

# 這是個「問題」嗎？問題導向學習之行動研究

張培華\* 鄭夙芬\*\* 曾清標\*\*\*

## 摘要

對以就業為導向的科技大學學生而言，問題導向學習之教學方式，強調學習者中心的精神，不僅提高學生在課程學習方面的自主性，更能符合業主所需的解決問題能力之養成。本研究的目的，在於呈現「全客戶積體電路佈局設計與實習」課程以問題導向學習教學的教材設計與實施之行動研究過程，且進一步分析其影響因子。研究對象為某科大電子系大三共四十名學生，以質、量性工具蒐集資料並進行分析。研究結果除呈現三次教材設計與修正歷程之外，亦發現學生學習態度與能力是影響教材實施的重要因子，以及學生對教材修正後的學習有較好回應。本文最後針對教材、教學、教師等方面提出建議。

**關鍵詞：**工程教育、行動研究、問題導向學習、教材



---

DOI : 10.6870/JTPRHE.201812\_2(2).0004

投稿日期：2018年9月4日，2019年1月2日修改完畢，2019年1月17日通過採用

\* 張培華，崑山科技大學電子工程系講師，E-mail: paulph.chang100@gmail.com

\*\* 鄭夙芬（通訊作者），高雄醫學大學醫學社會學與社會工作學系副教授，E-mail: m785028@kmu.edu.tw

\*\*\* 曾清標，崑山科技大學電子工程系副教授兼主任

## 壹、前言

讓我們想像一下，在小學教室裡，學生常舉手問：「老師我有問題……」、「老師為什麼……」，小學生的腦袋充滿許多好奇，總是迫不及待發問；但，曾幾何時，場景轉換到大學教室，出現的卻是學生想不出問題、或回答說都沒問題，這實在是個有趣的改變。姑且不論學生在這一路求學過程的思考、行為是如何被模塑；但當研究者在科技大學的課堂中，面對類似的現象時，也曾經合理化或忽略，認為這是學生的問題，教師只要顧著專業教導就好；但幾年過去了，自己逐漸對於沒有太多教學成就感到不滿，也不願再漠視，不想再合理化這些現象，希望突破歷年來的困頓。研究者自問，學生怎麼會沒有問題？學生的問不出問題，這究竟怎麼了？

研究者反思，人生幾乎天天在遇到問題，怎麼可能沒有問題？對學生而言，他們怎麼看待問題？怎麼歸因？怎麼處理？

我在大學打球時，常常會被防守方打火鍋，我開始想，我是不是身高跟技巧不夠好，我舉出幾個點與打球很強但身高一六五的學長討論，再上網查詢有關二十歲長高的方式跟如何打敗高個子，利用週日去學校拉單槓、跳繩再特訓三小時，之後，在場上還是被一百八、一百九的打爆，只能放棄籃球。（S13<sup>1</sup>）

從上面這個例子來看，學生在分享所謂的問題與解決時，可以發現，若問題是他有興趣的，他會認真去思考、假設、驗證；這種有趣的嘗試，說明了學生的確會在日常生活中經歷發現問題、假設問題、驗證問題甚至也願意去解決問題。

而這一連串的過程，不就是與課堂上學習經驗類似？研究者要如何將學生生活經驗中願意解決問題的動機、能力與課堂學習做一個連結，既可以將有關專業學習的內容透過問題來引導，增加學習興趣，又可

---

<sup>1</sup> 研究者進行訪談文本編碼，例如：S13代表第十三位學生，A3代表第三位小組老師，T1代表研究者第一次行動筆記。

使其自主建立一連串問題解決的行為？問題導向學習（**problem-based learning, PBL**）（以下簡稱 **PBL**）便不失為一個符合研究者教學理念的教學模式。

**PBL** 是 1969 年由加拿大 **McMaster** 大學醫學院首創，其理論基礎植基於建構主義，認為知識必須經由學習者自我建構而成，知識的學習具有個人意義，學生用過去的經驗來解釋他們現在所看到與聽到的，尋求其中的意義與規律，從而建構自己的知識，學習的成果是以學生對觀念的理解來評估（梁繼權，2008）；**PBL** 所具備的探究學習歷程與科學理論發展或科技產品研發的本質相似，特別適用於科學與科技教學的實務中（楊坤原、張賴妙理，2017；關超然、李孟智，2017）；另一方面，對於以就業為導向的科技大學學生而言，**PBL** 對其未來職涯無異也是一項重要的訓練，可以將所得能力推展到解決不同問題與事物，既具備符合企業主最想要的「解決問題」之能力，也可以藉此培養自我學習與終身學習。

研究者任教於通過中華工程教育學會工程教育認證的系所，歷年來教授「全客戶積體電路佈局設計與實習」課程（以下簡稱本課程），此為三年級選修課，屬於積體電路（**integrated circuit, IC**）（以下簡稱 **IC**）設計實現上「最後一哩」的實務課程，也是提供學生在 **IC** 設計公司擔任佈局工程師——科技大學學生在 **IC** 高科技產業的垂直分工中最能勝任的目標職場——的必修課程之一，而本系在業界擁有良好口碑，一直是眾多業界鎖定的重點學校，由此顯見本課程之重要性；本課程結合電子學、數位邏輯設計、半導體物理以及超大型積體電路設計概論等領域的知識，強調透過電子設計自動化（**electronic design automation, EDA**）工具軟體的熟練使用，能驗證 **IC** 佈局圖樣的正確性，並且能做必要的佈局後之電路性能分析和評估。

研究者以往在本課程的教學經驗中，是先透過教室裡的螢幕廣播系統，一步一步的指導學生進行工具軟體的解說與操作，再由學生按照研究者的指引，自行練習課堂中所提供的題材，以增加對學習主題的熟練度；但，一直以來，研究者發現學生只透過螢幕廣播系統的學習，無法與研究者有眼神的接觸與面對面的互動，造成專注不足而不易發問，呆

坐許久也不知如何動手繪製，研究者必須一再重複講解，這不僅使既定教學進度落後，且對學習成就高、低者均無法滿足其需求；因此，研究者參與校方高教深耕計畫，希望以 PBL 教學翻轉本課程，這對研究者無疑是前所未有的挑戰。研究者透過相關工作坊訓練，與校內執行 PBL 的教師組成社群，適逢校方新建完成兩間 PBL 教室，在這樣的支持性環境中，研究者計畫實施「混合式——全體同學參與」（hybrid-total student participation）的 PBL 教學，為期四週十六小時，分別在第十一、十二、十六、十七週實施，選修人數共計四十名，全數均參與 PBL 課程。

研究者認為，若想要瞭解自己在 PBL 的實踐歷程，以作為後續行動檢視，透過質、量性研究是一種很重要的揭示，因此，從準備之初，即與社會科學背景老師建立共同合作關係，以完成行動研究各項準備，並為留意自己與學生在過程中的實踐與省思歷程而準備了包括教材、小組老師記錄、學生自我與學習滿意度評估以及研究者行動筆記等工具的建置；有趣的是，研究者在預備課程時，所面對到的第一個問題便是：「究竟什麼樣的問題設計會是 PBL 的一個好教材？」Gijselaers 與 Schmidt（1990）認為問題的品質是 PBL 的核心；因此，研究者檢視國內相關工程學研究探討（柯立晉等人，2018；郭章淵、陳信安，2005；郭章淵、戴文雄，2007；溫瑞烘，2002；楊坤原、張賴妙理，2005）發現，PBL 的研究探討多以成效分析較多，針對教材為主體進行研究者則付之闕如，故先透過健康領域、非健康領域的範例閱讀，試圖從中開始進行自己教材設計的根據。誠然，本課程教材無法如醫學教育可具有較完整的教材內容審查，但，這反而促使研究者在過程中，不斷反思與尋求各種資源來進行教材的設計與修正；因此，本文目的即在於呈現 PBL 教學中教材設計與實施的行動歷程，並進一步分析其影響因子，希望提供給同樣歷經對 PBL 教材設計有許多疑問的同好們參考。

