



# 利用單片機自製教具： 電阻串聯和並聯性質的 探究型學習儀器

文·圖 | 李偉傑



## 前言

串聯電阻和並聯電阻的等效電阻問題，是初中物理課程中的重要環節。從教學方法而言，如採用直接教學法，老師可以通過歐姆定律，推導出等效電阻的計算公式；若採用探究式教學，老師可讓學生利用歐姆表，對真實的串聯或並聯電阻進行測量，對測量結果進行提煉並總結規律。根據筆者的經驗，這兩種方法都是行之有效的，而筆者傾向於採用探究式教學法，因為學生在探究的過程中，能夠被一種實驗現象的神秘感吸引，學生的學習動機較強，課堂氣氛活躍。為了優化相關的教學，筆者歸納了相關實驗的特點，以及課堂活動中出現的困難，在不違反物理學規律的基本原則下，利用單片機和一些簡單的材料，製作出一款能夠模擬相關實驗現象和結果的學習儀器。本文將介紹這個自製教具的效果，以及分享相關的製作方法。





## 實測電阻帶來的教學問題

傳統探究型實驗，利用歐姆表測量真實電阻，然後記錄數據，進行歸納，這是完全正確的實驗方法。學生可以分別測出兩個（或更多）電阻的阻值，然後把它們串聯或並聯起來，測量它們的等效電阻的阻值，繼而歸納出等效電阻的計算方法。從實驗室管理角度來說，要準備大量的電阻讓學生進行多組數據對比，事前和事後都要處理大量的電阻，工作量很大；從技術角度而言，電阻的標稱值和實測值存在誤差，在探究並聯電阻的時候，這些誤差的存在，會對數據歸納造成不便；初中生本身受制於知識階段的限制，亦不具備處理實驗誤差的能力，這些都是老師要考慮和克服的問題。

## 自製學習儀器的介紹

為了方便相關的教學活動進行，筆者利用了單片機，對電阻的串聯和並聯進行了模擬，並且利用廉價和安全的材料，整合出一台教學儀器（圖1）。

這個自製教學儀器沒有用到具體的電阻和歐姆表，完全是利用單片機和邏輯關係，模擬出利用電錶筆測量“電阻”的實驗現象。學習儀器的核心，是stm32f103vct6（一款ARM架構的32位Cortex-M3單片機）；OLED屏幕解析度為256\*64；面板採用厚度為5mm的亞克力板。面板的開孔、開槽、文字說明和符號標註，均採用激光切割機進行雕刻和切割；再配合電池、銅柱、螺母、萬用表的表筆和按鈕開關，最後裝載於鋁質儀器箱而成。筆者總結本器材的設計特點如下：

- 便於收藏和管理；
- 便於操作，節省實驗進行所需的時間；
- 提供串聯和並聯電阻的模擬測量（圖2和圖3）；
- 並聯部分預留開路和短路的選擇（圖4和圖5）；
- 通過按鍵改變阻值，便於學生探究；
- 不存在測量誤差；
- 保留數字式歐姆表的使用體驗。



圖1：儀器的外觀

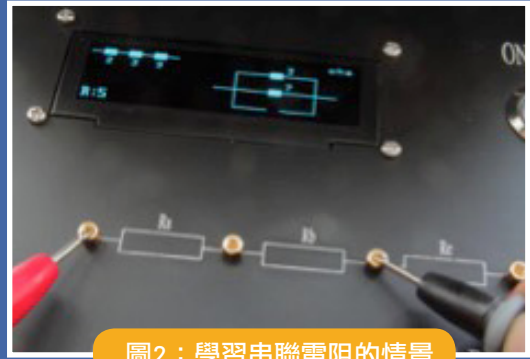


圖2：學習串聯電阻的情景



圖3：學習並聯電阻的情景



圖4：並聯電路中某支路可調整為短路



圖5：並聯電路中某支路可調整為開路

## 編程方法

### 1.例子說明

筆者在以上設計中，預留了3個電阻串聯和3個電阻並聯的使用空間。由於本文篇幅所限，筆者只介紹2個電阻串聯的情況，搞清楚如何模擬2個電阻的情況後，就可以擴展到多個電阻的情況了。本節筆者舉例說明，如何編程，模擬

