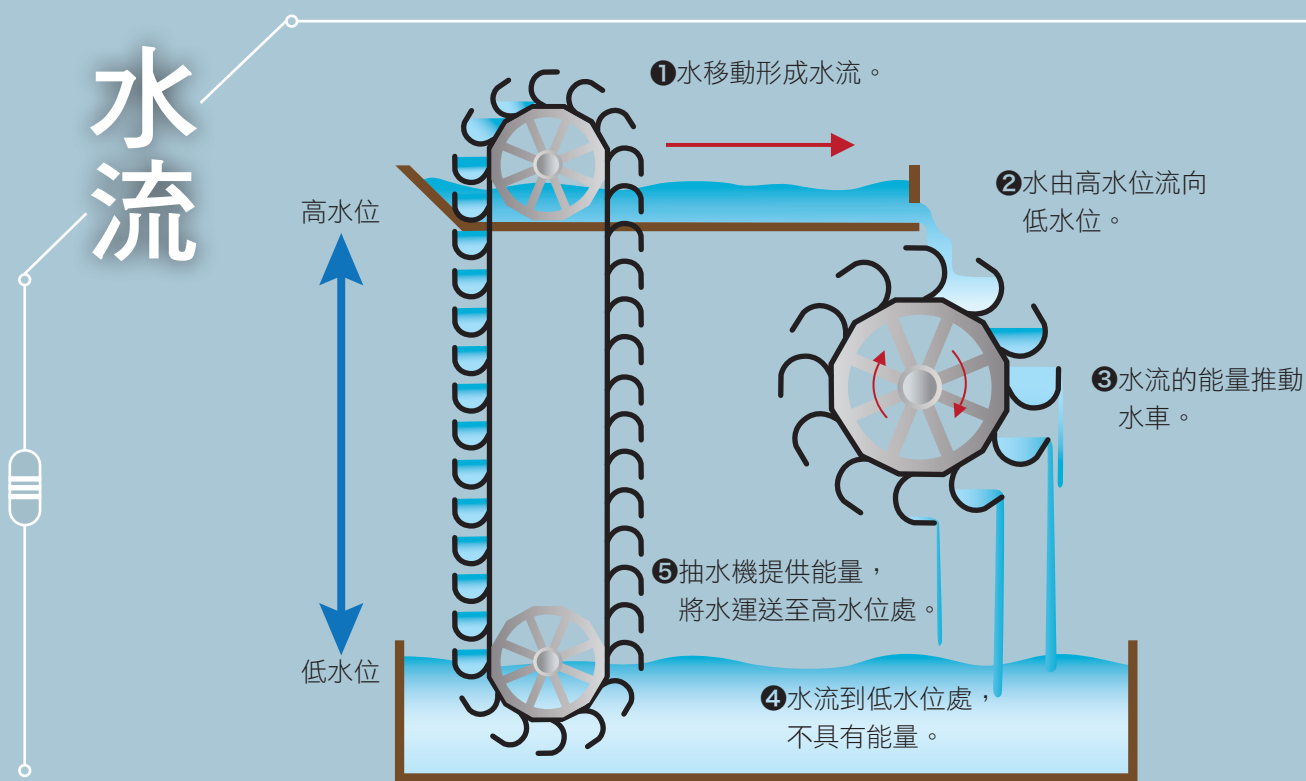
通 路



➤ 圖2-1-12 電路組成與運作說明

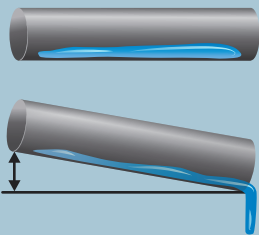
電路中有三個重要的元素：**電壓**、**電流**、**電阻**，這也是設計電路時，確保電路正常運作的重要關鍵。我們可以透過水流現象作為比喻，認識這些元素的概念（圖 2-1-13）。

▼圖2-1-13 水流與電流對照示意圖



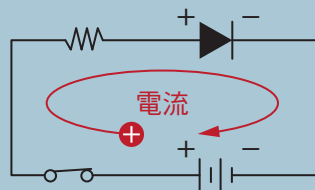
電壓 V

電壓又稱為電位差，單位為**伏特**（volt，簡稱**V**），是促使電荷移動的力量。電位較高的一端定義為正端「+」，較低的一端定義為負端「-」。在相同的電路中，電壓（電位差）越大，電流也越大。



電流 I

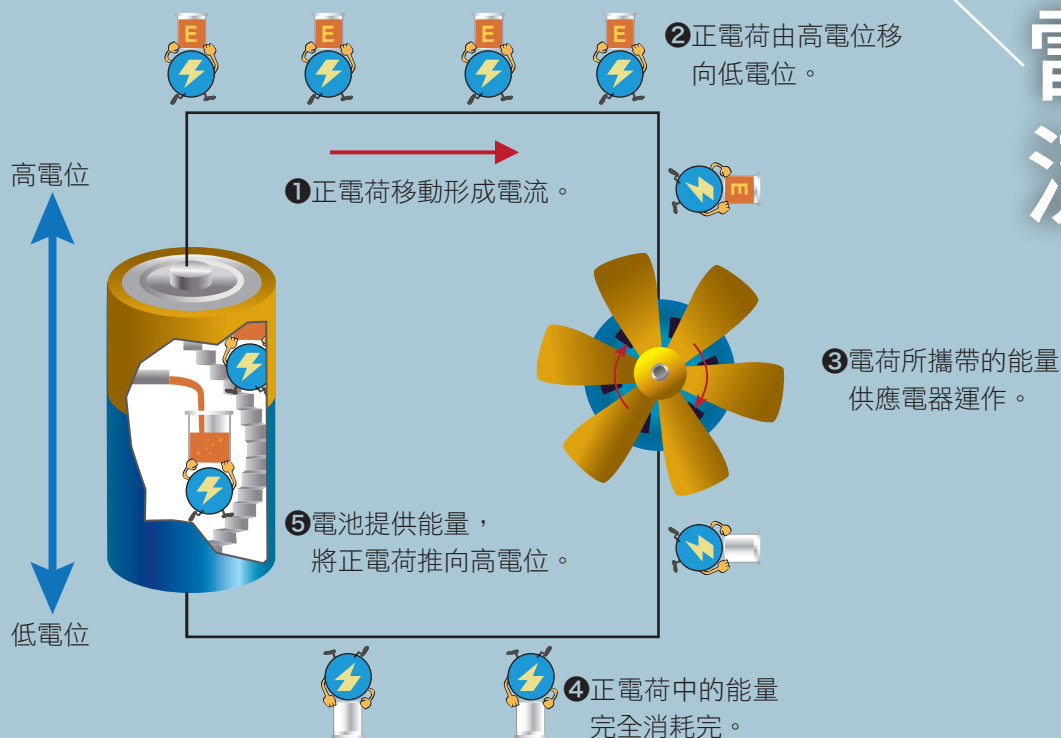
電路中的正電荷移動形成電流，單位為**安培**（ampere，簡稱**A**），亦常用**毫安培**（mA）為單位。（1 A=1000 mA，1 mA=0.001 A）





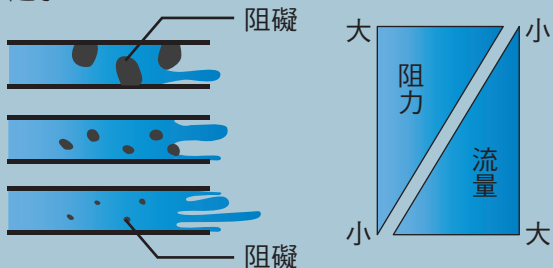
實際上正電荷不會移動，而是電子（負電荷）由電池負極移向正極，形成電子流。相關說明請見自然 9 年級課程。

電流



電阻 R

電阻是電流流動時所受的阻力（通常來自電阻器或負載），單位為**歐姆**（ohm，以希臘字母 Ω 表示）。在相同電壓下，電阻越大，電流就越小。



歐姆定律 $R = V/I$

德國物理學家歐姆（Georg Ohm，西元1789～1854年）發現，通過導體的電流強度與電壓成正比，而與電阻成反比。

依據**歐姆定律**，我們可以計算出電路中的電壓、電流、電阻這三個元素之間的關係。

$$(R = \frac{V}{I}, V = IR, I = \frac{V}{R})$$

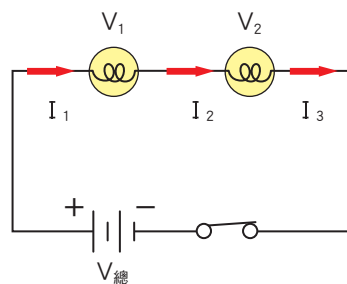
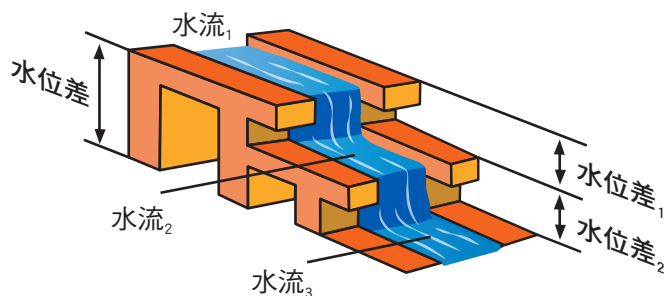
例 某元件兩端電壓為5 V，流過的電流為2 A，則該元件的電阻 $R = \frac{V}{I} = \frac{5}{2} = 2.5 \Omega$ 。

▼圖2-1-14 串聯、並聯時的電壓、電流大小

此外，電路串聯或並聯時，其電壓、電流的大小，也可以利用水流的概念來加以說明（圖 2-1-14）。

串聯

串聯時，總水位差等於各水位差總和；各水流量相等。

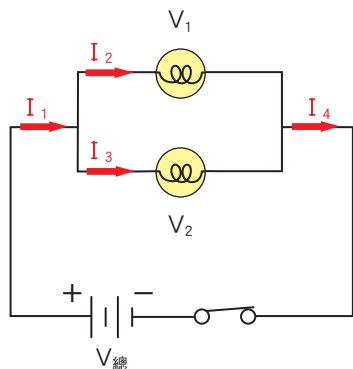
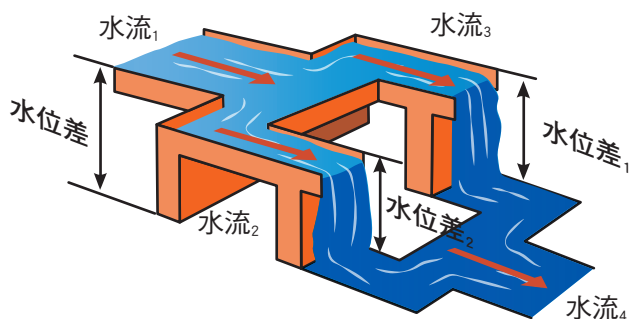


$$\begin{aligned} \text{總水位差} &= \text{水位差}_1 + \text{水位差}_2 \\ \text{水流量}_1 &= \text{水流量}_2 = \text{水流量}_3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{總}} &= V_1 + V_2 \\ I_1 &= I_2 = I_3 \end{aligned}$$

並聯

並聯時，各水位差相等；總水流量為各分支水流量相加。



$$\begin{aligned} \text{總水位差} &= \text{水位差}_1 = \text{水位差}_2 \\ \text{水流量}_1 &= \text{水流量}_2 + \text{水流量}_3 = \text{水流量}_4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{總}} &= V_1 = V_2 = V \\ I_1 &= I_2 + I_3 = I_4 \end{aligned}$$

延伸學習 電阻保護計算

設計電路時，若電源提供的電壓太大、超過元件的工作電壓時，我們就要在電路中串聯電阻，用來保護元件。

以圖 2-1-15 的串並聯電路圖為例，若每個 LED 的工作電壓為 3 V、工作電流為 20 mA，但電源提供的電壓為 5 V，此時電路中應該串聯幾 Ω 的電阻，才能確保 LED 不會燒毀？