## 貳、教材設計理念與理論基礎

### 一、問題導向學習的意涵

在教育理念上，PBL 異於傳統以教師為中心的設計，透過以學生為中心的小組討論作為平台，提供學生在學習過程中知道如何學？為什麼學？其強調建構主義的學習精神，包括學生、教師、教材、學習環境、課程以及評估方式等都是建構學習中重要的一部分；將新的知識建立在已知的架構上，由學習者以個人觀點與經驗去解釋所要學習的事物，由於學習是有關連性的，因此，將它和信念、好惡、既有觀念來互相聯繫，知識才會有意義，讓學生為自己的問題而思考，而不是由教師要學生去思考（梁繼權，2008）；同時，激發學習者學習動機的自我學習、協同合作與情境化學習，也是 PBL 的重要精神。

PBL 的學習目標包括：應用創造與批判性思考、改善溝通技巧、強化合作學習能力、發展自我探索與負責態度、提升知識尋找與應用能力、增強學生做事規劃與控管能力（洪榮昭、林展立，2006）；學生在這過程中，並不強調要有具體成果，關心的是對問題推進的力量，使其能源源不絕突破現狀，獲取自己需要的知識，同時建立終身學習所需要的技能與行為；另一方面，對於 PBL 的評估，它是多向與多量的，例如：團隊研究、發現報告等，是探究與研究各類資料彙整與統合，包括學習過程中解決問題步驟、判斷問題正確與否，完整教案討論流程均是學習過程需要記錄的焦點（劉惠園，2006）。

整體而言，PBL 實施的過程為藉由問題引起學生疑惑、澄清與解釋專有名詞、腦力激盪、提出問題假設、確定所需知識的範圍、形成學習目標、設定策略找尋資料、互動討論、分享總結知識以及發表結論（洪榮昭、林展立，2006；梁繼權，2008；關超然、李孟智，2017）；Brooks 與 Brooks（1995）指出 PBL 過程中，教師有一項重要工作就是設計學習問題，另外也包括監控學生探索歷程、指引學習方向和促進新的思考方式（引自梁繼權，2008）；教師藉由專業知識作為發想，透過情境設計來執行，藉此培養團隊合作技巧與獲得專業知識（洪榮昭、林

展立，2006）；因此，一個教師設計 PBL 問題著實有其正當與重要性，以下將進一步探討 PBL 課程執行的教材設計。

## 二、問題導向學習之教材設計理念

在 PBL 課程中，最重要的教材就是所設計的問題能符合 PBL 精神；透過設計情境來啟發問題中的議題，以及透過對問題的描述去誘發學員主動，藉此來廣泛探討問題的本質，整合各領域的知識，並發展出周全的解決問題方案。因此，教材就是 PBL 之學習藍本及促進催化的力量，其設計、撰寫、審核、使用與評估十分重要（關超然、李孟智，2017）；李沛霖（2016）認為 PBL 教材的製作無非是以問題為起點，教材內容需要激起學習者的興趣，用問題來刺激學習者思考，並且利用小組學習，互相分享知識，或是激辯出組員都能認同的答案，最後將知識內化；劉惠園（2006）認為實施一個「好」的問題，是可以引領學生共同腦力激盪，這是每個教師實施 PBL 時，最重要的課題。

那如何在課程中運用 PBL 進行設計？Duch、Groh 與 Allen（2001）、Kuperminc 與 Allen（2001）以及 Schmidt 與 Moust（2010）等人指出：（一）具有引人注意（關心）之真實性問題情境；（二）能引起學習者的學習動機與興趣；（三）屬複雜、開放性（open-ended）的問題，有助於培養合作與高層思考技能；（四）能與學習者的經驗相結合；（五）能整合課程內容的知識與技能；（六）能提供回饋，促進學習者監控和反思，就是一個好的問題設計條件。Amador、Miles 與 Peters（2006）也提出成功的設計，需要有三個特質：（一）老師想要學生學習的概念與內容，從課程表、考試題目都可以看得出來；（二）能夠保持學生聚焦在問題的故事，可以是融入真實的故事，或是小說視野的真實故事，甚至引入學生成為敘事故事中的角色；（三）問題的結構應該要是開放式與具有挑戰的；另一方面，Schmidt 與 Moust（2010）認為問題所要引導的學習議題，應有數量上的限制，否則學生可能花很多自我導向的學習時間，影響學習成效；也就是所謂的提出問題不要太繁瑣，以免分散對核心問題的注意力（劉惠園，2006）。

研究者參考上述文獻後，歸納出 PBL 問題的設計步驟如下：（一）發展概念目標，根據概念繪圖與現實背景，朝向以說故事方式去發展問題；（二）發展引導問題，問題應具有可行性、價值性、情境脈絡性、意義性和持續性；（三）發展行事曆，設定進度，引導學生完成活動；（四）發展調查活動，問題可以去引導學生回到已知的原理、觀念與定義，再搜尋課程外的資訊，分析各體裁的細部關係，應用其觀念或定理，提出新的問題，進而經由討論與詢問，研究出解決問題的策略；（五）發展評量模式，依據問題學習性質選擇適當評量，包括：問題解決或改進的評量、小組互評、日誌、晤談、檢核草稿、甚至包括傳統筆試。以下研究者將對在 PBL 教學中，教材的設計與修正歷程做進一步的探討。

### 參、教材結構與內容之設計與修正

針對本課程 PBL 之進行，研究者共實施四週兩回合十六小時的課程，前後共設計三組問題，並將其分別命名為  $P_0$ 、 $P_1$ 、 $P_2$ （見表 1）， $P_0$  是指研究者欲進行 PBL 的前一個月即著手進行並完成設計的問題； $P_1$  是指 PBL 欲進行之前所修正而成的問題，同時被用來作為第一回合的教材； $P_2$  是指在第一回合結束後，根據檢討而後設計成為第二回合課程所使用的教材。

表 1

**P<sub>0</sub>、P<sub>1</sub>、P<sub>2</sub> 問題內容一覽表**

問 題	問題內容	
	幕一	幕二
P <sub>0</sub>	<p>剛自某著名私立科大畢業的阿強與他的死黨團隊因在校時對積體電路佈局設計十分著迷，在大四時所加入的實驗室團隊在指導教授的鼓勵帶領下，還因此得到全國性競賽的優勝獎並得到百萬的創業獎金，所以退伍後馬上創業成立新的佈局公司接案子，這天接洽了一個競爭型『環形振盪器』電路的案子，客戶要求經過佈局後的電路性能在面積大小、相位雜訊、功耗以及良率方面綜合評比 (FOM*) 後，得分最高的公司才能拿得到這個案子。*FOM = <math>A-1 * \phi_{noise}^{-1} * P^{-1} * Y</math> 如果你是阿強要如何才能打敗競爭對手而順利承接環形振盪器的佈局案呢？</p>	<p>隨著阿強的公司順利接下案子，阿強團隊的口碑也在 IC 佈局圈內名氣愈加響亮，這天，鴻晦公司也找上門來要阿強接下『運算放大器佈局』的案子，條件是選擇面積小且電路性能變動小* 的佈局設計，如果你是公司團隊中的重要成員該如何下手以順利爭取該案呢？</p> <p>* 指跑佈局後 HSPICE® 模擬時加跑 Monte Carlo 模擬。</p>

P<sub>1</sub> 阿強自從上大學以後，住宿在外時間較為自由，開學上課至今從來未曾準時到教室，最近在圖書館把上一個美眉，外表出眾、氣質佳，阿強自恃為電子系數位電路和全客戶式積體電路佈局設計的雙重一哥，平日在系上頗受同好敬重，於是決定自己設計一對專為女友量身打造很酷的電子鬧鐘送給對方與自己，並痛改前非，決心要在每次約會時都自我要求不能遲到，剛開始都能很準時的赴約，但三個月後阿強卻常遲到 10 分鐘以上，惹得女友不高興，眼看就要分手，阿強決定使出渾身解數找出問題並解釋給心儀的女友聽以便得到其諒解並能更崇拜自己而盡釋前嫌。

(續下頁)