出測量兩個電阻的情況，而且其中有一個“電阻”的阻值可調。

兩個電阻串聯後，歐姆表可以測量的點一共有三個，即圖6中的ABC三點。測量電阻的時候需要兩根表筆接觸分別接觸兩個點，即從三個點中選取兩個進行測量，而且沒有方向性。顯然有三種情況，AB為 $R_a$ 的阻值；BC是 $R_b$ 的阻值；AC是 $R_a$ 和 $R_b$ 串聯後的等效電阻值，即 $R_a$ 和 $R_b$ 之和。我們可以把這個物理問題轉化為邏輯關係，正好利用單片機的通用輸入輸出接口（GPIO），模擬以上電路上的ABC三個點。

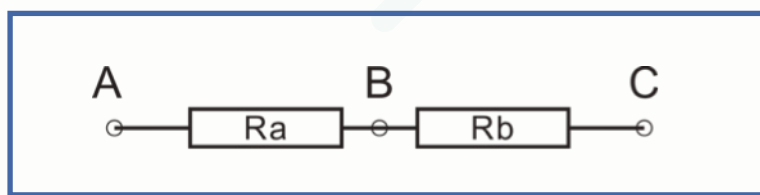


圖6：兩個電阻串聯的電路標註

## 2. 硬件準備

如圖7所示，我們選取單片機的三個IO，通過引線連接到面板上，用小銅柱固定，並設定這三個IO為下拉電阻輸入，即懸空的時候默認為低電平，最後兩根表筆接上3.3V電壓。電錶筆碰到銅柱，相當於將該IO口的邏輯狀態拉到高電平。這樣，單片機可以通過訪問這些IO的邏輯電平，判斷所處的情況，繼而驅動顯示屏（顯示屏需要大量接線，圖中省缺），顯示出對應的“測量結果”。