【計算步驟】

➤ 圖2-1-15 電路組成與運作說明

1. 關於電壓（右圖 1）

- ① LED 的電壓：為了讓 LED 正常運作，LED 的電壓應為 3 V。

且 5 個 LED 並聯，電壓值均相同。

- ② 電阻的電壓：電阻與 LED 串聯

$$\rightarrow V_{\text{總}} = V_{\text{電阻}} + V_{\text{LED}}$$

$$\rightarrow 5 \text{ V} = V_{\text{電阻}} + 3 \text{ V}$$

$$\rightarrow V_{\text{電阻}} = 2 \text{ V}$$

2. 關於電流（右圖 2）

- ① LED 的電流：為了讓 LED 正常運作，每個 LED 的電流應為 20 mA。

5 個 LED 並聯，總電流 $I_{\text{總}} = 20 \times 5 = 100 \text{ mA}$ 。

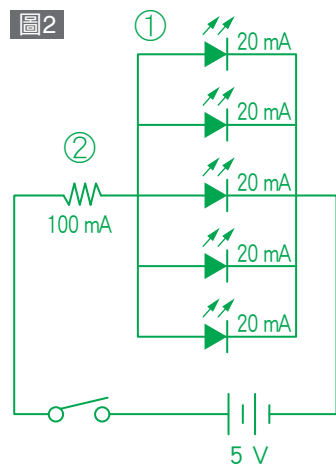
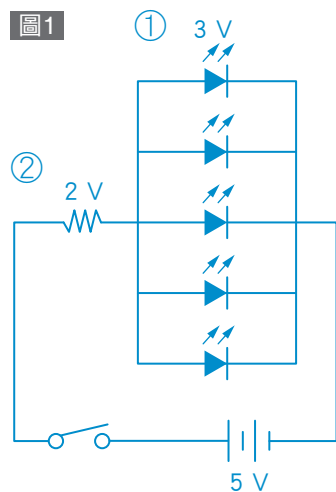
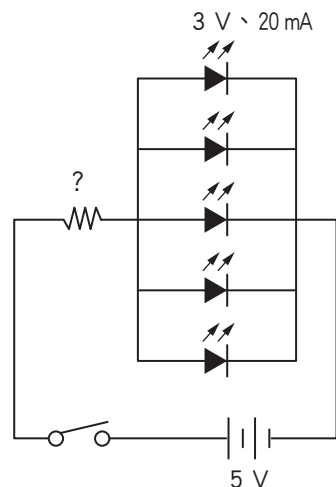
- ② 電阻的電流：流經電阻的電流 $I_{\text{總}} = 100 \text{ mA}$ 。

3. 電阻值計算

- ① 根據 1. ②、2. ②，這個電阻接在電路中時，端電壓為 2 V，電流為 100 mA (0.1 A)。

- ② 電阻計算： $R = \frac{V}{I} = \frac{2}{0.1} = 20 \Omega$ 。

也就是說，只要在電路中串聯 20 Ω 的電阻，就可以確保每個 LED 的端電壓為 3 V、電流為 20 mA。

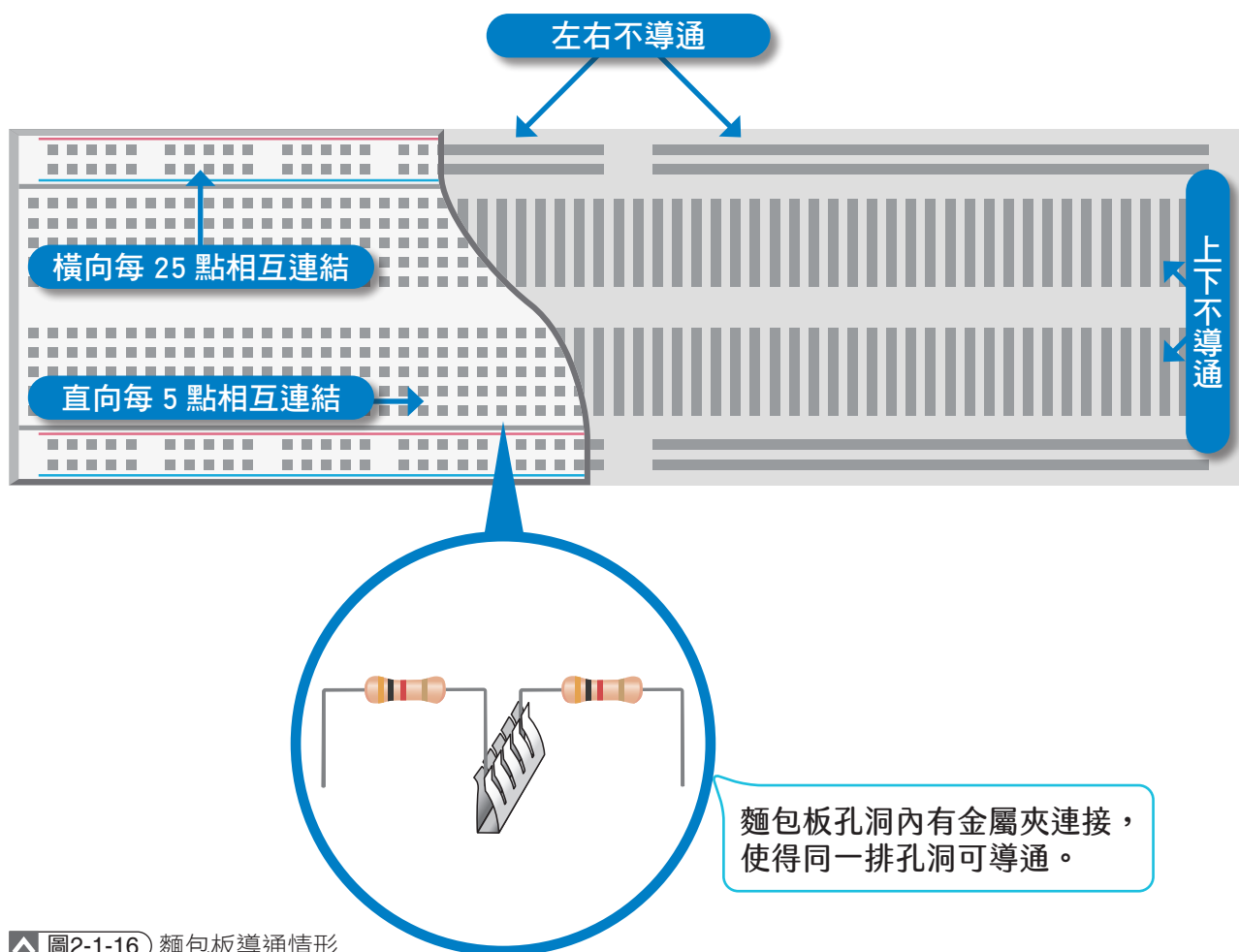


2 麵包板測試電路

- 1.關於元件功能的檢測，請見8下課本第1章P.180「三用電錶」之說明。
- 2.關於麵包板的用法與注意事項，請見 **機具材料** P.180。

設計電路時，一般要先繪製電路圖，並計算電路中的電壓、電流是否恰當。確認完電路圖之後，下一步並非直接銲接電路、製作作品，而是檢查各元件是否正常，再利用麵包板來組裝測試電路；待確認電路功能符合需求，才進行實際電路與作品的製作。

麵包板的特色是不需要經由銲接，就可以將電子元件連接成迴路，廣泛應用在電路設計的過程之中。麵包板上有許多孔洞，在縱橫排列的孔洞之間，有不同的導通情形，方便電路的組裝測試（圖 2-1-16）。

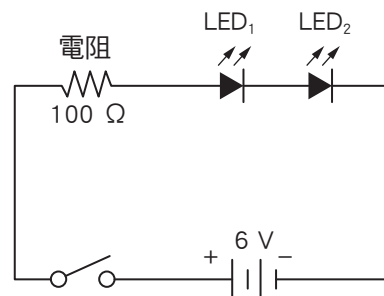


▲ 圖2-1-16 麵包板導通情形

▶ 1-2體驗活動① 串聯電路組裝

串聯電路是最基本的電路，各元件頭尾相接，形成迴路。在串聯電路中，若一個負載（例如：LED）壞掉，則整個電路無法運作。

現在，我們要依照圖 2-1-17 的串聯電路圖，完成麵包板的電路組裝。請依照步驟說明做做看。



▲ 圖 2-1-17 LED 串聯電路圖



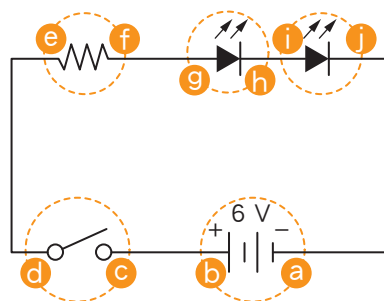
想一想，為什麼要選用 6 V 的電源？

註 可以使用一個 4 節的電池盒，或串聯兩個 2 節的電池盒。



連接電路時，應將元件的接腳依序逐一連接，避免跳著做而發生混亂或錯誤。

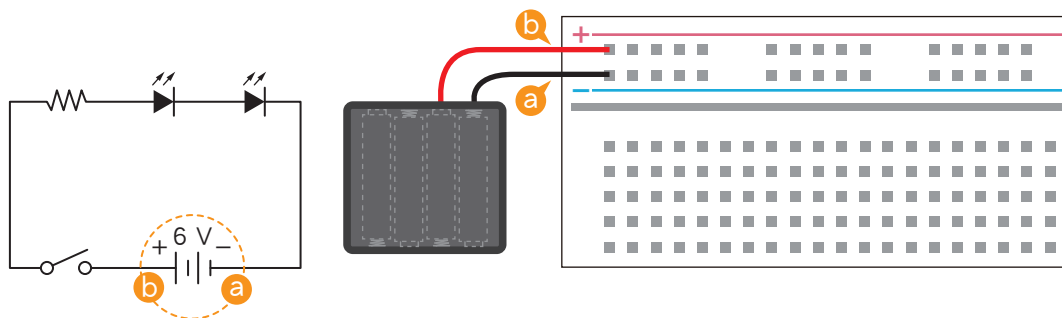
註 圖 2-1-17 安裝電阻的目的是限制電流，避免 LED 燒壞。



【組裝步驟說明】

step

1

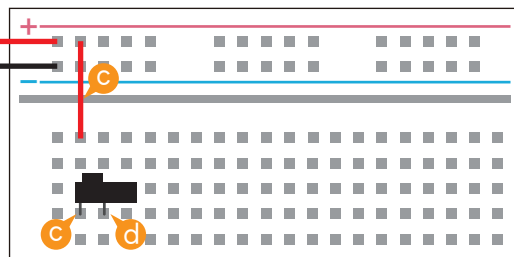
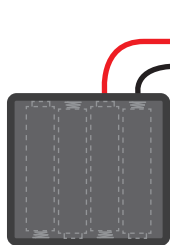
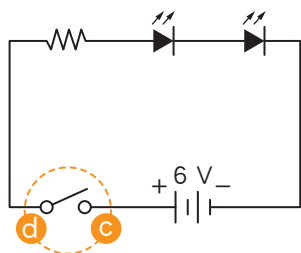


1. 麵包板上方的橫排為橫向導通，通常用來連接電源正、負極，使「+」橫排電位皆為正極、「-」橫排皆為負極。
2. 連接電池盒時，先不要安裝電池，避免線路接錯而造成短路，導致元件損壞。

- a 將電源負極（黑線）連接到標示「-」的橫排插孔。
- b 將電源正極（紅線）連接到標示「+」的橫排插孔。

step

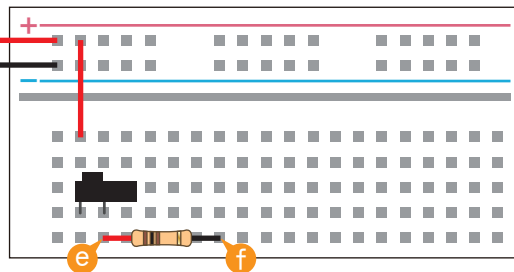
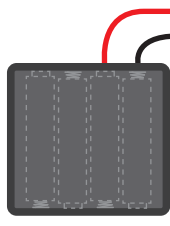
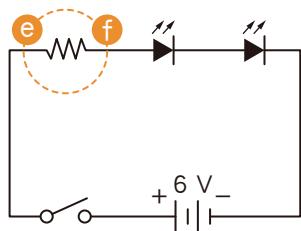
2