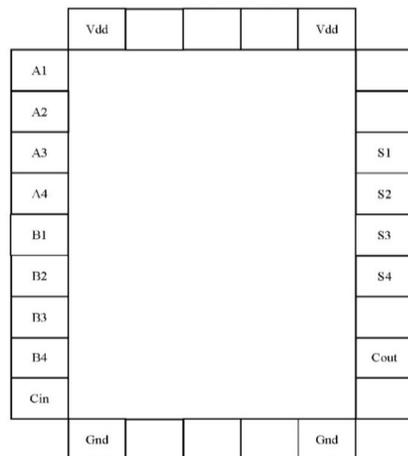
P<sub>2</sub>

阿偉為某科技公司 IC 佈局部門的員工，最近團隊接了一個系統晶片的案子，而自己被分派到負責運算放大器 (opamp) 電路佈局設計，因為是團隊協力進行的專案，須等到阿偉負責的佈局確定無誤之後，其他人才能接手畫其餘的部分，為了提高團隊工作的效率，所以阿偉想要建立一套面對大尺寸<sup>註1</sup>opamp 而能使佈局圖樣同時滿足小面積、用掉最少層金屬與最快完成要求，請問他該如何做？

註 1：即輸入 MOS 電晶體差動對 W/L > 200。

阿偉為某科技公司 IC 佈局部門的員工，最近團隊接了一個系統晶片的案子，而自己被分派到負責四位元全加器 (full adder) 電路佈局設計，因為是個低價的專案，每個人都被專案經理要求佈局面積最小，以達到整個晶片成本最低，所以阿偉想要建立一套面對四位元全加器而能使佈局圖樣同時滿足小面積、用掉最少層金屬與最快完成要求，請問他該如何做？

地板規劃的出埠位置圖



## 一、P<sub>0</sub> 的形成

以下將就 P<sub>0</sub> 形成的九項因子說明如下：

### (一) 單元學習目標

研究者擬定 PBL 學習目標如下，此為研究者最優先考量的設計根據：

1. 理解全客戶積體電路設計的流程並分析在實現時各層面的轉折。
2. 在整體佈局中，能應用地板規劃（floor plan）及電源規劃（power plan）的原則。
3. 在實體設計中能應用基礎物理的知識。
4. 能評估積體電路的性能。
5. 理解製程變動與元件匹配的關係。

研究者在問題情境中擬安排學生針對客戶要求，來思考並設計不同電路性能指標的綜合評比「客戶要求經過佈局後的電路性能在面積大小、相位雜訊、功耗以及良率方面綜合評比（FOM\*）」的描述，即為考量並整合上述目標而成。

### (二) 工程教育認證規範之核心能力

根據中華工程教育學會工程教育認證所應培養學生具備的核心能力，本課程參考採用如下：

1. 應用數學、物理科學以及電子工程知識的能力。
2. 分析與解釋數據的能力。
3. 執行工程實務所需之技術、技能以及現代工程工具運用之能力。
4. 有效溝通與團隊合作之能力。
5. 發掘、分析以及解決電子工程問題之能力。

研究者在設計時，安排主角的團隊「接洽了一個競爭型『環形振盪器』電路的案子，客戶要求經過佈局後的電路性能在面積大小（A）、相位雜訊（ $\phi_{\text{noise}}$ ）、功耗（P）以及良率（Y）方面綜合評比（FOM\*）後，得分最高的公司才能拿得到這個案子」，在這情境描述中，強調學生需

透過整體考量、多面向思考、多元技術規格開發及團隊合作之下來進行決策的過程，即試圖要符合上述所需之核心能力。

### **(三) IC 佈局工程師職能基準**

科技大學畢業生養成教育中最重要的目的之一，就是使其具有實務動手實作的能力。本課程對應勞動部「半導體產業設計類——IC 佈局工程師」的職能基準，研究者安排問題設計即包括知識、技能和能力等三方面的職能基準：

1. 在知識方面：包括積體電路知識、製程知識、電子電路設計應用、IC 佈局設計知識以及超大型積體電路知識。
2. 在技能方面：包括 IC 設計軟體使用與管理、HSPICE® 電路設計與模擬分析技術、IC 佈局後模擬分析技術、EDA 佈局技術以及 DRC / LVS 驗證技術。
3. 在能力方面：包括做簡報、溝通協調、時間管理、協同工作、主動積極負責、歸納綜整、設計分析以及團隊管理等能力。

### **(四) 學生的先備知識**

本課程屬於大三的專業課程，與其有關的先備知識，包括：大一的普通物理與實驗、數位邏輯設計與實習，以及大二的數位系統設計與實習、電子學與實習、超大型積體電路設計與實習等課程，這些先備知識將對學生在 PBL 課程中「環形振盪器電路」所需知識有直接的助益。

### **(五) 本課程已完成的學習內容**

本課程在學期中段才開始進行 PBL 教學，為使前段的學習內容一併融入 PBL 課程之中，因此，研究者在題目中加入「基本邏輯閘佈局電路」的觀念，透過學習者將題目中「環形振盪器架構」的實現，可融入本課程前半學期所教授的知識。

## (六) 校內啟用的 PBL 專用教室

研究者所任教之學校建構有 PBL 專用教室，教室裡安排有分組討論的大圓桌與個人椅，供八組使用，圓桌間有一定距離避免干擾，每組均備有電腦主機與 42 吋螢幕，以供整組討論使用時容易觀看，並與個人平板電腦可即時連線（圖 1）；同時，備有單槍投影機，數位講桌、智慧型環場影像互動教學整合系統，供各組口頭報告使用（圖 2）；教室後方備有創意發想可塗寫之玻璃牆，若學生需要驗證其對問題假設的正確性或解決的合理性時，可以網路連回超大型積體電路設計實驗室，藉以即時觀看專業軟體執行的結果跟原先設想方向是否一致，再做進一步的評估和修正。



圖 1 PBL 教室：大螢幕、平板連線即時討論系統



圖 2 PBL 教室：多媒體網路整合智慧系統

### （七）研究者實務經驗

研究者曾經與業界有共同設計 IC 的經驗，從中體會到業界對 IC 設計的考量是多向度折衷與決策的結果，未如一般課堂中僅從單一效能進行課堂的教學設計，因此，研究者便將自己所經驗到業界所面臨的挑戰，安排在題目中，以更貼近實際情況。

### （八）學生學習風格

研究者考量當前學生的學習風格多偏向視覺取向，這樣的學生對圖形或影像的專注度較高，在課堂上若配搭圖片、圖表、影片等視覺刺激具體事物的協助，將會有較佳的學習表現（Felder, 1988）；因此，在題目中提供「環形振盪器電路圖」、在參考資料中提供「栓鎖成因與防止」、「叉指式佈局畫法」等網頁，藉以提高視覺型學習風格的學生之學習專注效果。

### (九) PBL 的問題設計原則

研究者根據 PBL 教學模式中所提出問題設計應需要具備的條件，包括：開放性、生活化與故事性等特性，因此，產生以下幾項設計安排：

1. 為使學生能開放性的分析，研究者在題目中只提供電晶體的實際電路圖，並沒有給出尺寸，或是只提到以運算放大器為工具，架構則由學生自行決定，希望學習者在 IC 設計歷程中，可以自行了解由電路層到架構層的轉折點，並自主學習提出問題解決方向，學生可以用多面向的思考提出一套合乎邏輯的解答。
2. 研究者歷年來都安排學生參加積體電路佈局設計的相關競賽，因此學生所培養的團隊精神與默契，均為大家所熟悉，為使問題情境更貼近學生所體會的經驗，且從經驗中發展故事，因此研究者安排問題情境為「在大四時所加入的實驗室團隊在指導教授的鼓勵帶領下，還因此得到全國性競賽的優勝獎，並得到百萬的創業獎金，所以退伍後馬上創業成立新的佈局公司」，即是根據為鼓勵學生新創公司的實際案例為腳本修改而成的。

