

# 電晶體控制電路教具開發

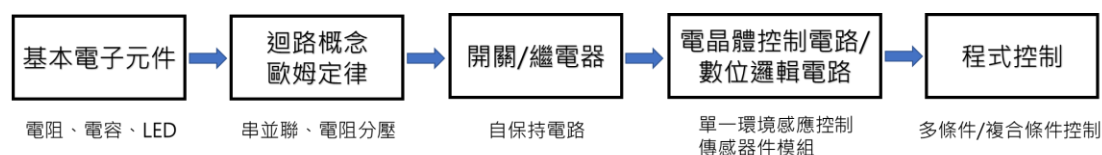
陳偉立<sup>1\*</sup>、楊裕琦<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 國立彰化師範大學電子工程學系、<sup>2</sup> 國立彰化師範大學電機工程學系

E-mail: \* weili@cc.ncue.edu.tw

## 一、前言

國中生活科技九年級學習內容在「科技的應用」面向是以日常科技產品的電與控制應用為主，課綱內容包含基本電學與常用電子零件、簡單電子電路的設計與應用、簡單控制邏輯系統的應用。實際授課內容除電路製作相關工具與操作技巧外，迴路、歐姆定律，電阻、電容、LED、二極體等基本電子零件介紹，電路符號與電路圖讀繪，學理上迴路、歐姆定律等基本電學知識到使用開關及繼電器的自保持電路，進階到自動控制就必須使用電晶體或電晶體構成的 IC，最後是使用程式控制與 AI。如圖一所示，整體脈絡中電晶體是自動控制的核心關鍵元件，所有的進階功能都是以電晶體為基本建構單元，有其無可取代地位。



圖一 九年級生科電與控制主要技術內容

彰師大團隊對生科教師調查發現，教師對「電與控制」教學最感到有壓力，符合教學需求的教師研習主題也是電與控制高於「科技的應用」另兩個主題「機構結構」及「能源與動力」，細問最符合教學需求研習內容，二極體與電晶體介紹與應用獲最多回應。國教署「國民中小學縣市科技教育推動輔導計畫」網站的教案資料庫中電晶體相關教案數目稀少也呼應上述教師需求現狀。在此背景下計畫以電晶體為主角設計教具教案並推動師資增能，為延續成果，執行上先強化教師專業能力，再由教師設計課程融入教學，大學端提供電子專業支援而非大學端主導課程設計。