- 開關的 c 接腳要連接到電源正極，故先從正極橫排中接一條線出來，連接到下方直排中。下方直排的孔會互相導通，所以開關的其中一支接腳要接在同一直排中。
- 開關的 d 接腳不可與 c 接腳連接，故應接在另一直排中。

step

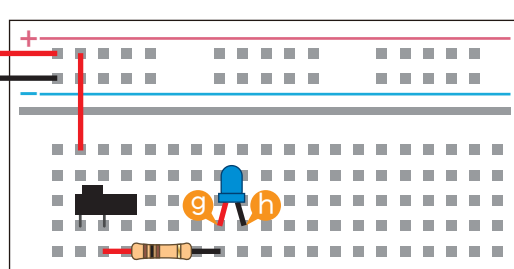
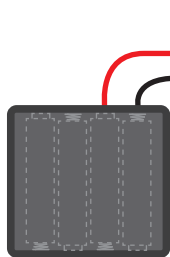
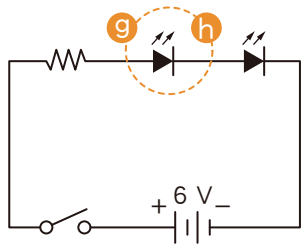
3



- 電阻的 e 接腳與開關的 d 接腳連接，由於電阻沒有極性之分，因此將電阻的任意一支接腳與開關 d 接腳接同一直排。
- 電阻的 f 接腳與 e 接腳必須形成電位差，故應跨接於不同直排。

step

4

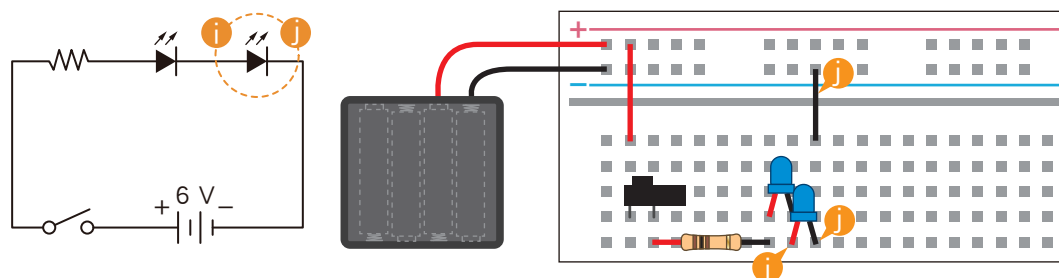


! LED有極性之分，長腳為正極、短腳為負極，不可接反。

- LED₁ 正極應連接電阻的 f 接腳，因此我們要將 LED₁ 的長腳 g 與電阻的 f 接腳接於同一直排。
- LED₁ 短腳 h 與長腳 g 必須形成電位差，故應跨接於不同直排。

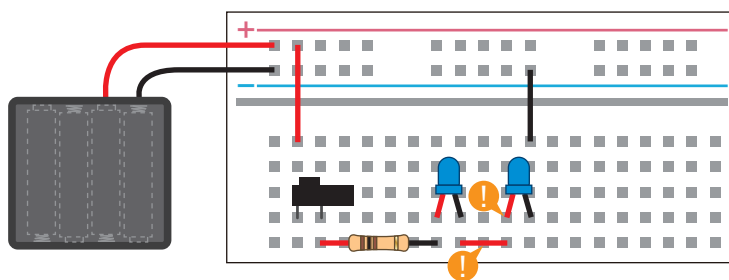
step

5



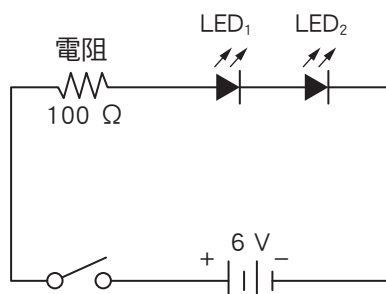
- ❶ LED₂ 會與 LED₁ 串聯，應將 LED₂ 的長腳 i 與 LED₁ 的短腳 h 相連，直接接在同一排。
- ❷ 最後，LED₂ 的 j 接腳要連回電池負極，因此先將短腳接在另一直排，再用導線將 LED₂ 的短腳與麵包板橫排「-」的位置相連接，形成迴路。

❗ 也可以先用一條導線，將 LED₁ 的 h 接腳延伸到另一直排，然後再接上 LED₂，如此可讓元件更整齊美觀。



【電路測試】

1. 組裝完成後，請再次逐一檢查各元件之間的連接是否正確。
2. 確認無誤後，安裝電池並切換開關檔位，檢視電路功能是否正常。
3. 請用三用電錶測量各元件的端電壓，以及流經的電流大小。

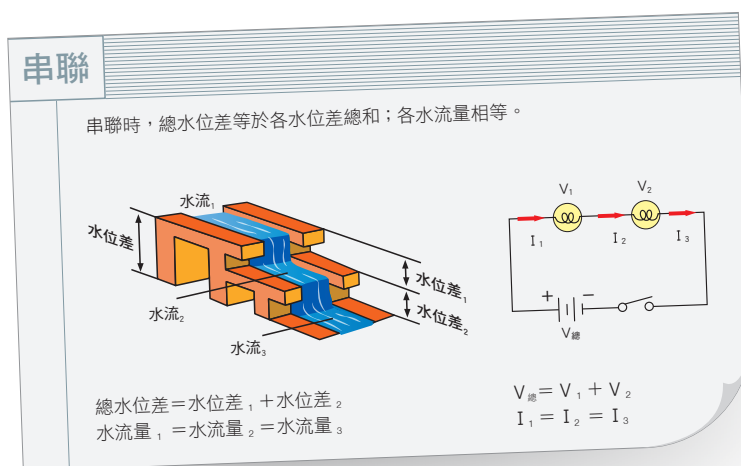


▲ 圖2-1-17 LED串聯電路圖

	元件兩端的電壓	流經元件的電流
電源		
電阻		
LED ₁		
LED ₂		

4. 承上，比較測量結果和 P.148 說明的串聯電路情形是否一致（如右圖）？

5. 請任意拔除電阻或 LED 的其中一支接腳，模擬元件損壞的狀態，電路是否能運作？

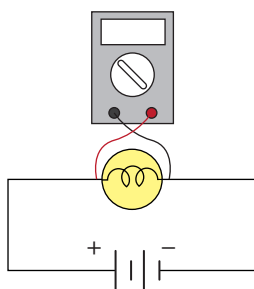


以三用電錶測量電流、電壓的方法如右圖所示，紅色探針應接在靠近電源正極的一側。在不確定測量範圍時，均應由最大的檔位開始測量，以免損壞電錶。

更詳細的說明，請見8下課本第1章P.180「三用電錶」。

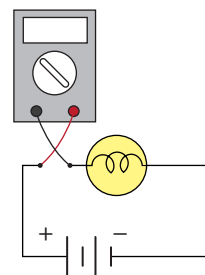
電壓測試

1. 檔位：DCV
2. 連接方法：與待測元件跨接



電流測試

1. 檔位：DCA
2. 連接方法：與待測元件串接

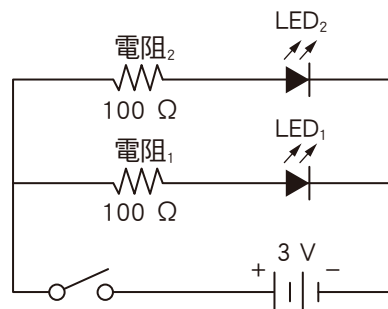


▶ 1-2體驗活動②

並聯電路組裝

並聯電路中，每個分支電路會分別形成迴路，若其中一個分支電路的元件（例如：LED）壞掉，並不影響另一個分支電路上的元件。

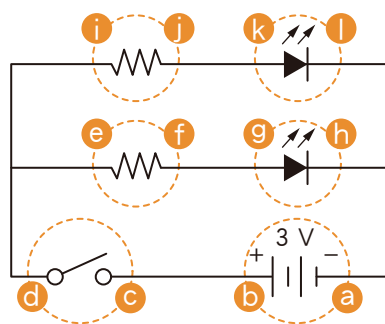
現在，我們要依照圖 2-1-18 的並聯電路圖，完成麵包板的電路組裝。請依照步驟說明做做看。



▲ 圖2-1-18 LED、電阻並聯電路圖

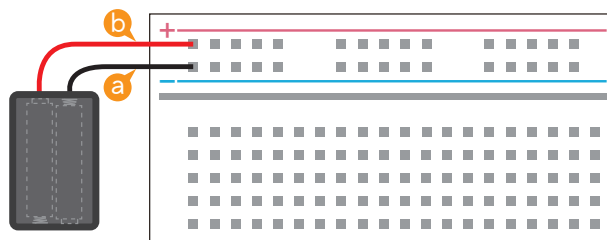
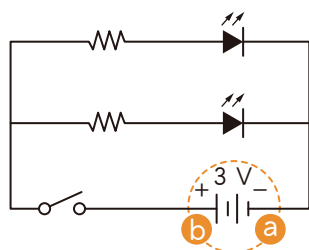
❓ 想一想，為什麼這邊要用3 V 作為電源？與P.151的電路需求有何不同？

! 並聯電路看起來比串聯電路複雜，但只要按部就班、逐一連接各元件的接腳，一樣可以順利完成電路。



【組裝步驟說明】

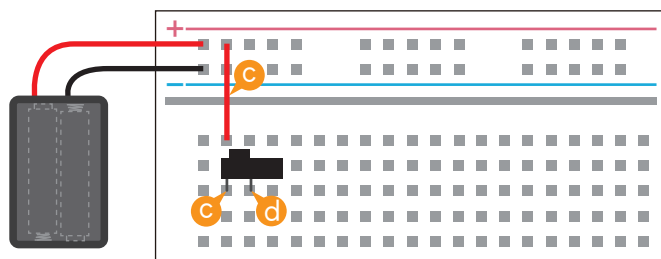
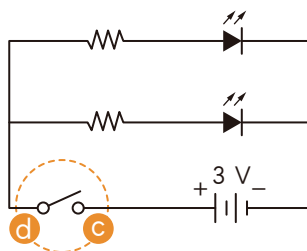
step 1



- Ⓐ 將電源負極（黑線）連接到標示「-」的橫排插孔。
- Ⓑ 將電源正極（紅線）連接到標示「+」的橫排插孔。

step

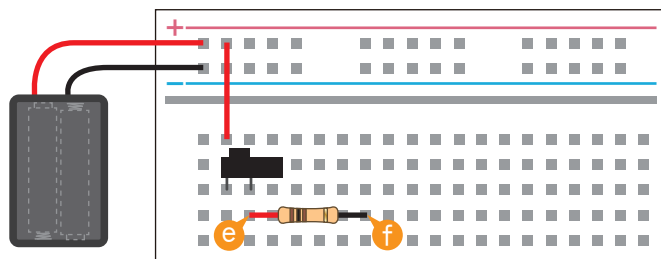
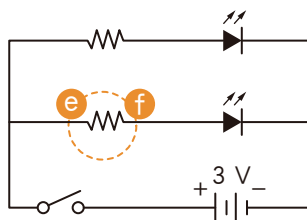
2



- 開關的 c 接腳要連接到電源正極，先從「+」橫排連接一條線到下方直排，再將開關的 c 腳接在同一直排中。
- 開關的 d 接腳不可與 c 接腳連接，故應跨接於不同直排。

step

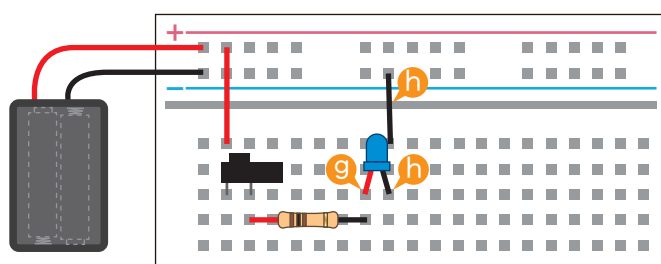
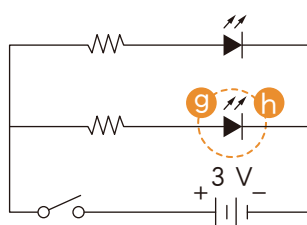
3