## 二、 $P_1$ 的修正

研究者在進行 PBL 之前，根據上述因子設計  $P_0$ ；但因缺乏經驗，隨後多次詢問相關教師社群，並持續閱讀國內外書籍、研究報告，同時，與業界教師、小組老師多次對話，不斷發問什麼是符合 PBL 教學的設計，在課程即將進行之之前，將  $P_0$  修正為  $P_1$ ，此即為第一回合的教材。 $P_1$  除維持先前  $P_0$  之原則外，最主要的修正是：教材是否符合 PBL 所需要的問題特質，除了包括開放性、生活化與故事性之外，也增加趣味性、真實感、詼諧性等，希望導引學生具有更多元與開放性的思考。

### (一) 更開放式的題目設計

研究者在  $P_0$  中，安排主角來接競爭型案子，這是遵循著實務界研發部門開發 IC 產品的情境而來。雖然情境非常貼近實務，但主要的問

題還是在超大型積體電路最底層的電路設計中發想，因此，題目過於侷限規格設計，造成學生的思考限制在佈局面積（ $A$ ）、相位雜訊（ $\phi_{\text{noise}}$ ）、功耗（ $P$ ）和良率（ $Y$ ）四個向度，影響其在問題假設的開放性，故研究者修改成為電子鐘失準的問題，藉以拉高問題假設可以在功能方塊層，甚至到架構層來思考。

## （二）更貼近學生的生活場景

在  $P_0$  中，因競賽得獎而創立公司接案子的例子，在校園中仍屬少數，研究者認為較難貼近一般學生的經驗法則，所以在  $P_1$  中，將問題場景修改成「阿強為得女友青睞，親手設計組裝別具特色的一對鬧鐘送給對方」，試圖希望透過年輕男女感情這種普通的主題來引起學生共鳴。

## （三）更詼諧的文字描述

在  $P_1$  中，研究者描述「阿強常常遲到 10 分鐘以上，惹得女友不高興，眼看就要分手，阿強決定使出渾身解數找出問題並解釋給心儀的女友聽，以便得到其諒解並能更崇拜自己，且盡釋前嫌。」即為盡可能以幽默的口吻，引發學生學習興趣。

## 三、 $P_2$ 的再修正

研究者在經過第一回合執行後，根據 PBL 參與學生、小組老師以及研究者之各種記錄，包括分組討論後之學習記錄單、學生口頭報告的簡報資料與問答、學生的自我與課程滿意度、小組老師課程觀察記錄、教師行動筆記與課程後會議等，彙整設計出  $P_2$ ，以作為第二回合課程使用。以下將就影響因子做一說明：

### （一）將問題設計從高層思考降低層次

基於下列思考，將題目焦點從架構層轉回聚焦到功能方塊層、邏輯層、電路層：

1. 研究者在  $P_1$  實施後，發現學生所提出的問題假設，有許多傾向於人為因素，包括：「女友故意調快時間」(S7)、「他自己夢到電子鬧鐘失準」(S14)，此與所設定的學習目標相差甚遠，研究者發現，題目設定過於產品應用端行為描述時，會造成學習議題過多，分散學習者對於核心問題的注意力，因此，決定將題目焦點聚焦回 IC 設計實體領域的功能方塊層、邏輯層、電路層：「為了提高團隊工作的效率，所以阿偉想要建立一套面對大尺寸<sup>2</sup> opamp 而能使佈局圖樣同時滿足小面積、用掉最少層金屬與最快完成要求。」
2. 學生除了上述的行為歸因之外，針對電子鐘走慢的問題，多數都會直覺的朝向一般性的生活知識，像是：「電池電量不足」(S26)、「器材使用久了總會藏汙納垢甚至生鏽、造成電路板與電池之間的接觸點因為污垢或其他因素接觸不良」(S30)等，或較為普遍的石英振盪器功能方塊思考，例如：「石英振盪器旁的電容值不夠」(S5)，不管上述何者皆與 IC 佈局相關的學習目標較遠，無法聚焦於 IC 有關的環形震盪器、LC 耦合式震盪器等，且學生回饋中也希望「題目可能再深入 IC Layout 一點」(S3)，因此，研究者安排「團隊接了一個系統晶片的案子，而自己被分派到負責運算放大器 (opamp) 電路佈局設計」便是在  $P_2$  中，採用指定功能方塊為運算放大器的作法。

## (二) 配合學生學習程度，減少問題設計的複雜度

1. 在  $P_1$  中，學生針對問題解決策略提出單晶片程式的方向，這原本是課程中所期待的學習內容之一，但學生多數提出方向，卻無法有更進一步的解決策略，其因多來自單晶片的複雜性造成學生學習阻礙過高。因此，研究者在  $P_2$  中，聚焦邏輯層以下，選擇單晶片中之子功能方塊之一的全加器「四位元全加器而能使佈局圖樣同時滿足小面積、用掉最少層金屬與最快完成要求」，希望藉此降低複雜度，提高學習者的學習動機。

---

<sup>2</sup> 即輸入MOS電晶體差動對 $W/L > 200$

2. 在 P<sub>2</sub> 第一幕中，研究者安排學生使用運算放大器寬電晶體的佈局，需要像：寬電晶體的摺數、叉指式的畫法、匹配等技巧，但多數學生對此尚不熟悉，顯見對本科目所需的基礎知識較為不足；小組老師建議：

運算放大器所需要的佈局知識和技巧比較複雜，又只剩下一週上課，老師可以考慮以全加器這類的數位電路作為問題比較簡單。  
(A3)

因此，設計第二幕的情節為「最近團隊接了一個系統晶片的案子，而自己被分派到負責四位元全加器（full adder）電路佈局設計，因為是個低價的專案，每個人都被專案經理要求佈局面積最小，以達到整個晶片成本最低」，為兼顧學生的能力與教學進度，研究者便做了 P<sub>2</sub> 大幅修正的安排。

## 肆、教材實踐歷程

本研究之教材實踐歷程，將以行動研究的流程加以說明。所謂行動研究是以行動理論作為基礎的研究方法，其目的之一是促使改變（Elliot, 1991）；Bargal 等人（1992）綜合了 Lewin 的行動研究典範，提出了這類研究取向的六個特徵：一、一個有計畫、有步驟的執行過程；二、研究過程具有循環性；三、強調研究者及參與研究者的合作關係；四、在研究過程中，研究者及參與研究者都是行動者，共同在研究中行動並獲得回饋；五、研究的目的之一就是解決問題與產生知識（引自劉惠琴，2002）。在 PBL 課堂場域中，透過行動參與，由教師、學生與小組老師等共同合作，互相體會與激盪出對教材的想法，再藉由行動研究中不斷觀察、反省及行動的螺旋狀循環過程，共同因應在課程中所遇到的相關問題，逐步呈現教材的設計與實施如何進行與修正。

## 一、計畫

研究者於授課學期的開始，即進行教材與教學之前置作業，包括課程單元設計、小組老師合作、評量方式與工具建置、學生分組、業界教師協調等事宜。

### (一) 課程單元之設計

本課程為混合式的課程安排，包括一般教學與 PBL 教學。於開學後，先進行十週的一般教學，然後於第十一、十二週（課程主題為：電子產品設計不良導致不正常時的案例之分析偵錯 I & II）進行第一回合為期兩週的 PBL 課程；接下來，再次進行一般教學，預做第二回合教學所需知識的準備，並於第十六、十七週（課程主題為類比與數位電路的實體設計 I & II）進行第二回合。如此設計的用意，一方面希望學生先具有本課程的基礎知識，另一方面，這兩個單元可以整合成為 IC 佈局工程師所具備的知能，以便符合該職務之職能基準，與 PBL 所強調的真實感、實務性互相呼應，激發學生學習動機；同時，因受限於人力、物力、財力，故設計四次的 PBL 課程，係望於第一回合後，可檢視整體執行狀況以做調整，第二回合則安排於三週後再一次進行。