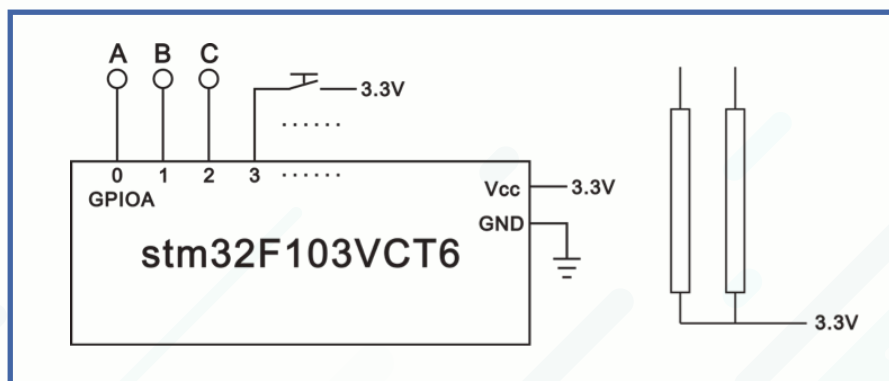


圖7：硬件接線圖

### 3. 硬件設計和編程方法

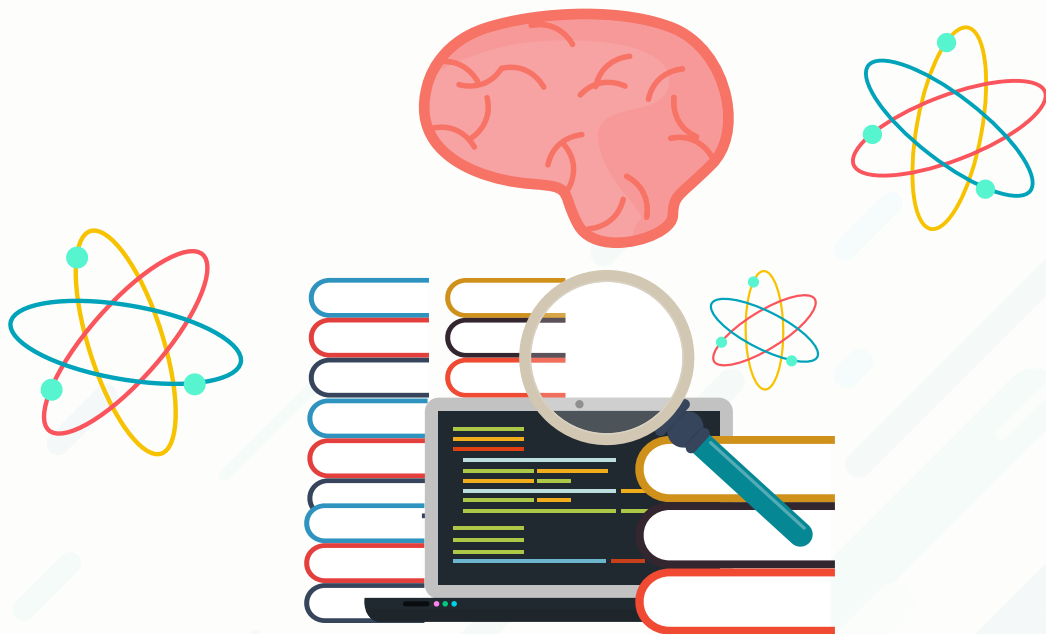
筆者採用C語言進行編程，有些功能要用到硬件的專用庫函數，為了方便讀者理解，筆者將適當介紹。（部分）代碼如下：

```
1.  int a=2; int b=5; Asc8_16( 0,48 ,"R:? ");
2.  while(1)
3.  {
4.
5.  if(GPIO_ReadInputDataBit(GPIOA,GPIO_Pin_0)&&GPIO_ReadInputData
   Bit(GPIOA,GPIO_Pin_1))
6.  {Asc8_16( 16,48 ,a);
7.  while(GPIO_ReadInputDataBit(GPIOA,GPIO_Pin_0)&&GPIO_ReadInput
   DataBit(GPIOA,GPIO_Pin_1))
8.  {;}
9.  Asc8_16( 0,48 ,"R:? ");}
10.  elseif(GPIO_ReadInputDataBit(GPIOA,GPIO_Pin_1)&&GPIO_
   ReadInputDataBit(GPIOA,GPIO_Pin_2))
11. {Asc8_16( 16,48 ,b);
12. while(GPIO_ReadInputDataBit(GPIOA,GPIO_Pin_1)&&GPIO_
   ReadInputDataBit(GPIOA,GPIO_Pin_2))
13. {;}
14. Asc8_16( 0,48 ,"R:? ");}
15. elseif(GPIO_ReadInputDataBit(GPIOA,GPIO_Pin_0)&&GPIO_
   ReadInputDataBit(GPIOA,GPIO_Pin_2))
16. {Asc8_16( 16,48 ,a+b);
17. while(GPIO_ReadInputDataBit(GPIOA,GPIO_Pin_0)&&GPIO_
   ReadInputDataBit(GPIOA,GPIO_Pin_2))
18. {;}
19. Asc8_16( 0,48 ,"R:? ");}
20. else if(GPIO_ReadInputDataBit(GPIOA,GPIO_Pin_3))
21. {
22. while(GPIO_ReadInputDataBit(GPIOA,GPIO_Pin_3))
23. {;}
24. a++;
25. if(a>9)
26. {a=1;} }
27. }
```