- 電阻₁的 e 接腳要連接開關的 d 接腳，兩者接在同一直排中。
- 電阻₁的 f 接腳與 e 接腳必須形成電位差，故應跨接於不同直排。

step

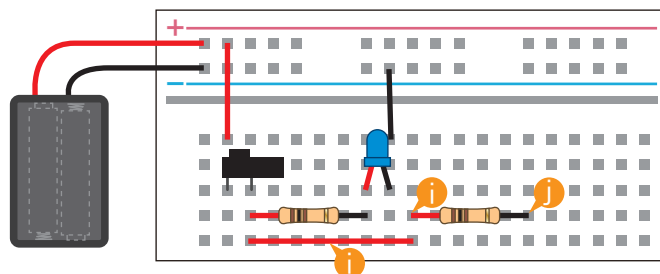
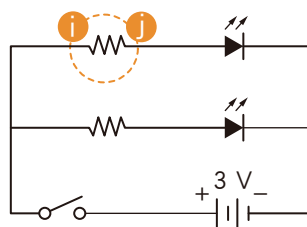
4



- LED₁ 正極應連接電阻₁的 f 接腳，因此將 LED₁ 長腳 g 與電阻₁的 f 接腳接於同一直排。
- LED₁ 負極要連接電源負極，且短腳須與長腳形成電位差，故將短腳 h 跨接於不同直排，再用導線跨接這個直排與「-」橫排，完成第一個分支電路。

step

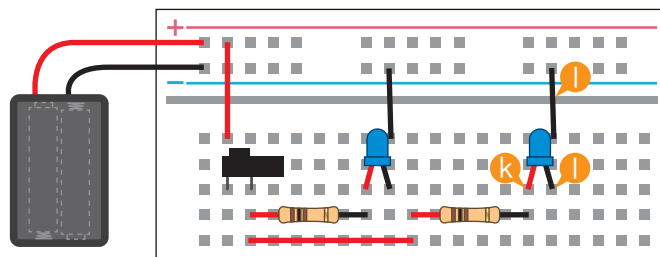
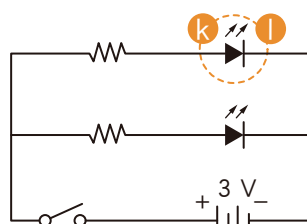
5



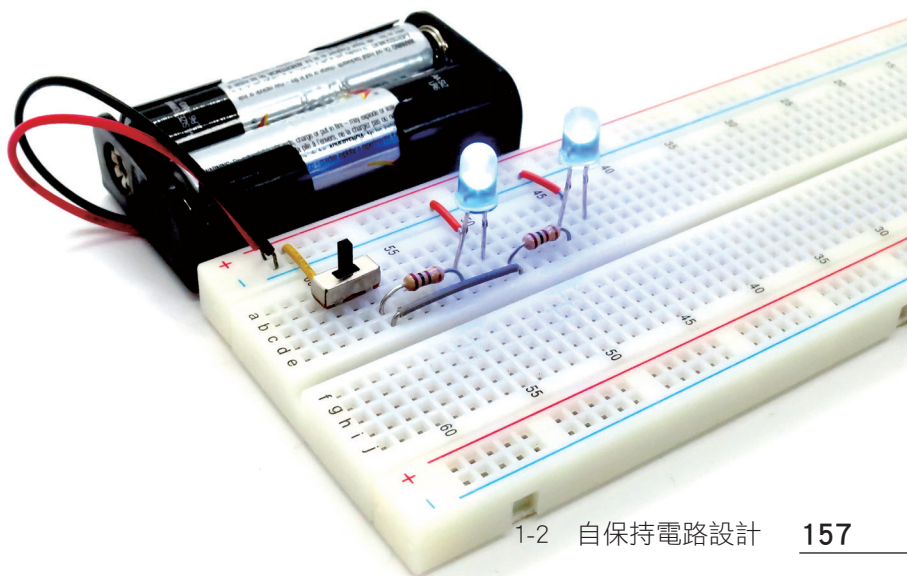
- ❶ 在第二個分支電路中，電阻₂的 i 接腳要與開關靠負極的一端相連（d 接腳），因此用導線連接到新的直排中，並將電阻₂的任意一支接腳接於同一直排。
- ❷ 電阻₂的另一支接腳跨接於不同直排。

step

6

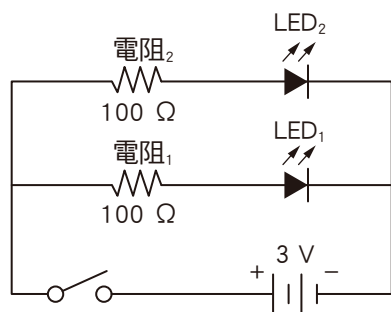


- ❷ LED₂ 正極應連接電阻的 j 接腳，因此將 LED₂ 長腳 k 與電阻的 j 接腳接於同一直排。
- ❸ LED₂ 負極要連接電源負極，且短腳須與長腳形成電位差，故將短腳 l 跨接於不同直排，再用導線跨接這個直排與「-」橫排，完成第二個分支電路。



【電路測試】

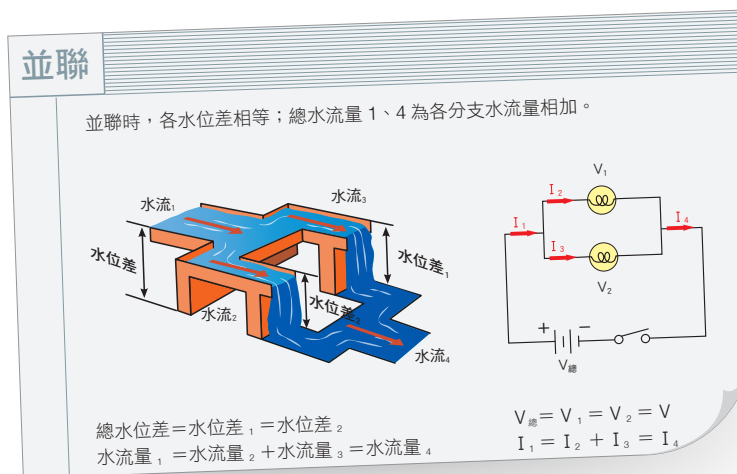
1. 組裝完成後，請再次逐一檢查各元件之間的連接是否正確。
2. 確認無誤後，安裝電池並切換開關檔位，檢視電路功能是否正常。
3. 請用三用電錶測量各元件的端電壓，以及流經的電流大小。



▲ 圖2-1-18 LED、電阻並聯電路圖

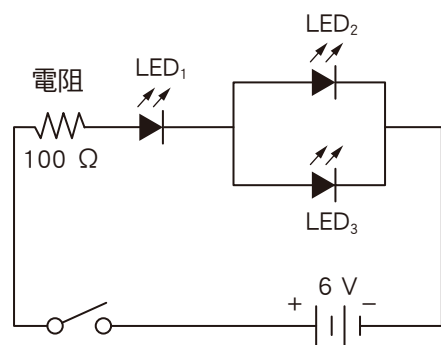
	元件兩端的電壓	流經元件的電流
電源		
電阻 ₁		
電阻 ₂		
LED ₁		
LED ₂		

4. 承上，比較測量結果和 P.148 說明的並聯電路情形是否一致（如右圖）？
5. 請任意拔除電阻或 LED 的其中一支接腳，模擬元件損壞的狀態，比較電路的運作情形與串聯電路有何不同？



學習單

圖 2-1-19 是一個串並聯電路圖，LED₂ 和 LED₃ 並聯之後，再與電阻和 LED₁ 串聯。請試著自己完成麵包板的電路組裝。



▲ 圖2-1-19 LED、電阻串並聯電路圖

【電路測試】

1. 組裝完成後，請再次逐一檢查各元件之間的連接是否正確。
2. 確認無誤後，安裝電池並切換開關檔位，檢視電路功能是否正常。
3. 請用三用電錶測量各元件的端電壓，以及流經的電流大小。

	元件兩端的電壓	流經元件的電流
電源		
電阻		
LED ₁		
LED ₂		
LED ₃		

4. 本電路中，各元件間的電流、電壓有什麼關係？
5. 若電路中的三個 LED 都能同時正常發亮，則拔掉哪一個 LED 時，會使三個 LED 全部不亮？為什麼？

3 自保持電路

① 認識自保持電路

一般電燈的開關有兩個檔位，開關必須維持在 ON 檔位，電燈才能持續發亮。然而，某些應用情境中，我們只是提供電器一個短暫的觸發訊號，就能讓電器持續通電，這時候就要運用到**自保持電路**。

例如：當按下鐵捲門的開關後放開，開關按鈕就會彈回到原位，而馬達則會持續運轉，直到完全打開（或關閉）時，才會自動斷電停止，這就是「自保持電路」運作的結果（圖 2-1-20）。

在電流急急棒的闖關過程中，當測試棒碰觸到迷宮，蜂鳴器就會發出聲音，即使測試棒已經離開迷宮（形成斷路），蜂鳴器的電路還是會保持通路，直到按下重置開關為止；這樣的功能也是要依賴「自保持電路」的運作。

➤ 圖2-1-20 不同開關的運作情形

A 一般電燈開關必須維持在ON檔位，電燈才能發亮；切到OFF檔位，電燈就熄滅。



B 鐵捲門開關只要按一下，放開後就會彈回原位，但馬達會持續運作到門打開（或關上）為止。



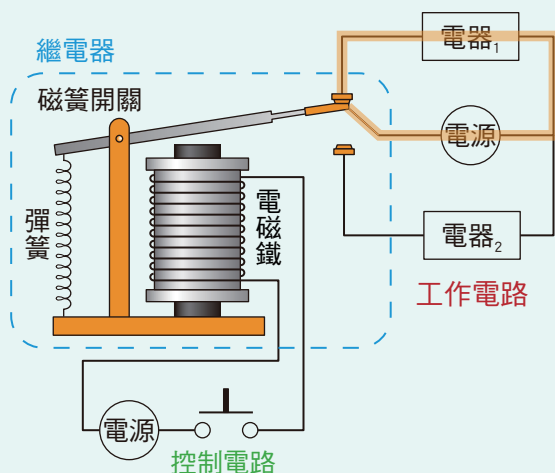
2 繼電器原理

自保持电路中的核心元件是**繼電器**，常見的電磁式繼電器由「電磁鐵」與「磁簧開關」組成，利用電磁鐵產生磁場以吸引磁簧開關，因此可用電流控制工作電路的通路或斷路（圖2-1-21A）。