### (二) 小組老師之合作

在本次四週教學中，研究者聘請了四位修習過本課程之大四學長擔任小組老師來加以協助，每位小組老師負責兩組。在進行之前，小組老師即多次與研究者討論教材之問題擬定與課程實施所需留意之細節；課程進行過程中，亦請小組老師將參與觀察予以記錄，同時，每次課程結束後，研究者均會與小組老師和協助行動研究之協同研究者等共同進行會後會討論。

### (三) 評量方式與工具之建置

為瞭解學生學習狀況，研究者於每次上課時經由各組的學習記錄

單，瞭解並分析其討論過程；同時，藉由分組口頭報告呈現其討論結果，以作為對學生學習的評量，學生個人也可以對他組進行評分；課程結束時，學生填寫自我與課程滿意度及學習反思單，小組老師填寫小組參與觀察記錄單、研究者則撰寫行動筆記。藉由這些相關表單的交叉比對，以瞭解學生學習成果，並逐步修正 PBL 教材實施之行動，而工具的建置，均請專家做過檢驗確認。

#### **(四) 學生之分組**

由研究者隨機分配，每組五人，共分八組，研究者亦會在課堂上說明小組討論中分工合作所需留意的事項。

#### **(五) 業界教師之協調**

由於 PBL 的問題設計著重與實務的結合，因此，本課程共安排三位業界教師，每位各有兩場次的課堂參與，以建立其先備知識；同時，PBL 課程當中，亦請業界教師進行學生分組口頭報告後之實務回饋。

#### **(六) 配套設計**

除此之外，為了讓學生熟悉 PBL 的實施流程，另編有指引單由研究者事先說明並提供給學生；同時，亦安排口頭報告獎品，藉以鼓勵學生。

## **二、第一回合行動與觀察**

### **(一) PBL 進行方式之講解**

研究者以四十分鐘時間，進行 PBL 教材與相關資源之說明，並介紹 PBL 教室設施以及小組老師之角色。

### **(二) 第一次分組討論**

小組自行選出帶領者、記錄者，這期間有五十分鐘，學生根據教案

手冊的提供，開始閱讀問題，提出造成該問題的假設，從中決定所需要的學習目標。這個階段，許多組需要藉由小組老師來啟動發言，習慣各自埋頭找資料，或容易分散注意力，做自己的事；真正可以很快聚焦的小組，大多是由組內少數同學作主導。

### **(三) 各組初步口頭報告**

為瞭解不嫻熟 PBL 課程的學生之學習狀況，此階段先展開初次的口頭報告。每組約十分鐘，各組就其假設進行口頭報告，研究者多數會給予鼓勵，並提醒其聚焦於問題假設與學習目標訂定的流程，暫不對其報告內容有所指導。

### **(四) 第二次分組討論**

初次口頭報告後，學生回到原小組，繼續探討所欲形成的問題假設與擬定學習目標，這期間有四十分鐘，本週課程到此告一段落；這時有些小組因認為已經有假設與目標，便有所停頓，分心做自己的事；有些小組則會經由先前各組口頭報告所回饋的意見，繼續深入檢索資料與討論。小組老師在此時扮演很重要的角色，便是引導其繼續未完成的進度；學生也須繳回其問題學習單，並將所討論內容進行摘要。

### **(五) 第三次分組討論**

此階段為七十分鐘，主要是就所未完成的進度繼續蒐集與統整資料、並形成問題解決方法，同時各組須準備口頭報告資料。小組在此時，面對準備口頭報告的壓力，均較上週專注，主要針對問題解決的方法，進行資料檢索與討論，但由於花較多時間在討論，相對的口頭報告的準備便較為緊湊。

### **(六) 各組總結口頭報告**

每組進行五分鐘報告，並由他組輪流學習發問，再由學生進行評分。這過程中，由於需要上台報告，學生的參與較平時在課堂間更為投入；

另外，多數小組可以完成提出從問題假設到解決的思考，自學的態度逐漸形成，但受限於時間，其深入的情況互有差異，對於 PBL 的實施過程已逐漸熟悉；業界教師與研究者的回饋包括學生學習態度、簡報內容、業界職場文化、問題思考能力等部分。

### （七）學生與小組老師的反思回饋

由研究者擬定題目提供回饋單，邀請小組老師與學生填寫，同時作為下一回合問題擬定與修正的參考。回饋的項目包括：1. 自我滿意度部分：出席意願、學習效能、小組互動等；2. 課程滿意度部分：包括分組安排、課程安排、口頭報告、空間安排、教師引導等；3. 學習與反思（質化）：屬於學生自我記錄，含學習內容、問題反思。

## 三、省思與修正

### （一）學生回饋的省思

學生所填寫的回饋包括兩部分，第一部分是針對自我與課程方面；第二部分是針對問題設計之質性回饋，後者可參見前述「參、教材結構與內容之設計與修正」：

#### 1. 分組安排：

(1) 在分工方面，「可以再加個工作項目，不希望一兩個人閒著，不知道做什麼」（S33），學生對於小組的領導、記錄、計時角色的想像中，會認為沒有這些角色者，對討論的參與也較無所適從。

(2) 在組員熟悉度方面，

希望可以跟認識的人一組，這樣可以認識大家的學習方法、可以更好的分工合作、討論氣氛會更好……跟不認識的人同一組根本沒有人敢提意見，討論的氣氛也很僵，所以根本是自己在做自己的……（S35）

在有限的時間與任務導向的設計中，有的學生反應整個小組的動力是不足的，更遑論要有產出。

(3) 在互動的收穫上，「可以看到對方的優點，也能發掘自己仍然不足的地方，並且逐步改進」（S29），由此可以看出有的學生願意嘗試溝通，認為與其他同學的互動是一種互補有無。

2. 口頭報告安排：口頭報告中安排同學發問，由於有的同學對於向其他組發問的準備仍不足，因此，建議應對於同學發問要有更嚴格的要求，

報告結束後，應該硬性規定提問，例：每組至少一個問題，這樣能讓大家更專注在演講上，並且發掘問題。（S21）

3. 教師的協助：學生在這個部分的反應很具體，其對老師仍有相當指導的期待以及表現的回饋，但有不同程度的需求，「對於報告後的 Q&A 時間，希望老師能更補充說明」（S15），

希望老師可以多給同學們建議，有助於同學們不管是口語表達能力或是簡報上的內容，以及每位同學的優缺點分析。（S1）

而對於獎勵「希望老師可以用更好的獎勵方式，鼓勵同學們多來上課」（S17），也看出學生對於配套的獎勵是有所感的。

## （二）研究者與小組老師的觀察檢視

在第一回合進行當中，研究者與小組老師認為，分組討論中各組進度差異大，有的小組容易催化，關鍵在於組內有人願意扛起帶討論的責任，此與是不是被賦予擔任領導者角色與否，似乎無關，而是先備知識嫻熟與口語表達較佳：在口頭報告安排中，表達能力好的學生，較容易拿到較高的分數；同時，學生之間會產生互相拉抬分數的情形，不易真正呈現小組討論的成果。

### （三）課程安排修正

基於上述的回饋與檢視，研究者修正了教材內容（見參、教材結構與內容之設計與修正）與課程安排，在後者的部分包括：

1. 分組方式從隨機改採學生自行選組，希望增加學生相互熟悉感，盡快進入討論狀況。
2. 為避免學生對於假設形成、目標擬定、問題探索與解決等能力的養成不足，造成在討論時，過於鬆散，特別請小組老師針對部分組別加以協助與引導。
3. 研究者修正課程結構：將小組討論的時間集中在前半段，不加以切割，後半段強化分組口頭報告討論，最後加長研究者與業界教師提供回饋的時間。
4. 同學在口頭報告時，容易因彼此交情而對評分不易客觀，因此，加入小組老師共同評分，並將指定發問的組數，從一組增為四組。

## 四、第二回合行動與觀察

### （一）第一次分組討論

P<sub>2</sub> 第一幕的討論，小組仍須自行選出帶領者、記錄者，這期間有七十分鐘，學生在此階段已較第一回合更為嫻熟地進行題目的閱讀、討論等過程，同時由於時間緊湊，學生較可以專注聚焦於準備相關資料，思考也較縝密，並做工作分配，完成學習記錄單以及口頭報告簡報檔。