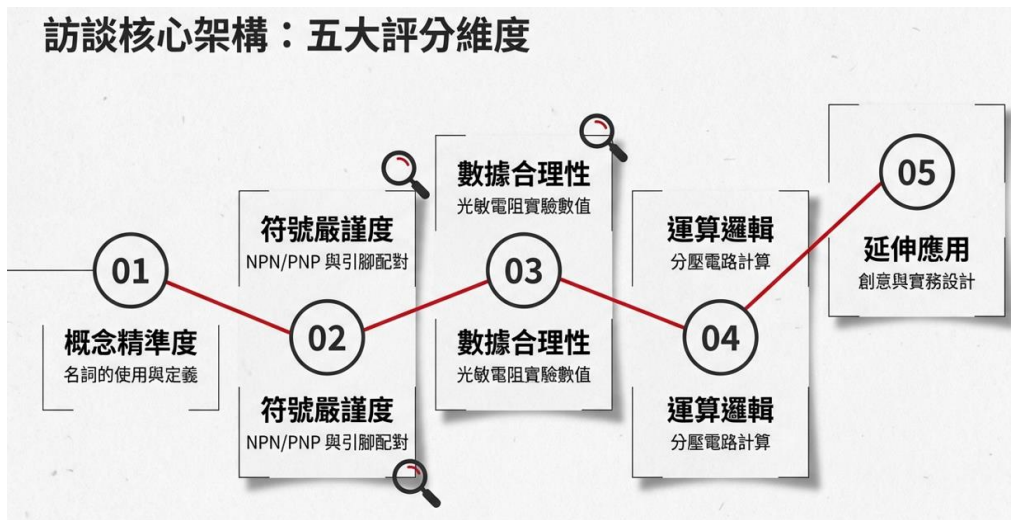
## 二、師資增能

教師是課程落實的關鍵，因國三生科教學主要的挑戰是教師需要專業增能，執行上以建立教師電晶體控制線路課程設計能力為主要目標。採用的策略是先介紹古老控制與放大元件-真空管，因電子管的電氣特性可用簡單的電荷正負相吸、負負相斥的基本物理法則理解，而電子元件的電流-電壓特性曲線是其應用線路的設計基礎。課程採用 Gentner(1983) 的結構映射理論，透過真空管與電晶體在放大器電路中的系統性同構 (Systematic Isomorphism)，協助學習者建立穩固的因果圖式，從而有效遷移設計經驗並降低初始學習的認知負擔。不論是真空管或電晶體，其電路設計的法則絲毫無異，藉由易理解的真空管特性入門，進一步介紹放大與控制電路設計方法，可以有效降低教師控制電路知識的認知負荷與學習門檻。

師培透過教師成長社群與研習方式進行，教師對電與控制的教學焦慮乃因電學現象看不見摸不到，常需透過儀表觀察，不若機構結構或能源與動力現象直觀易懂，且 108 課綱之前的生科教學較少電學相關內容，教師普遍較為生疏。師培成果透過訪談質性整理，研究發現教師能接受從真空管開始介紹的方式，理解物理模型少有疑問，後續放大與控制電路的說明也容易進行。對比介紹電晶體之後教師發問問題高度集中於半導體物理有巨大反差，凸顯用古老但易懂的真空管作為教授電路設計原則的載體是確實可行的方式，對生活科技教師需求的基本電學與控制電路的在職增能培訓作法提供一個有效的訓練參考。

## 三、教學成效分析

在教學面向訪談以圖二的内容架構進行，教師分享對於學習單設計、麵包板操作及電源供應器等硬體設備不足的實務觀點，針對學生的學習表現評量交換意見，強調將理論結合日常生活應用能有效提升學習興趣，對於透過科技中心進行校際交流與共備社群合作的高度肯定。



圖二 教師教學訪談架構

以下將訪談內容梳理為四大核心主題：

(一)、 核心名詞與符號的認知落差

箭頭方向流於「死背」：老師坦言，要求學生畫 NPN/PNP 箭頭（從 P 指向 N）在目前的教學階段只能停留在「知識記憶」層面。因為學生在理化課還沒學過半導體與二極體，沒有先備知識，因此學生只知道箭頭這樣畫，但常常不知道這三個引腳（B、C、E）實際在電路中要如何應用。理化課程時程安排在生科課程之後，生科教師須挪出時間先補充歐姆定律或半導體相關知識，壓縮時數有限的動手實作時間。

(二)、 實作課堂的最大痛點：測量與實驗

時間殺手「三用電表」：老師指出，這堂課最花時間的其實不是電晶體本身，而是教學生使用「三用電表」。光是教導歸零、測量就耗掉了一整節課，且學生在實際測量時依然狀況百出（忘記歸零、插錯孔）。

(三)、 跨領域教學的掙扎：生科 vs. 理化（歐姆定律）

這是訪談中深度的學術探討。訪談者期望學生能懂分壓背後的科學原理以利未來擴張應用，但教師點出了教學現場的殘酷現實：

1. 學習心態的差異：學生踏入生活科技課的期待是「動手做（實作）」，一旦老師花太多時間在黑板上教歐姆定律與計算，課程就會變成「理化課」，學生立刻失去興趣。
2. 電學的先天下抽象性：老師精闢地指出，教「機構結構」（如齒輪、

凸輪)時,學生做錯了可以用肉眼觀察並直接 trial and error (試錯調整);但是「電」是看不見、摸不到的,極度抽象,學生連電壓是要變大還是變小都搞不清楚,這導致電學的教學先天上就比木工機械困難許多,需要極大的轉譯。

3. 教師的轉譯策略: 教師將複雜的原理解構為最簡單的規則:「只要知道分壓會改變 → 改變到大於 0.7V → 電晶體就會當作開關作動」,並提供數據讓學生算,而不強求他們具備獨立設計電路的能力。