繼電器中有常閉（NC）、常開（NO）兩個接點，可依電路運作的需求連接，其電路圖如圖2-1-21B所示。

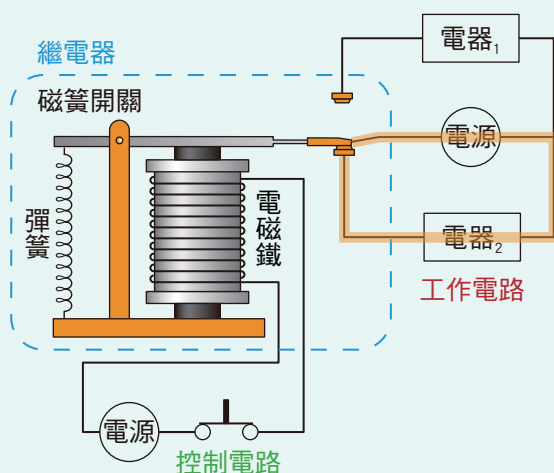
圖2-1-21 繼電器原理與電路圖

A 繼電器原理



1. 控制電路斷路

磁簧開關受左側彈簧作用，導通電器₁。



2. 控制電路導通

電磁鐵產生磁力，磁簧開關受磁力移動，導通電器₂。

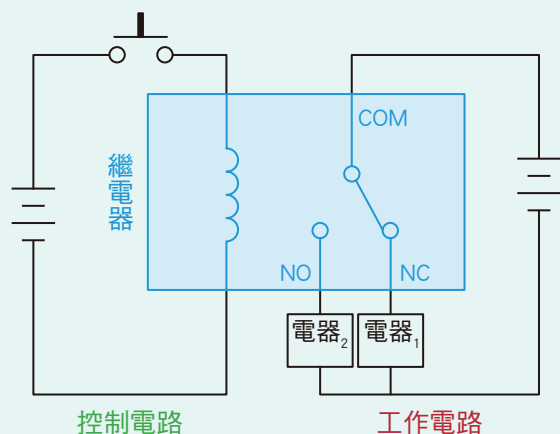
B 繼電器電路圖

1. 常閉接點（NC，normally closed）

電器₁連接的即為常閉接點。平時為通路狀態，當控制電路通電時，變為斷路狀態

2. 常開接點（NO，normally open）

電器₂連接的即為常開接點。平時為斷路狀態，在控制電路通電時，才會形成通路。



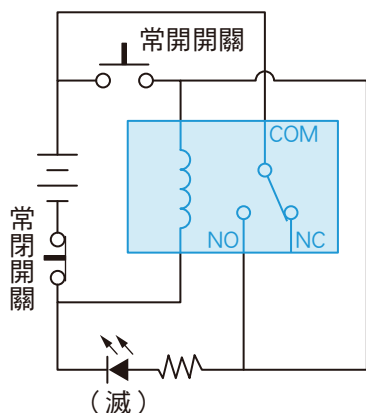
③ 自保持電路運作原理

▼圖2-1-22 自保持電路運作原理

註 綠色標示代表本次操作的開關。

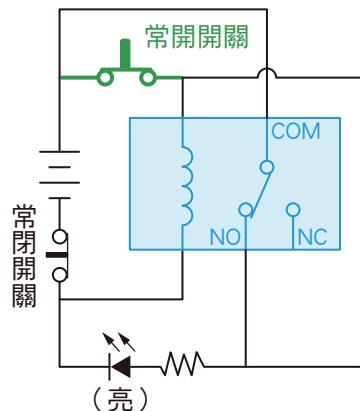
了解繼電器的原理之後，接著說明自保持電路的運作（圖 2-1-22）。

1. 原始狀態



- (1) 繼電器開關在常閉接點位置（NC）。
- (2) LED 未形成迴路，不運作。

2. 按下常開開關

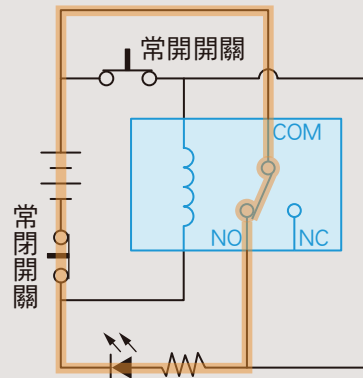
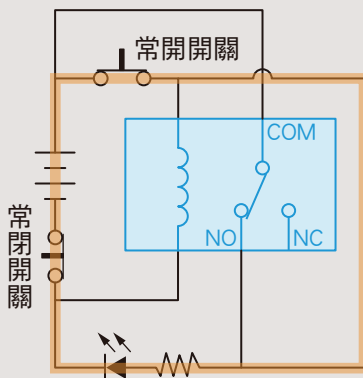
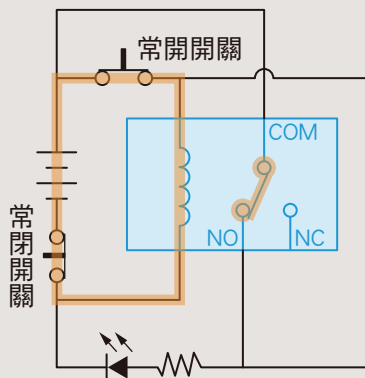


- (1) 繼電器開關導通常開接點（NO）。
- (2) LED 發亮。

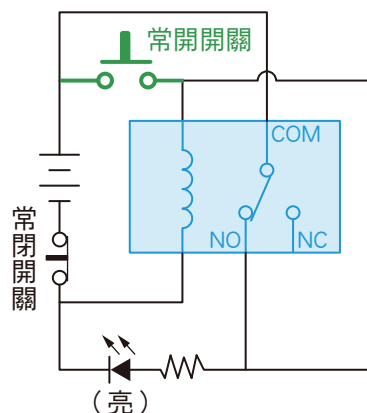
■ 按下常開開關的電路運作情形

① 繼電器線圈通電後產生磁力，使常開接點（NO）導通。

② 「常開開關形成的通路」、「繼電器NO接點導通」，都會使 LED 亮起。

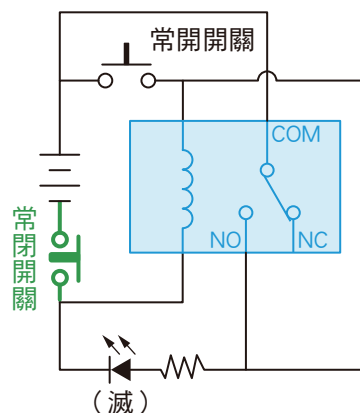


3. 放開常開開關



- (1) 自保持電路運作，繼電器常開接點（NO）持續導通。
- (2) LED發亮。

4. 按下常閉開關



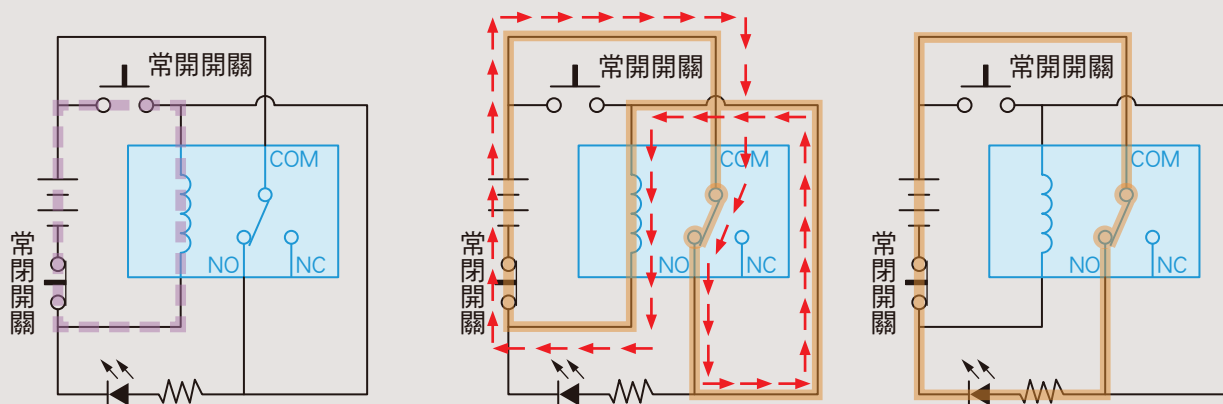
- (1) 電源被切斷，電路回復原始狀態。
- (2) 繼電器線圈斷電，繼電器開關回到常閉接點位置（NC）。
- (3) LED未形成迴路，不運作。

■ 放開常開開關的電路運作情形

① 常開開關回復到斷路狀態，其迴路中斷。

② 繼電器線圈因下圖迴路而持續作用，因此NO接點維持導通。

③ 因為繼電器NO接點導通，所以LED持續發亮。

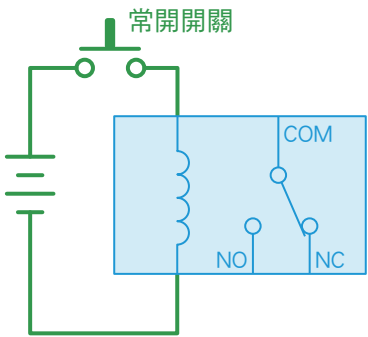
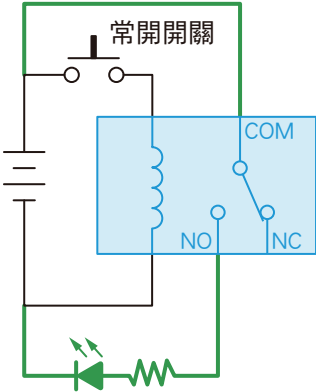


④ 自保持電路設計

▼ 圖2-1-23 自保持電路設計步驟

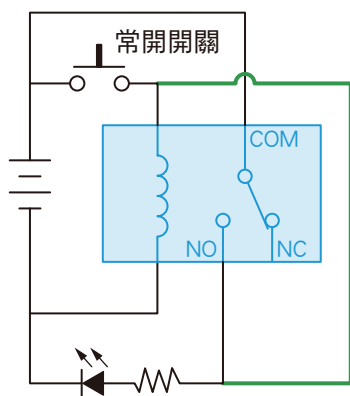
註 綠色標示的線路代表新加入的電路元件。

自保持電路看起來很複雜，但只要依照其運作原理逐步規畫，就能順利設計出來。我們以前頁的電路為例，說明設計步驟（圖 2-1-23）：

	1. 控制電路	2. 工作電路
功能	用來啟動整體電路的運作。 （本例中為常開開關）	真正要執行任務的電路與元件。 （本例中為 LED）
連接方法	 將電源、常開開關、繼電器線圈連接成迴路。	 (1)將電源正極接至共同接點（COM）。 (2)將電阻、LED串聯： ①一端接至繼電器常開接點（NO）。 ②一端接至電源負極。
作用情形	➡ 當常開開關按下時，繼電器線圈導通，即可使常閉接點（NC）切換至常開接點（NO）。	➡ 當常開開關按下時，繼電器常開接點（NO）被導通，LED亮起。 ➡ 放開常開開關，繼電器線圈斷路，常開接點（NO）斷路，LED熄滅。