### （二）第一次分組口頭報告

每組進行七分鐘報告，每組報告時，有四組學習發問，評分配分與指標與第一回合相同，由學生、小組老師共同評分。由於研究者所給的方向較為特定且具體，學生較願意嘗試系統性的解決問題，部分學生的問題解決能力與學習動機已有增強。

### **(三) 第二次分組討論**

P<sub>2</sub> 第二幕的討論，這期間有七十分鐘，學生的表現與上一週相似，由於這是最後一次 PBL 課程，學生對於流程的進行更為熟悉，研究者無需留意太多細節，整體節奏的掌握較為順暢。

### **(四) 第二次分組口頭報告**

時間長度與報告結構的安排與上週一樣，這過程中，學生的先備知識經由這幾週的重複複習，顯得較為熟悉，從架構功能方塊到邏輯層到電路層都能設計，且各組學生發問較可以切中重點。

### **(五) 學生、小組老師、業界教師的反思回饋**

時間長度約五十分鐘，由於這是最後一次 PBL 課程，因此，研究者除提供與第一回合相同的回饋單之外，亦邀請業界教師分享，其對學生如何解決問題的思考能力提出肯定與建議；同時，研究者也個別訪問學生學習的心得，針對其平時解決問題的習慣與改變動機、課程中發想問題假設的困難、完成問題解決步驟的程度、學習到問題解決方法的應用等思考與經驗做一檢視。

## **五、結果**

在 PBL 執行完後，研究者針對每回合的小組學習記錄單、小組口頭報告資料、課程進行中的影音檔、自我與課程滿意度、學生學習訪談記錄、小組老師觀察記錄與研究者行動筆記等資料進行分析，並形成以下兩項結果。

### **(一) 專業學習方面**

學生在講究電路性能的佈局設計中，已能掌握其重點，以下將就四點進行說明：

1. 滿足工程教育認證規範之核心能力與 IC 佈局工程師職能基準中有關團隊合作精神的要求：「想到問題通常會跟同學討論，幾個人一起解決問題」（S2）、「很容易有自己的想法，再結合大家的想法，就是一個很好的創新和創意」（S38），這些回饋說明了課堂進行中，學生確實能在 PBL 課程安排中獲得小組合作的訓練。
2. 理解設計規則檢查（DRC）、電路佈局檢查（LVS）的意義並熟練 IC 佈局驗證的工具軟體應用：本課程凡是牽涉到 IC 佈局設計的正确與否，最後都必須以能否通過工具軟體的驗證結果來認定，當學生自我檢討時提到「規則要看清楚，不然測試時會一直跑出錯誤」（S36）、「可以一次完成，不然後面要找，要一個一個找」（S26），代表學生對這個驗證的流程已是熟練。
3. 發現並理解不同的佈局圖樣所導致的寄生元件效應：佈局設計的優劣乃在於佈局後的電路性不能比佈局之前降低太多，甚至於無法符合原先所設計的規格，而須重啟設計的整套流程，那將造成時間、人力等資源的浪費。因此，當學生思考「OD 層的擴展區距離大小」（S24）、「接 vdd 端共接 s 端就不用匹配」（S15），也有人提出「為什麼你的多晶矽閘極要拉那麼長」（S30）的質疑時，代表學生瞭解了降低寄生元件效應的佈局方法。
4. 元件的位置擺放以及繞線規劃已有初步的認識：整體而言，對 IC 佈局設計的好壞關鍵就在於元件的擺放和包含採用幾層金屬的繞線策略。當元件畫好通過驗證之後，原則上，通常會把輸入、輸出點相接的元件，相鄰擺放以符合最短接線路徑的要求；接著，為配合全區域的繞線通道再進行地板規劃、電源規劃等，學生已經可以「每一級的大小考慮到整體的佈局是否會影響到整體走線、繞線以及寄生電容」（S29）、「因為佈線的距離長短，會影響到金屬使用的多少」（S31）、「ME 的使用，摺數對佈局整體的影響」（S36），這意味著學生已初步理解元件擺放及繞線的策略考量。

## (二) 自我與課程滿意情形

研究者在第一回合與第二回合結束時，均進行學生自我與課程滿意度評量。其中，自我滿意度評量部分，包括：「增加或持續穩定出席課堂」、「增加對問題多元分析的能力」、「增加與同學分享知識的能力」、「增加蒐集資料、資訊的能力」、「增加對問題具有創意思考的能力」、「增加簡報製作的能力」、「更會在小組中傾聽他人意見」、「更會在小組中主動參與討論」、「更會在小組中協助同學溝通協調」、「更會在小組中參與做決定」等項目中，填答「非常同意」者在第二回合都比第一回合提高 20% 以上，顯見學生在出席、問題解決、小組參與等部分對於自我的學習是肯定的。

在課程滿意度評量方面，包括：「促進小組的互動往來」、「業師對 PBL 討論之協助」等項目中，填答「非常同意」者在第二回合增加的百分比，都比第一回合提高 20% 以上，「教師對小組討論之引導說明」、「教師對口頭報告之回饋」、「整體課堂之上課氣氛」，填答「非常同意」者在第二回合增加的百分比，都比第一回合提高 15% 以上，可以看出業界教師結合實務觀點對 PBL 課程的助益甚大，而研究者根據學生回饋而調整的引導與回饋，亦能被學生所肯定及認同。

整體而言，學生在兩回合中的自我滿意度評量與課程滿意度評量均達成統計上的顯著差異（如表 2）。

表 2  
第一回合與第二回合學生自我與課程滿意度差異比較

	第一回合		第二回合		<i>df</i>	<i>t</i> 值	<i>p</i> 值
	平均值	標準差	平均值	標準差			
自我滿意度	54.57	6.57	59.64	7.17	13	-2.81	.015*
課程滿意度	53.21	6.29	58.21	7.31	13	-2.38	.033*

## 伍、結論與建議

我家是農業代耕，暑假的時候都要跟家人一起出去工作種田，有時候耕作的機器都會故障，我都先假設說：可能是裡面的皮帶壞掉導致機器無法正常運作，又或者是油箱壞掉，導致機器中止，結果問題沒有想到在於機器引擎老舊，導致機器無法再次啟動。（S28）

學生的這個分享令研究者印象非常深刻，常常我們所在意的地方，未必是答案的真正焦點，在這次的教學中，研究者的最初發想及至最終的結論，也是一趟奇妙的旅程，以下將就二方面提出討論。

### 一、PBL 教材設計的見山又是山

要成功發展 PBL 的第一個挑戰就是設計好的問題，要怎麼開始？應該包括什麼？所給的訊息會不會太多？會不會太少？我們從太多文獻上都讀到太多失敗的警告，所以往往在寫第一個問題時總是有很多害怕，總擔心不完美（Amador et al., 2006）。的確，對研究者而言，在這次經驗中的教材設計，真正體會到所謂的花很多努力，從自己在書籍與網站檢索，到與 PBL 教師社群、校內外同儕、業界教師、小組老師、協同研究者等的討論，這種迥異於自己過往題目發想的設計，要將傳統的問題轉成 PBL 問題，從單一對錯轉成開放式問題，超過一個以上合理的解決方法，可想而知絕對是費時的過程。Amador 等人（2006）認為好問題絕對是要花很多努力去設計，但看到學生可以享受這樣的工作，得到回饋，是值得的，而這正是支持研究者的重要結果之一。

本文最主要的目的，即在探討教材設計與修正的歷程以及分析影響因子。研究者試圖整理這段實踐經驗（圖 3），在設計 P0 之初，自己會考慮許多問題設計的因子，包括：單元學習目標、工程教育認證規範之核心能力、IC 佈局工程師職能基準、學生的先備知識等等。這樣的設計，來自研究者認為既有的課程規範對於設計教材的參考價值相當高，可以提供研究者更清楚有系統地去連結從微觀的 PBL 單元學習目標、本課程