#### 4. 程序的解釋

第1行，定義a和b分別為Ra和Rb的阻值，並且賦予了具體數值；同時利用函數（即Asc8\_16）對屏幕寫入R:?的字樣，這是系統初始化的動作。第2行讓程序進入無限循環，系統開始識別各個IO的情況，根據條件進入判斷。我們利用了單片機GPIOA的Pin0，Pin1和Pin2引腳來模擬圖中的ABC三點。GPIO\_ReadInputDataBit(GPIOA,GPIO\_Pin\_0)是指要求單片機讀取GPIOA中的Pin1引腳的電平狀態，在本例子中，如果IO口接地或者懸空，GPIO\_ReadInputDataBit(GPIOA,GPIO\_Pin\_0)的值是0；如果接上高電平，則為1。第5行是判斷Pin0和Pin1兩個IO是否都是高電平，這裡用了&&（和）語法。如果兩個表筆都壓在這兩個IO上，這個指令就會判斷成立，繼而進入括弧並執行裡面的指令。進入後，先對屏幕寫入對應阻值，即Ra在單片機內對應的變量a的值，讓用戶可以在屏幕上看到對應的結果；在表筆離開IO前，這個效果要被保持下來，所以不能讓程序執行下去。緊接下來要加上while語句，判斷條件是以上兩個IO是否仍為高電平，如果是，則說明電錶筆仍未離開銅柱，執行括弧內的指令，實際上括弧內沒有指令，單片機相當於被“困在”括弧裡面“無法”工作；一旦表筆移開，以上條件不再滿足，才會跳出這個括弧，執行第9行指令，因為表筆的移開意味着測量的結束，所以應該重置屏幕為R:?。如此類推，往下再加入兩組判斷，分別判斷Pin1和Pin2，以及Pin0和Pin2的情況。對於電阻並聯的情況，編程方法和上面一樣，但由於電阻並聯的等效電阻值往往不是整數，而且會用到乘除法，在定義變量的時候要用到float而非int。



要使得在實驗過程中電阻參數可調，筆者在上面程序中增加對應的功能，即第20至26行。參看圖中，GPIOA中的Pin3與點動開關連接，並設定為下拉輸入，開關接上高電平，一旦開關被按下，Pin3被拉到高電平，程序運行到第20句的時候就會進入第21行的括弧內。為了保證按一下（一按一鬆）改變阻值1次，首先利用while語句來判斷開關是否被鬆開，一旦鬆開，a的值加1，第25和26兩行，判斷a有無超過可調範圍，如果a的值到達10，便重置a為1，達到1-9Ω的循環效果。

總的來說，從第3行開始，單片機就通過順序循環的方式，不斷讀取各個IO並且判斷他們的邏輯狀態，一旦滿足某個條件，就作出相應的動作。由於單片機執行指令的速度很快，所以我們可以看到其反應幾乎是瞬時的。

對於不同類型的單片機，例如更為人所熟知的89C51和Arduino，都可以根據以上的流程實現同樣的效果。設計的時候可以根據實際需要進行優化，筆者相信，懂得C語言而且有單片機編程經驗的老師，是能夠輕易實現以上的設計要求。篇幅所限，筆者便點到即止了。

## 小結

在中學教育中，單片機早已經不是稀罕貨，特別在機械人教育和創新教育中，單片機的使用，扮演着普遍而且重要的角色。筆者認為，單片機用在自製教具，改良教具等領域上有很大的潛力。本文中，筆者分享了利用單片機製作教具的經驗，側重於技術層面上的介紹；至於相關的教學法和課堂管理，並未詳述。筆者主張，儘管採用了新技術輔助教學，同時根據經驗和實際需要自製教具，教師仍應該抱着“摸着石頭過河”的心態。在使用自製教具的過程中，除了緊貼自製教具的特點對教學進行優化，更應重視學生的接受程度；虛心接受學生的反饋；密切監察學生在新工具的協助下的學習成效，不斷改良教具以及調整教學方法，這樣才能發揮自製教具的最佳使用效果。👉

李偉傑

澳門物理暨教育研究會會員