3. 自保持電路

用來維持繼電器運作，達到自保持的目的。

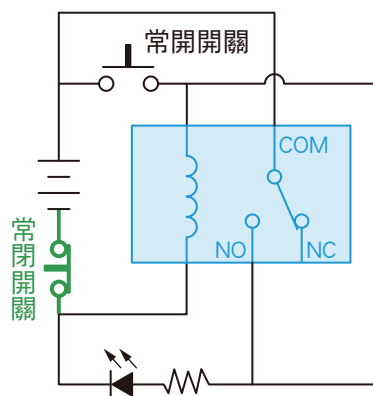


將常開接點（NO）連接至繼電器線圈正極。

➡ 讓繼電器常開接點（NO）的電流可以流至線圈，只要繼電器被導通，就會形成自保持電路。

4. 重置開關

將電路回復成原始狀態。
（本例中為常閉開關）

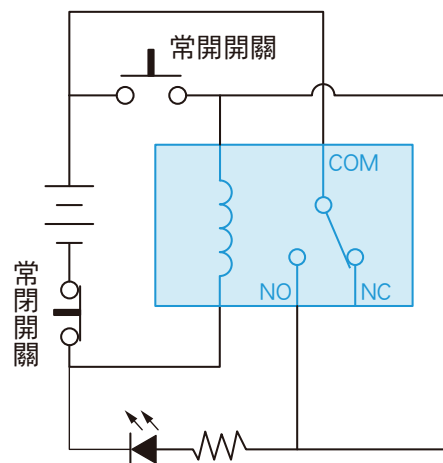


若要使自保持電路停止運作，須在電源負極增加常閉開關。

➡ 按下常閉開關，全部電源中斷，繼電器回復原狀。

▶ 1-2體驗活動③ 自保持電路實驗

利用麵包板接出自保持電路（圖 2-1-24），使常開開關按下時，LED 會亮起。放開開關，直到常閉開關按下時，電路才會停止運作。

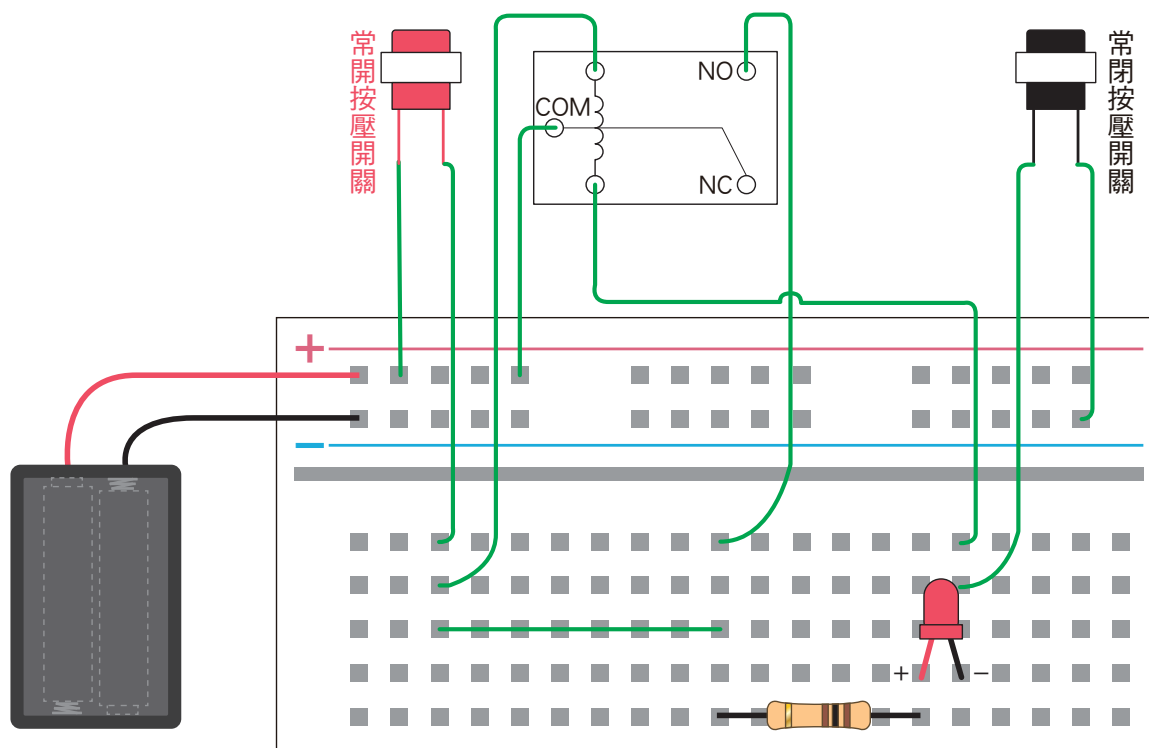


▶ 圖2-1-24 自保持電路實驗圖

【活動步驟】

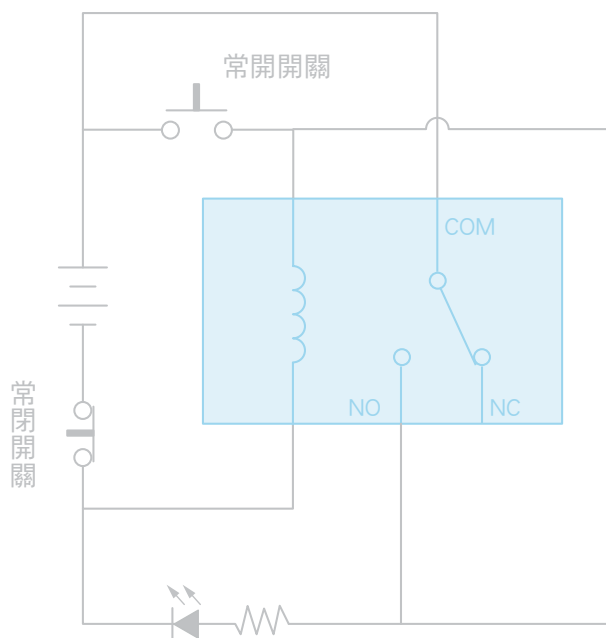
1. 將繼電器、常開／常閉開關的接腳各鉗上約 5 cm 單芯導線。
2. 依照圖 2-1-25 麵包板接線圖，完成自保持電路接線。
3. 測試電路是否能正確運作。

✓ 圖2-1-25 自保持電路的麵包板接線圖

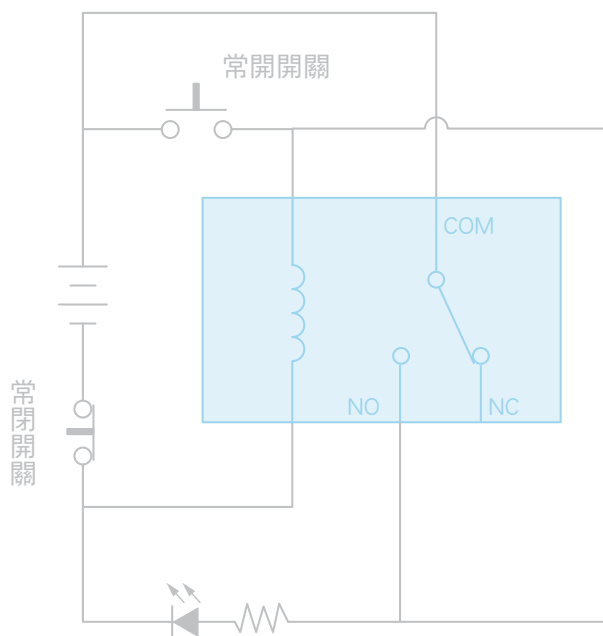


【想一想】

1. 若要在自保持電路中加上蜂鳴器，當常開開關按下時，LED、蜂鳴器會持續運作，直到常閉開關按下才停止運作。應該如何修改電路呢？請畫在右圖中。



2. 承 1，若要將本電路圖修改為電流急急棒使用的電路圖，應該怎麼設計或修改呢？請畫在右圖中：
 - (1) 利用測試棒與迷宮來驅動電路。
 - (2) 為作品加裝一個總開關。



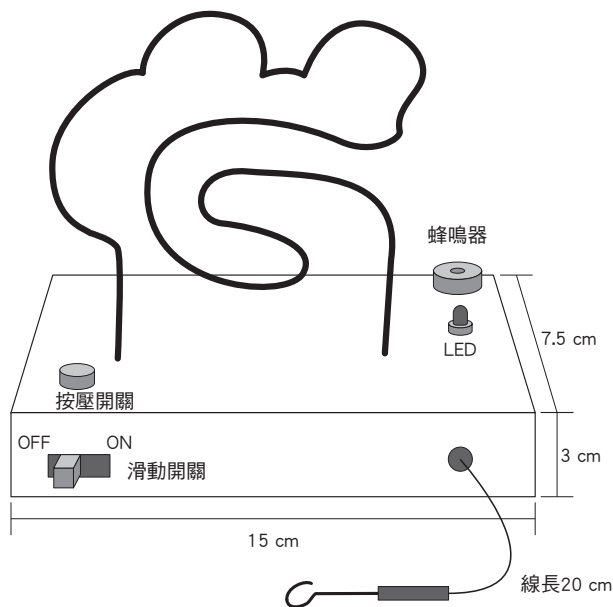
4 電流急急棒 · 產品設計製作

產品設計包含設計者的美感構思、工業生產的製造技術、使用者的操作方式等，藉由多項要素呈現產品特質。因此設計一項產品時不僅需要能正確運作的功能，還需要完整外殼的包覆、良好的操作體驗。

▼ 圖2-1-26 作品外殼設計說明

設計圖

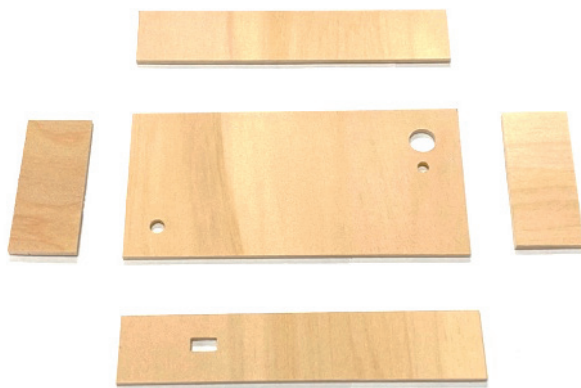
設想使用者的操作方式，加上設計者的巧思，繪製作品外觀設計圖。



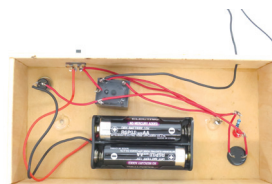
- ! 1. 元件位置安排，應留意操作使用的順暢性。
例 手把的電線應該接在底座側面、頂部、或底部？
- 2. 注意是否有遺漏的零件。
例 蜂鳴器是否需要出現在外殼？總開關、LED呢？

零件製作

考慮作品要呈現的樣貌，選擇適當的材料，依據設計圖繪製零件圖，並放樣在材料上，進行零件製作。



- ! 1. 底座空間要能容納所有元件。
- 2. 應事先量測元件尺寸，以利加工安裝孔洞。



以本活動為例，完成了「闖關失敗後要能持續發聲、發亮」的電路設計之後，要思考電路安裝在什麼樣的底座中？闖關迷宮要如何造形？並應考慮各項操作的方便性等問題。以下說明本活動產品設計中，外殼設計的方式與注意事項（圖 2-1-26）。

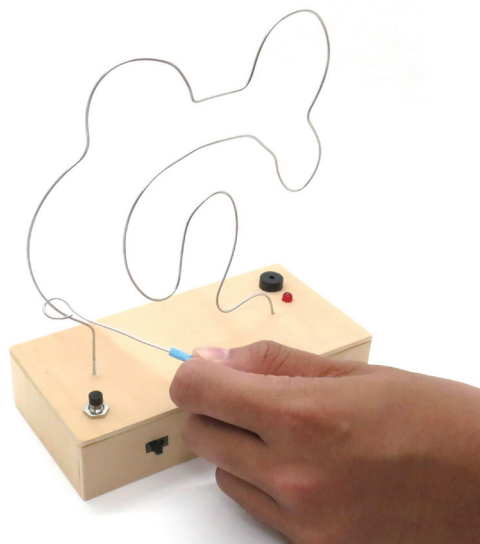
作品組裝

將外殼、電路組裝成作品。

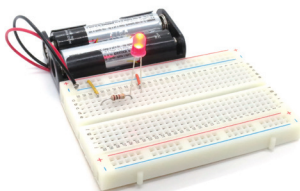


測試修正

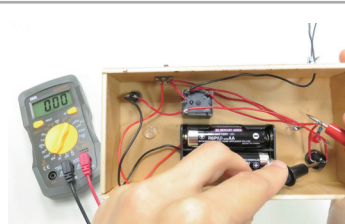
實際操作產品，測試加上外殼後，作品功能是否符合規畫，並加以調整。



！組裝前，應先以麵包板確認元件功能正常，且電路運作正確，再將電路組裝至底座中。



！若電路運作異常，可使用三用電錶逐一檢查，並加以調整修正。



1-3

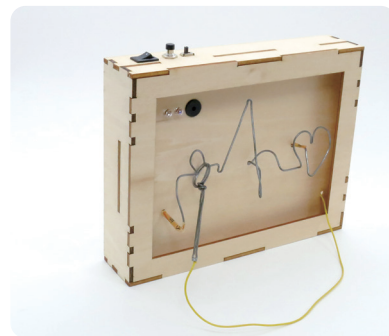
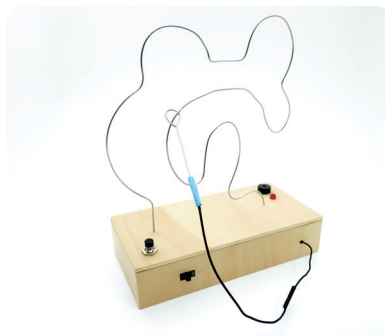
〔測試修正〕

測試修正



1. 連接電路前，應先用三用電錶測試元件功能，並以麵包板確認電路規畫達到預期效果。
2. 開關、蜂鳴器、繼電器檢測方式，請見 **機具材料** P.176。
3. 三用電錶詳細使用方式，請見8下課本第1章P.180「三用電錶」。

電流急急棒要能順利運作，電路的正確性是最重要的環節。須注意電子元件功能正常、電路規畫正確、電路銲接妥當；而在作品設計的部分，需將電子元件妥善安置於底座木盒中，並整理電線、做好絕緣處理。以下針對本活動較常發生的問題，及其可能成因進行說明，請於製作過程中多加留意，並加以避免。



問 題

狀 況

電路接線
問題

1. 電池裝反或電壓不足
2. 銲接點脫落
3. 電子元件腳位接錯
4. 電路接錯

作品規畫
問題

1. 元件無法固定
2. 電線凌亂、過長
3. 遊戲效果不佳
4. 測試棒導線太短，無法走完迷宮

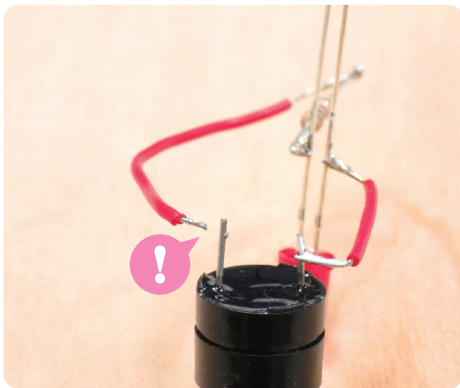
1 | 電池裝反或電壓不足



1. 打開開關後，電路沒有反應。
2. 自行增加電子元件，造成電壓不足，使 LED 不亮、蜂鳴器不響。

- !
1. 當電路沒有反應時，可先檢查電池正負極是否裝反。若電池裝反，則電路不會通電。
 2. 檢查電池是否有電。
 3. 若有增加其他元件，則可能需要加大電壓。應視情況增加電池數量。