目標到更巨觀的工程教育認證規範的核心能力、IC 佈局工程師的職能基準來對襯呼應，而學生的先備知識與本課程前半段的授課內容也多是既定的教學科目與內容，乃至於考量學生的學習風格，亦為一般工程背景學生的共通特質。

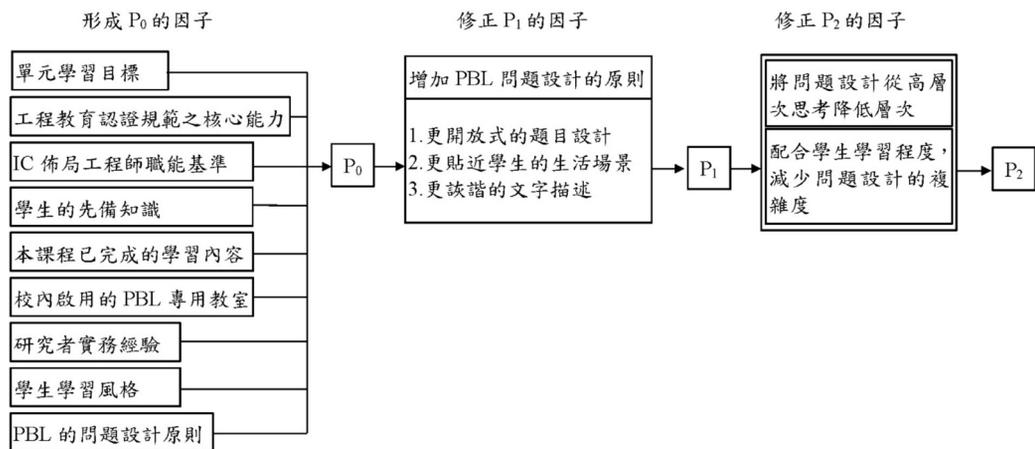


圖 3 在 P<sub>0</sub>、P<sub>1</sub>、P<sub>2</sub> 三個階段中 PBL 問題設計參考基礎

然，當課程實施在即，研究者要求自己聚焦於 PBL 的題目設計原則，因此，調整使用諛諧、貼近學生生活與開放性等原則設計出 P<sub>1</sub>，這不單反映出研究者對 PBL 操作上的一個理想與期待，也反映出設計 PBL 問題的困難，誠如 Boud 與 Felettis (1992) 認為，很少文章對於設計 PBL 問題的規則有詳細的介紹 (引自 Schmidt & Moust, 2010)。最終在課程執行前，身處其中的研究者，透過自身過往學習與教學經驗，和對 PBL 問題設計原則的參考，擬定一個自認符合 PBL 要求之題目。

及至第一回合兩週的課程結束，研究者從自身教學現場與許多學生反應回饋中，形成了 P<sub>2</sub>，這是一個重要且巨大的轉折，其中，非常主要的影響便是必須貼近當下所面對的這群學生的現況，他們不在書本，不在理論中，他們就是鮮活地展現在研究者面前，這包括學生對先備知識學習不足的反應，「因為沒注意聽課，幾次重點沒聽到就跟不上了」(S8)，「雖然老師說同學們之前的課堂上有學過，但對我來說是一個全新的東西」(S25)；或對於 PBL 學習的質疑，

問題出在我們根本沒有做過這種類型的題目，畢竟上課教的只是基本的，就算可以上網找資料，我們還是沒辦法確定我們找的是正確的？（S9）

「我不知道老師要改變什麼，我個性不喜歡畫圖，制式的東西，無法認真」（S21），「其實上課是要來聽老師講解，要不然一直問同學會很麻煩」（S26），或者因為學生整個學期的時間安排，無暇準備課程：

因為我們要忙於專題的事情以及其他的事物，再加上這學期又有 PBL 跟參訪，所以問題作業都沒能夠做完。（S37）

由此發現，研究者當下所面對的是學生的先備知識足夠嗎？學生對問題從假設到擬定的思考能力需要有多少時間醞釀？所謂自學所需要面對問題的模糊與複雜，不只一個解決方法的學習氛圍，學生的心理準備足夠嗎？學生的學習環境整體脈絡，是不是足夠支持其在 PBL 課外時間的準備？而這些現象正是研究者首先要面對的事實。Barrows（1986）曾指出 PBL 不是一種固定的教學方法，其意義會因教學設計現場與教師所具有的相關教學技能之不同而有差異；周致丞（2017）也提到現在世代的轉變，重視 PBL 背後真正的觀念與價值才是重點，欲落實觀念的改革，需要給師生彼此多一點時間。

寫作 PBL 問題能夠幫助教職人員發展成一位更能應變的老師（劉惠園，2006），研究者自忖，若 PBL 要啟動的是一種觀念，一種問題解決的態度與經驗的觀念，這才是真正的重點，學生如此才能內化自己的學習，那在問題設計上，勢必要顧慮他們現有知能，避免短時間學習中所帶來的挫折感過大，正如我們每天都在解決大大小小的生活問題。因此，問題便是一種觸發點，透過問題解決，便可以提供學習者一種對學習的擁有感（Mok, 2009），於是，研究者的 P<sub>2</sub> 設計，降低了題目的開放度與複雜度，試圖希望在第二回合的 PBL 教學中，能增加學生的勝任感，第二回合之後，學生反應「雖然我認為看到圖就覺得做不出來，但如果我肯繼續做，是絕對做的出來」（S28），「可以把問題了解清楚，會

比漫無目的地想問題好很多」(S22)顯然,學生在第二回合有較多的安心來學習。

梁繼權(2008)指出,由於大多的知識主要來源仍為大班的傳統課程,因此,在時間限制之下,若把PBL學習目標簡化為是一種學習方法與態度的訓練,以及養成理解、批判與思考能力,這將可更有利於集中精神,以有限資源來引導學生學習;因此,即使在P<sub>2</sub>的設計中,研究者需要放棄較符合PBL的問題設計原則,但,可以確定的是研究者可以成為「不再是給標準答案的人,而是可以提出問題,帶領學生探索問題核心的人,將單一知識建立更多的連結,使問題具有教育的價值與目的」(周致丞,2017)。

## 二、問題導向的學習,學的是面對「問題」的態度

問題導向的學習,可以說應該是多門課程的結合,讓學生的發想更為寬廣,然後慢慢聚焦與深入其中一項可能的學習議題,再深入去學習,這的確打破學生傳統的學習模式;然從本研究中,可以發現的是,學生更多的學習是在問題解決的步驟,學生學會「先讀熟題目,再與夥伴討論,分工決定上網查哪些資料」(S03)、「很容易有自己的想法,再結合大家的想法,是一個很好的創新和創意」(S14)、「看指引後面的參考文獻,開始找」(S06)、「朝各方向思考,對於資料蒐集的種類也相對較為廣泛」(S09)。因此,不管是從想法或作法開始,學生把問題解決變的更為立體,多向發想、思考問題、蒐集資料、同儕討論都是學生逐漸學會採用的方法。

而學生對於所學到的行為,也逐漸可以內化到自己的生活中,「本來不喜歡問人課業問題,現在能勉強問小問題」(S21)、

遇到問題,不一定要鑽牛角去解決,會想破頭,如果可以換個方向去想,會發現其實這問題,並不是只有一個解決方法。(S09)

「相較於剛修課時,的確有更進一步的了解,但我生活中可能還有一段路要走」(S24),可以發現學生的問題解決能力也可以在課堂以

外的地方被應用，願意去問問題，或不拘泥於一種解決方法，這應該是研究者最樂見的——將好的學習習慣內化。

另一方面，在課堂口頭報告時，研究者要求聽講的學生須練習針對報告者提出口頭發問與回答，同學最初的反應是「不太能找出問題點」（S8）、「有些不瞭解同學在說什麼」（S17）、「簡報資料太少」（S4）、「沒有想法」（S21）、「沒有重點，因為大家報告時間很短無法思考」（S22）、「我整理的不好表達也不好」（S7），發問者必須從聆聽，到聽的懂，到加入自己的意見，及至可用口語表達出來，發表者必須在有效時間內與小組同學共同整理出來，在第一回到第二回的口頭報告，可以明顯發現學生的改變，「貴組的電阻如何摺疊？」（S29）、