#### (四)、給未來課程設計的具體建言

針對未來的課程模組,教師提出務實的修正建議-先備知識獨立,在進入這 6 堂電晶體課之前,必須先確保學生已經上過「基本電路、歐姆定律、麵包板接法、三用電表操作」,這不能算在電晶體課程的時數內。

學習單分析發現學生將電子產品與電子元件混淆;且學生答案多樣,顯示教學時教師有補充較多的元件種類與學生知悉。上年度的分析發現一題二極體相關學習單內容,學生接收到的知識分別是電壓、電流、電阻 3 個完全不同的答案,映射出教師本身對二極體相關的基本知識仍不足,因此計畫執行特別增加社群師培研習時數超過 54 小時以確保教師的基本訓練完整。

## 四、教具推廣

自動小夜燈電路出現在兩個版本教科書,架構是簡單的電晶體控制線路,天黑時自動亮燈,應用生活化適合課堂教學。為減少除錯時間提高成功率,設計小印刷電路板於課堂使用。教師使用教具則結合前一年度計畫成果,製作含二極體整流電路手搖發電雷射手槍,連同靶心教具提供學生於課堂上打靶體驗增強學習動機與樂趣。靶心教具結合電晶體光敏控制線路與自保持電路,對教師而言是一個結合兩個常見的教科書單元的挑戰性電路設計,同時作為社群師培研習的教材。



(a)



(b)



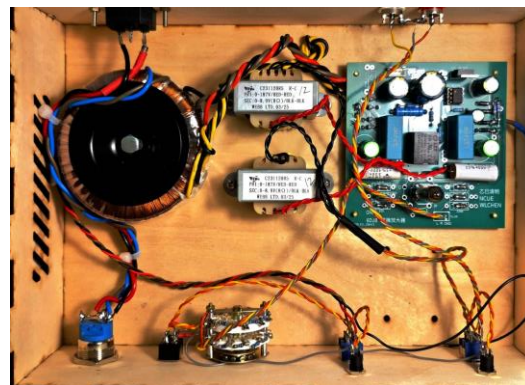
(c)



(d)



(e)



(f)

圖三 (a) 教學用電路板與學生實作小夜燈作品。(b) 橋式整流手搖發電雷射槍與靶心，靶心線路光敏特性反應與小夜燈相反，光亮時電晶體導通，靶心整合自保持電路同時作為教師增能訓練教材。(c) 科學節推廣活動照片。(d)(e) 學生上課銲接線路與玩打靶遊戲實況。(f) 真空管耳機擴大機用於教師成長社群教師研習實作課程，過程協助教師從原理易理解的電子管特性曲線，遷移到電晶體的特性曲線及其放大器設計原理，避開艱深的半導體物理，減低教師增能培訓的認知負荷同時提高教師學習興趣。

## 五、結語

電晶體在電與控制具有無可取代的重要性，也是半導體產業的基礎。生活科技課程透過生活化應用與動手實作，提供國中生接觸了解電晶體與相關產業的絕佳機會。藉由師培過程的回饋與教具教材實施過程發現教學痛點，期待能供教育先進參考，共同尋找協助教學困難單元的有效解方。

## 參考資料

1. 十二年國民基本教育課程綱要國民中學暨普通型高級中等學校—科技領域。
2. 收集十年來 100 所科技中心上傳之科技領域教學相關資源，可搜尋國中生活科技「科技的應用」相關教案，觀察機構結構、能源與動力、電與控制三大類主題教案數目差異，以及「電與控制」開關迴路概念及程式控制之外，電晶體控制相關教案資料稀缺現狀。<https://tech.k12ea.gov.tw/Resource>
3. 陳偉立，國中生活科技電晶體實作教具教材開發，國科計畫成果。  
<https://www.sepd.com.tw/index.php/results/article/page/52>
4. Gentner 的結構映射理論 (Structure-Mapping Theory)解釋真空管到電晶體教學策略將其系統性連結做類比遷移的有效性。  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0364021383800093>