2 | 銲接點脫落

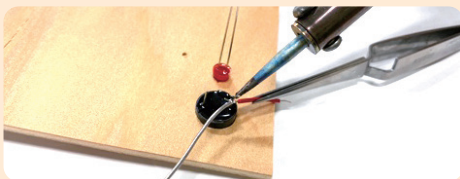


導線銲接點脫落，造成短路或斷路。

- !
1. 銲接後輕拉導線，確認銲點牢固。
 2. 銲接後，可使用絕緣膠帶包覆導線裸露處，確保絕緣、避免短路。

Tips 導線銲接

1. 銲接時以夾具固定元件：



銲接時應使用尖嘴鉗、反向夾等夾具固定元件，以方便銲接。

2. 鐵絲與導線互相纏繞再銲接：



將導線絕緣外皮剝除約 1 cm，纏繞在鐵絲上，再以銲錫包覆纏繞處。

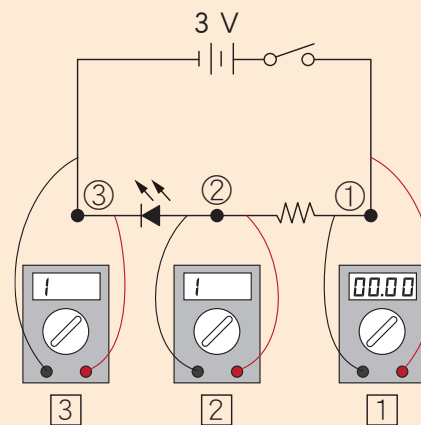
以三用電錶的「電阻檔位」檢測：

1. 電源：關閉電路的電源。
2. 電錶：轉到電阻檔位。
3. 探針：依序將紅、黑探針分別放在銲接點的前後，判斷銲點是否導通。
4. 判斷：

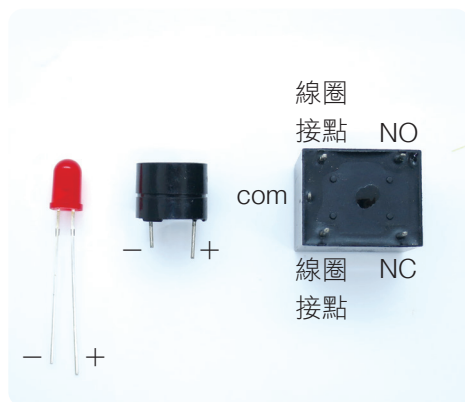
銲點導通	銲點斷路
電錶讀數為 0，表示銲點導通。	電錶讀數為左側的 1，表示電阻 ∞ 。
	

例 右圖 LED 不亮時的檢測方式

1. 電路電源關閉。
2. 電錶轉盤切到「 Ω 、20 k」檔位。
3. 紅色、黑色探針放銲點 1 兩端。
➡ 電錶讀數為 0，表示銲點 1 沒問題。
4. 紅色、黑色探針放銲點 2 兩端。
➡ 電錶讀數為畫面左側的 1，表示銲點 2 斷路。
5. 紅色、黑色探針放銲點 3 兩端。
➡ 電錶讀數為畫面左側的 1，表示銲點 3 也斷路。



3 | 電子元件腳位接錯

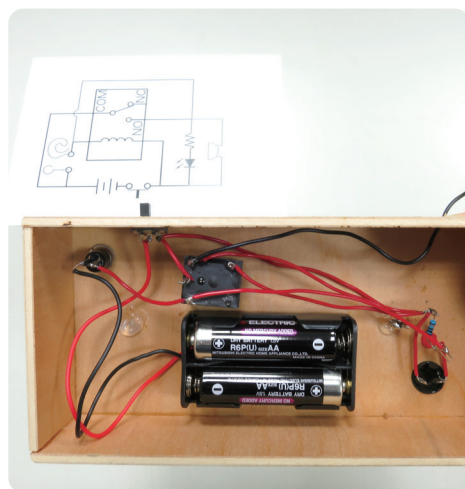


電子元件功能正常，但電路無法正常運作，可能是元件腳位接錯。



1. 有些電子元件的接腳有正負極之分（LED、蜂鳴器），有些元件接腳有特定對應的接點（繼電器），銲接前應先確認元件腳位極性，以及接線方式。
2. 重新核對電路圖、接線圖與作品，找出錯誤原因。

4 | 電路接錯



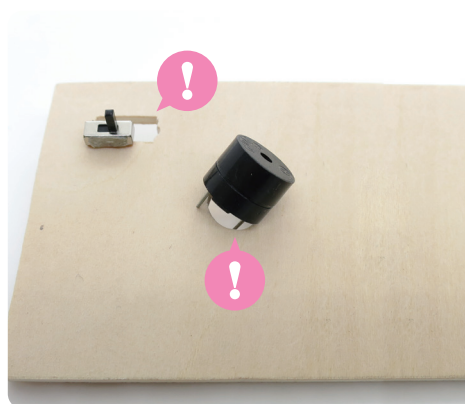
電路接錯，造成短路或斷路。

- (1) 短路：兩條電路互相接觸而異常導通，造成短路。通常電池會發燙。
- (2) 斷路：電路接錯可能會造成斷路。



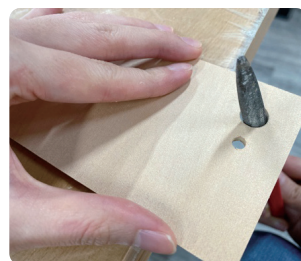
1. 可依據電子元件的反應來除錯。例如：LED會亮，但按常閉按壓開關不會熄滅，表示電子元件正負極接對、能通電，那可能是其他地方接錯；LED不亮則可能是電路接錯或電子元件正負極接錯。
2. 重新核對電路圖、接線圖與作品，找出錯誤原因。
檢測方式 從電源開始順時鐘依序核對電路圖與作品。
3. 也可以三用電錶檢測元件導通情形，找出接錯的元件。

1 | 元件無法固定



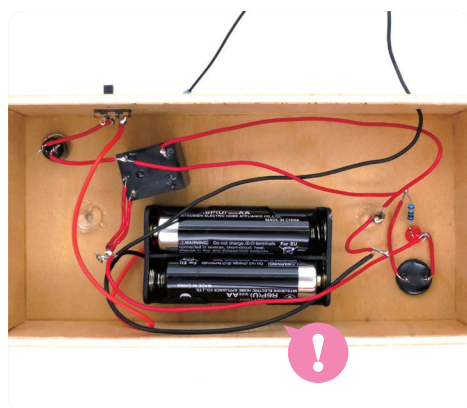
木盒上的元件孔位過大，電子元件裝上後會鬆動；木盒上的元件孔位過小，電子元件無法裝入。

1. 鋸切時避免直接鋸在畫記線上，可能造成孔洞過大。應鋸在畫記線內，靠近不要的材料那一側。之後再以砂紙或銼刀修飾孔位，使電子元件可以剛好卡住。



2. 使用鋼尺（準確值到0.5 mm）或游標卡尺測量元件。
3. 若孔位過大，可使用熱熔膠將電子元件黏著固定。

2 | 電線凌亂、過長



盒中線路凌亂；導線過長掉出盒外，拿取時容易勾到其他物品。

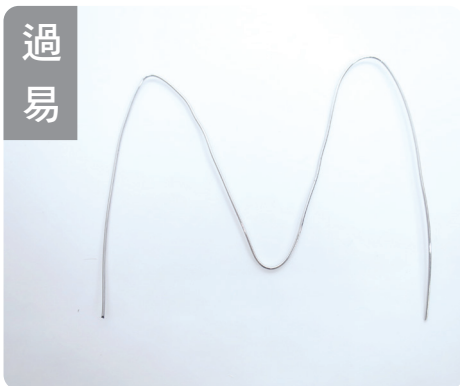
- 剪線前，要先量過電子元件之間的距離，勿剪過長或過短。過長電線會凌亂，不易整理；過短則無法連接電子元件。

3 | 遊戲效果不佳

過
難



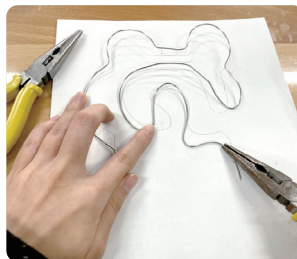
過
易



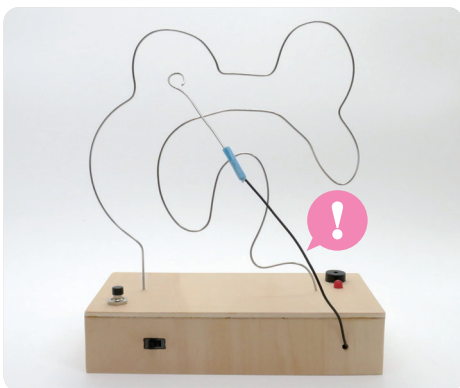
急急棒迷宮形狀過難或過易。



彎折迷宮鐵絲時，可將設計圖擺在鐵絲下方，搭配尖嘴鉗輔助彎折鐵絲。



4 | 測試棒導線太短，無法走完迷宮



測試棒的導線太短，無法走完迷宮；或可活動範圍太小，操作不順暢。

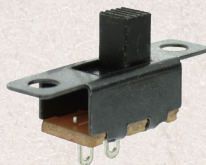


1. 剪線前，應測量測試棒銲接位置到迷宮最遠處的距離。
2. 最好能再多預留一些導線長度，以利使用者活動與操作，避免導線過短得再另外加長。

開關



按壓開關



滑動開關



船型開關

用途 控制電源通路或斷路。

規格

- 1 按壓開關：又稱為復位開關。有常開開關（NO）、常閉開關（NC）、複合開關等種類。
- 2 滑動開關：有不同段數、接腳（pin）數量的差異。
- 3 船型開關：又稱為洛克開關、翹板開關。有不同段數、接腳數量的差異。