軟體上有對話視窗，可以自行決定摺數就看你要（每段）多大，floor plan 怎麼規劃的，像我的就是為了把左邊空白填滿而決定摺數的……（S14）

由此可知，在 PBL 課程中，學生學到的思考，不只在專業，也在其面對問題應有的態度；使學生從現有問題中，去思考更多問題，並想辦法解決所遭遇問題（劉惠園，2006）。

這是個問題嗎？這是個適當的問題嗎？研究者認為，PBL 之重心正在於以問題作為師生學習最重要的推進力，在一次次的疑問中，累積經驗，綜合上述，研究者提出之建議如下：

- （一）PBL 教材的實施是有系統性的，應先回歸教學者在教學現場所面對的學生特質為主體，其與教學者本身的各項背景條件是最核心的考量，再融入 PBL 對問題設計原則的要求，並考慮實施的次數與期間，必要時簡化 PBL 的學習目標，從小而美的成功經驗中，逐步實踐學生自學的核心精神。
- （二）教學者應不急於追求學生在專業學習上的成就，而是能清楚地標示出學生在每個問題處理歷程中的具體學習之處，學生需要激發的是願意學習的動機與態度，這對於科大的學生格外重要，其身處一個與業界幾乎無縫接軌的學習脈絡中，準備好這樣的條件，

將有利其在職場的勝任。

- (三) 教學者的意願，是 PBL 教材的設計與修正中的一個重要支撐力量。研究者從一個面對教學困頓、坐困愁城的人，透過學校與同事社群的資源引導，逐步進入 PBL 的教學領域，一方面學習醫療領域先進者的重要經驗，一方面也期望走出自己的 PBL 教學之路，因此，除了希望校方可以提供更完整的 PBL 支持環境——包括教材審查的委員會——之外，更重要的是，建議初步接觸 PBL 教育的同好者，應該重視並檢視自己的態度與準備，允許自己的犯錯與修正，而這不就是 PBL 所要給予我們的學習嗎？

## 參考文獻

- 李沛霖（2016）。**探討不同教材在翻轉教室結合問題導向學習對於學習成效之影響**（未出版之碩士論文）。淡江大學，臺北。
- 周致丞（2017）。對臺灣醫學教育與應用 PBL 的系統思考：一個急診醫師與老師的觀點。載於關超然、李孟智（主編），**Problem Based Learning 問題導向學習之理念、方法、實務與經驗——醫護教育之新潮流**（頁 125-138）。臺北：臺灣愛思唯爾。
- 柯立晉、王聖翔、黃翔昱、王悅晨、莊翔富、洪若雅、游志淇、張順欽（2018）。**應用無人機觀測大氣邊界層結構。航測及遙測學刊**，**23(2)**，103-113。
- 洪榮昭、林展立（2006）。問題導向學習與專題導向學習教學模式比較。載於洪榮昭、林展立（主編），**問題導向學習課程發展理論與實務**（頁 1-26）。臺北：師大書苑。
- 郭章淵、陳信安（2005）。問題導向學習應用於建築設備學教學設計之實證研究。**朝陽設計學報**，**6**，49-65。
- 郭章淵、戴文雄（2007）。問題導向學習對建築系學生學習成效之研究——以建築設備學教學為例。**朝陽學報**，**12**，293-309。
- 梁繼權（2008）。**Problem Based Learning 教師手冊**。臺北：國立臺灣大學醫學院。

- 溫瑞烘（2002）。問題導向學習用於資訊教學之探討。**中華技術學院學報**，**24**，195-212。
- 楊坤原、張賴妙理（2005）。問題本位學習的理論基礎與教學歷程。**中原學報**，**33(2)**，215-235。
- 楊坤原、張賴妙理（2017）。PBL 在臺灣非健康領域的中、高等教育之嘗試與實踐。載於關超然、李孟智（主編），**Problem Based Learning 問題導向學習之理念、方法、實務與經驗——醫護教育之新潮流**（頁 381-196）。臺北：臺灣愛思唯爾。
- 劉惠琴（2002）。助人專業與性別實踐。**應用心理研究雜誌**，**13**，45-72。
- 劉惠園（2006）。如何撰寫問題導向學習劇本。載於洪榮昭、林展立（主編），**問題導向學習課程發展理論與實務**（頁 27-56）。臺北：師大書苑。
- 關超然、李孟智（2017）。設計、撰寫與審核 PBL 教案。載於關超然、李孟智（主編），**Problem Based Learning 問題導向學習之理念、方法、實務與經驗——醫護教育之新潮流**（頁 45-70）。臺北：臺灣愛思唯爾。
- Amador, T. A., Miles, L., & Peters, C. B. (2006). *The practice of problem-based learning: A guide to implementing PBL in the college classroom*. Bolton, MA: Anker.
- Barrows, H. S. (1986). A taxonomy of problem-based learning methods. *Medical Education*, *20*, 481-486.
- Duch, B. J., Groh, S. E., & Allen, D. E. (2001). Why problem-based learning? A case study of institutional change in undergraduate education. In B. Duch, S. Groh, & D. Allen (Eds.), *The power of problem-based learning* (pp. 3-11). Sterling, VA: Stylus.
- Elliot, J. (1991). *Action research for educational change*. Philadelphia, PA: Open University Press.
- Felder, R. M. (1988). Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering Education*, *78(7)*, 674-681.

- Gijselaers, W. H., & Schmidt, H. G. (1990). Development and evaluation of a causal model of problem-based learning. In Z. M. Nooman, H. G. Schmidt, & E. S. Ezzat (Eds.), *Innovation in medical education: An evaluation of its present status* (pp. 95-113). New York, NY: Springer.
- Kuperminc, G. P., & Allen, J. P. (2001). Social orientation: Problem behavior and motivations toward interpersonal problem solving among high risk adolescents. *Journal of Youth Adolescent*, 30(5), 597-622.
- Mok, J. (2009). Designing a PBL problem. In J. Ee & O. S. Tan (Eds.), *PBL made simple: Lessons for the classroom* (pp. 49-79). Singapore: Cengage Learning Asia.
- Schmidt, H., & Moust, J. (2010). Designing problems. In H. van Berkel, A. Scherpbier, H. Hillen, & C. van der Vleuten (Eds.), *Lessons from problem-based learning* (pp. 31-45). New York, NY: Oxford University Press.

# Problem or Not? Action Research in Teaching for Problem-Based Learning

Pei-Hua Chang\* Su-Fen Cheng\*\* Ching-Biau Tzeng\*\*\*

## Abstract

For students studying at the employment-focused University of Science and Technology, the spirit of problem-based learning (PBL) emphasizing learner-centers benefits the rise in self-learning for curricula and the cultivation of problem-solving abilities for job demand. The purpose of this study is to present the design of teaching material and the process of action research using PBL in the “Full-Custom Integrated Circuit Layout Design and Labs” course, analyzing the impact factors. The research participants were forty juniors who took the course as part of a major in the Department of Electronic Engineering of the University of Science and Technology. The data were collected and analyzed using qualitative and quantitative tools. The results showed the design and revised process of the teaching material over the three occasions and found that students’ learning attitude and ability were the important factors affecting the use of teaching material. This paper proposes some possible suggestions for PBL teaching material, teaching strategies, and teachers who intend to use PBL in their courses.

**Keywords:** engineering education, action research, problem-based learning, teaching material



---

DOI : 10.6870/JTPRHE.201812\_2(2).0004

Received: September 4, 2018; Modified: January 2, 2019; Accepted: January 17, 2019

\* Pei-Hua Chang, Lecturer, Department of Electronics Engineering, Kun Shan University, E-mail: paulph.chang100@gmail.com

\*\* Su-Fen Cheng (corresponding author), Associate Professor, Department of Medical Sociology and Social Work, Kaohsiung Medical University, E-mail: m785028@kmu.edu.tw

\*\*\* Ching-Biau Tzeng, Associate Professor and Director, Department of Electronics Engineering, Kun Shan University