! 各種開關均有適用不同電壓、電流的規格，應視電路需求選用。

用法與注意事項

- 1 依據電路與操作需求選擇合適開關。

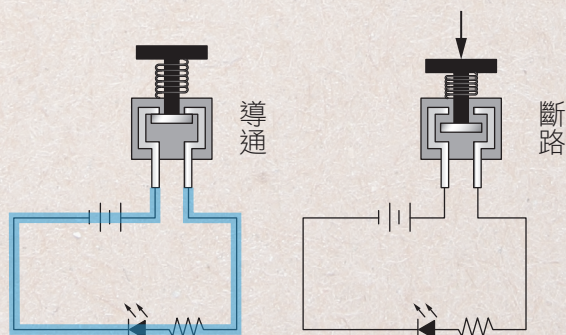
例 自保持電路的「重置開關」以按壓方式較好操作，故選用可自動回位的按壓開關。

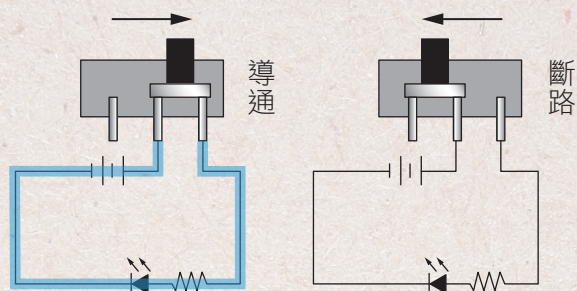
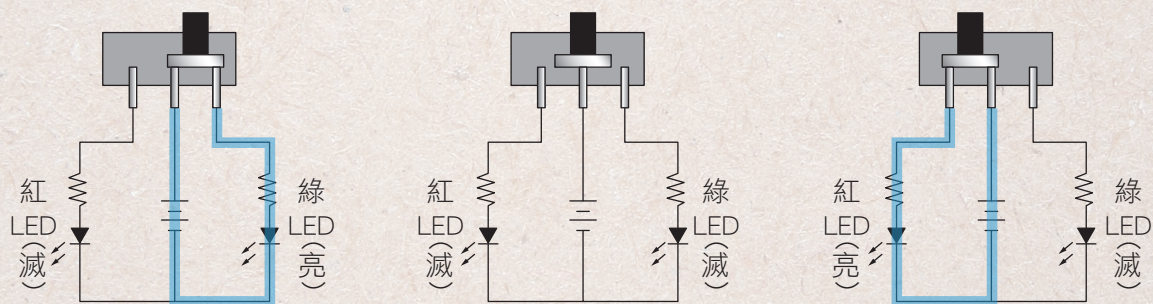
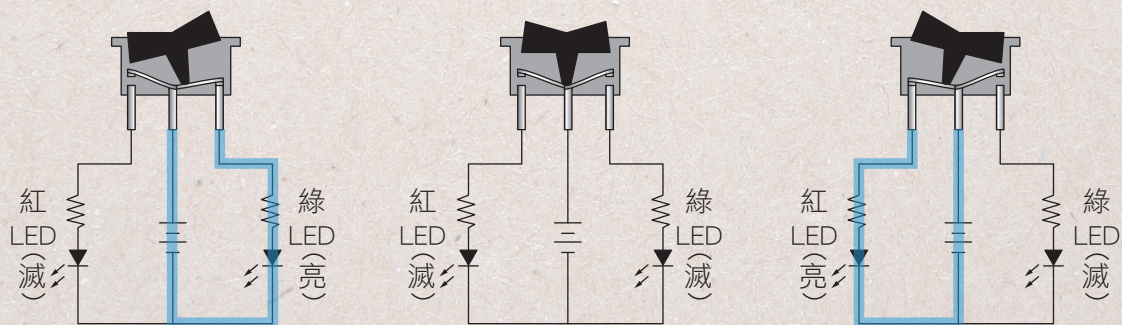
- 2 開關會因為段數、接腳數量、廠牌、設計不同，而影響接線方式。使用前應確認連接方式。

註 可利用三用電錶Ω檔測試開關在不同檔位時，接腳間的通、斷路情形。

- 3 按壓開關（NC）的連接方式：

註 藍色標示代表電路導通。



4 2段3腳滑動開關控制單一電路：**註** 藍色標示代表電路導通。**5** 3段3腳滑動開關當成切換開關使用：**註** 藍色標示代表電路導通。**6** 3段3腳船型開關當成切換開關使用：**註** 藍色標示代表電路導通。

蜂鳴器



有源蜂鳴器

無源蜂鳴器

用途 發出聲響

規格

- 1 有不同適用電壓的區別，常見有3 V、5 V、12 V等規格。
- 2 依照功能可分為：

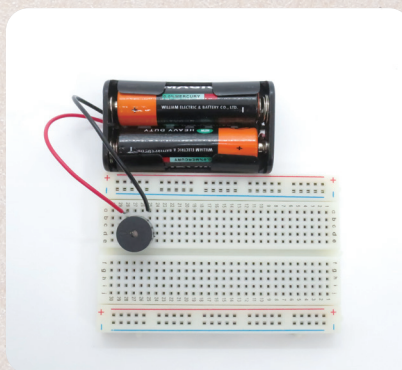
電路符號



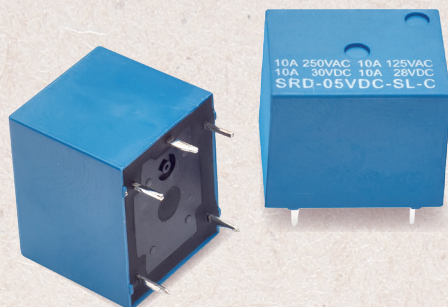
種類	有源蜂鳴器	無源蜂鳴器
特性	1. 只要接通電源，就能發出聲音。 2. 只能發出固定音調的聲音。	1. 一般的直流電無法驅動。 2. 輸入不同頻率的電流時，可發出不同音調的聲音。 註 常用於Arduino等開發板，以程式控制音調或播放簡單旋律。

用法與注意事項

- 1 確認電路的電壓，選擇相對應電壓的蜂鳴器。
- 2 接腳有極性之分，確認電路後，將電線與蜂鳴器銲接起來。
- 3 有源蜂鳴器功能檢測方式：
可以使用電池盒、麵包板測試蜂鳴器是否能正常運作。蜂鳴器通電後，發出聲響表示正常運作；沒有聲響表示元件故障。



繼電器



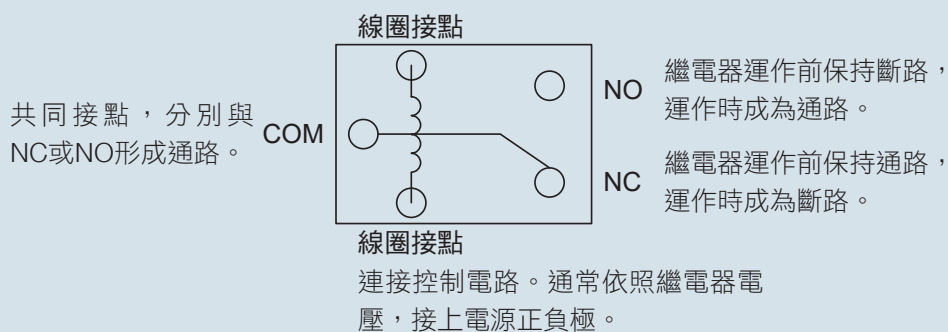
用途 作為開關使用

規格 依照工作原理、啟動電壓而有不同種類

用法與注意事項

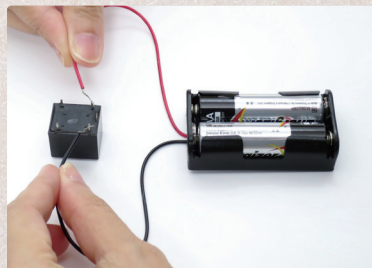
- 1 繼電器裡有電磁鐵及磁簧開關，線圈通電後會產生電磁場，電磁場會吸引開關，此時可以聽到繼電器發出聲響，即為開關切換的聲音。
- 2 確認電路電壓，選擇相應的繼電器，並注意接線方式。
- 3 5腳繼電器的接線方式：

註 可依需求只連接NC或NO其中之一，亦可兩個接點均使用。

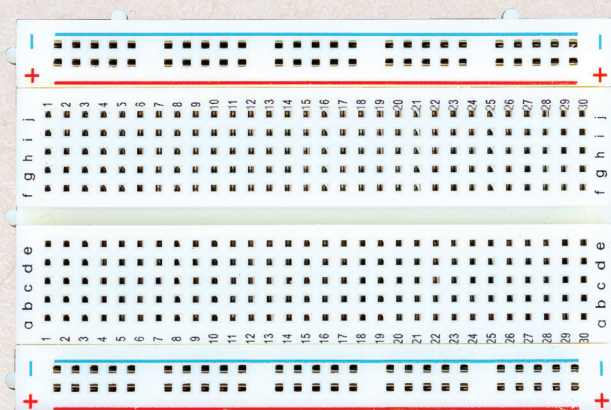


- 4 繼電器功能檢測方式：

可用電池及電池盒測試繼電器功能。將電池盒連接繼電器線圈接點，若有「答」的聲音，代表繼電器順利運作；若沒有聲音，表示繼電器故障。

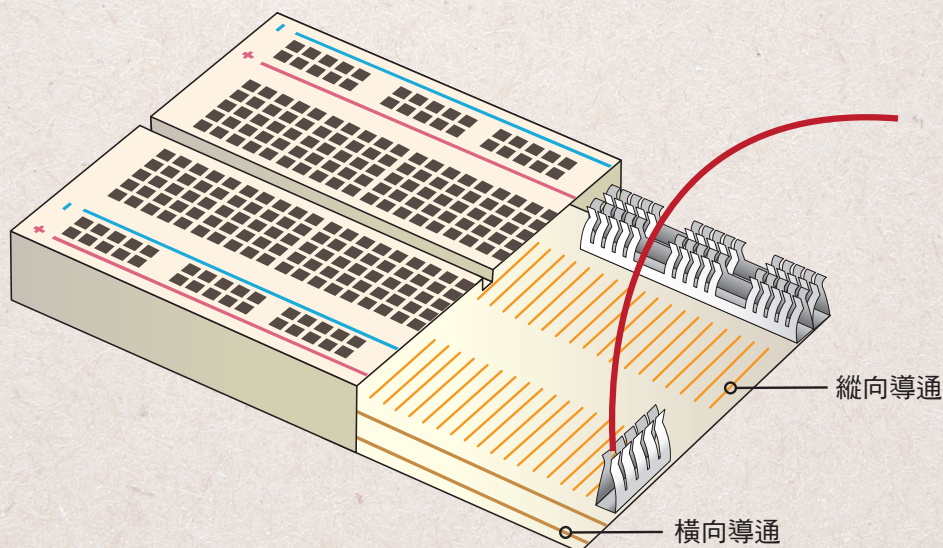


麵包板



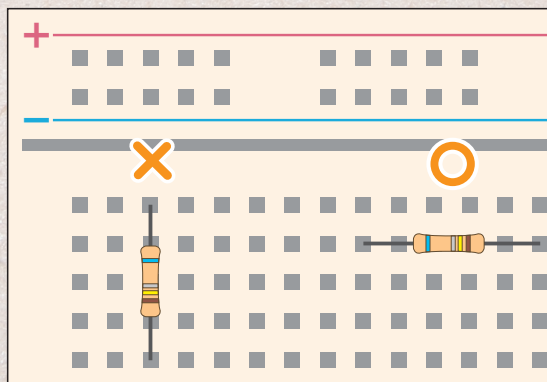
用途 直接插拔就可連接電子元件，進行電路測試。

規格 麵包板有多種規格，常見規格：170孔、400孔、800孔。



用法與注意事項

- 1 連接時，需導通的元件接腳要接在同一直排；而單一元件的接腳則要跨在不同直排，以免元件因自身導通而短路。

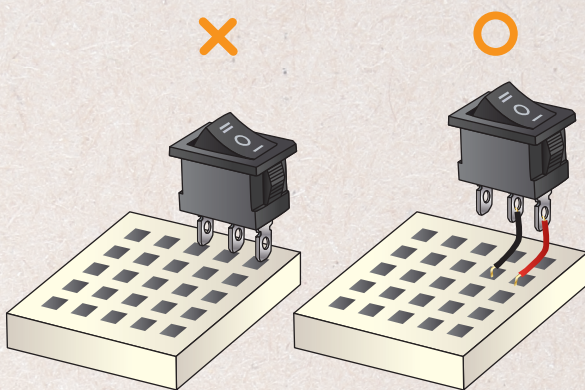


- 2** 麵包板適合用直徑0.6 mm的單芯導線（或杜邦線）連接元件。

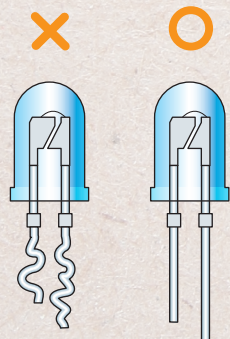


杜邦線

- 3** 若元件接腳過大，不可硬塞入麵包板，以免破壞插座內部金屬夾的彈性。此時可先將元件接腳銲接單芯導線，再接入麵包板。

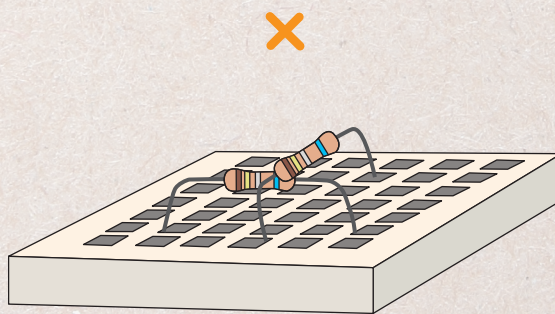


- 4** 放置元件時，須將元件接腳理直後再插入，以免接腳無法插入內部金屬夾。



❗ 應避免反覆凹折元件接腳，以免接腳折斷。

- 5** 放置元件時，應避免跨越其他元件，以免因接腳互相接觸而短路。



- 6** 如果過度用力將元件接腳拔出，容易折斷接腳。

- 7** 麵包板使用完畢應拔出所有元件，以免內部金屬夾彈性疲乏，造成接觸不良的情形。