

教育部教學實踐研究計畫成果報告
Project Report for MOE Teaching Practice Research Program

計畫編號/Project Number：PEE1090536
學門專案分類/Division：工程學門
執行期間/Funding Period：2020.8.1-2021.7.31

高教工程大學部學生批判思考傾向與能力之精進
配合課程：實用數位系統設計

計畫主持人(Principal Investigator)：謝東佑
執行機構及系所(Institution/Department/Program)：中山大學電機工程學系
成果報告公開日期：

☒立即公開 ☐延後公開(統一於 2022 年 9 月 30 日公開)

繳交報告日期(Report Submission Date)：2021.9.17

一. 報告內文(Content)

1. 研究動機與目的(Research Motive and Purpose)

申請人講授課程時常發現許多大學部學生在升學壓力下，逐漸傾向於補習班式與伸手牌的快速學習方式，對於內容的來龍去脈，甚至是其潛在問題以及研究上的可能性，則較無學習興趣，也較無意願主動搜尋、分析、歸納以及比較相關資訊，上課時也無太多參與課堂討論熱情，更重要的是，恐怕也不知道為何而學，主要目的只是為了通過考試拿到學分，能夠畢業，而非真的是因為對此學科有知識好奇心與興趣。

這樣的學習方式常會出現的問題為考完試後即忘了學習內容，也不會知道為什麼以及如何應用學習到的內容。另一方面，學生也以類似「帶著眼罩」的方式壓抑、被動、被強迫地接受填鴨式的教育，眼界也被老師侷限在所傳授的單一想法。如此培養出來的學生對於工程領域快速變化、進步的知識來說極可能將無法跟上時代潮流。在現今的時代中教學生釣魚而非給其魚吃顯得愈來愈重要，使其能夠學會獲取及建構知識的方法。

有的學生也會反映學過就忘的問題，但其實自己也不太知道可能是因為自己的學習方式不太費力所造成。在此部分教師能有著力點的地方為讓學生進行或體驗深度思考，讓其可創造、聯想、關聯、比較、價值評估，並將已學知識進行遷徙、整合與創作性的應用，將學習提升到高階思維階段。實際上，大學應該訓練學生批判思考、問題解決等高階思考能力 (Bok, 2006)。此能力將可使學生所學習之知識更深刻地內化，讓其可了解如何應用知識解決問題或是學習更加深入的知識。

此思考方法能培養學生面對事物能形成自己看法的能力，並有扎實依據，也知道如何評論自己或甚至是別人的看法，並進行反思。另一方面，也能提升學生問題解決能力，面對問題能以理性方式探究，剖析問題，思索不同解決方法，並條理分明地評估不同解決方法的優劣，最後做出適當決定 (鄭英耀&葉玉珠，2000)。學生也能藉此培養知識創新與研發能力，更清楚地發現並培養自己的價值，對於適應未來也更有信心。能進行批判性思考的學生由於能有較開放的心胸，較能接受新觀念，對於已形成的觀念或想法與新觀念衝突時，也能進行分析與比較，必要時也較能願意反省與修正，並保有不斷探索的精神，持續學習。(溫明麗，1997)。

本研究之主題為高教工程大學部學生批判思考傾向與能力之分析與精進，希望基於傳統講述類的教學方法進一步深化，讓學生參與並體驗建構知識的過程，以激發其進行批判思考的傾向，也精進其批判思考能力，對所學知識有更深刻體會，也因此能對學科有更多知識好奇心。正所謂“Tell me, I forget; show me, I remember; involve me, I understand”。

本研究針對目前已有之幾種可促進批判思考的方法，例如蘇格拉底詰問法、案例探討、反思寫作等，探討如何融入原有課程中以及讓批判思考風氣最大化。除此之外，我們也將教學方法之應用範圍擴大為課前、課中以及課後三階段，搭配科技軟體(如 Kahoot!，Zuvio)輔助，使教學方法更易於執行，學生也更容易接受。

2. 文獻探討(Literature Review)

2.1 批評思考的定義

批判思考普遍來說可定義為一種理性的思考方式，面對事物能建構自己的看法，給出價值評論，並有詳實的客觀依據佐證。批判式思考的過程包含了審慎的檢視、比較、判斷、歸納、選擇等步驟 (廖羽晨，2009)。

批判思考主要可分為兩個面向：批判思考傾向與批判思考能力。

批判思考傾向指的是批判思考的情意面，也就是個人是否具有運用批判思考能力的特質與意願。透過培養個人的批判思考傾向，能提高其進行批判思考的意願，有助於提升整體的批判思考能力 (廖羽晨，2009)。要能具備優異的批判思考，批判思考傾向與批判思考能力的養成均相當關鍵，也都是重要核心。Yang 和 Chou (2008) 針對台灣的大學一般通識課程中 220 個學生的研究結果也發現：整體而言，批判思考傾向與批判思考能力具有正相關，特別是高批判思考能力者與中度批判思考傾向者具有顯著相關。

批判思考能力則包含了進行批判式思考所需的基本核心能力，包含分析、比較、判斷、歸納、選擇等，也包含決定何者應當相信與何者應當去做(Ennis, 1962)。一位善於批判思考者必須具備從事批判思考的能力，視問題發生的脈絡建立一套有效且合理的判斷準則，對問題加以澄清與評估進而解決問題 (廖羽晨，2009)。此能力也是問題解決的重要關鍵。如(吳文龍，2007)所述，批判思考在問題的發生、確認進而解決問題的連續過程中，以客觀的證據、審慎的態度及依循一定的標準對事物作出價值的判斷，並能從爭議中辨識及排除偏見。

值得一提的是，一個善於批判思考者，不但要具備批判思考的意向、能力，同時還需具備必要的知識，如此才能靈活地應用批判思考技巧並解決問題(吳文龍，2007)。批判思考傾向的提升能精進批判思考能力，而批判思考能力和批判思考的知識兩者均相當有助於察覺問題，並進而強化批判思考傾向。Yang 與 Chou (2008) 針對台灣大學生的研究也發現批判思考傾向會因為批判思考技巧增加而更加提升，但反之卻不然。學生有可能是為考好成績而學習，而非對學習真正感興趣 (邱珍琬，2012)。

2.2 批評思考的訓練

文獻中的許多研究顯示批判思考與個人學習能力與模式相當有關。例如 Giancarlo 與 Facione 的研究發現教育水準與批判思考傾向有正相關趨勢 (2001, cited in Lampert, 2007)。張昇鵬針對國中小資優學生與普通學生的研究則發現後設認知能力愈高，批判思考的能力也會愈高，甚至可使用後設認知能力來預測批判思考能力(張昇鵬，2005, 2004)。在高教學生的部分，Onwuegbuzie (2001) 發現博班學生的批判思考技巧遠遠勝於碩班學生。此結果隱含研究技巧與學業成就與批判思考具有相關性。

以上這些文獻的研究發現與結果看起來均顯示批判思考是可透過訓練來提升的。實際上這個論點也得到許多文獻的支持，舉例來說，Lampert (2007) 針對歷年關於批判思考的教學整理發現，班級討論、獨立詢問、問題解決與分析的強調可以增進批判思考。合作學習也有助於批判思考(Khosravani, Manoochehri, & Memarian, 2005)。常見的一種用於啟發批判思考的教學法為蘇格拉底詰問法 (Yang, 2008；蘇明勇&黃萬居，2006)。典型的範例如「你為何會有此看法？」或是「你觀點有何證據可支持？」。實際上，蘇格拉底詰問法的目的與批判思考大致相同，批判思考主要是對於心智運作（尋求意義與事實）提出理解性的觀點，蘇格拉底詰問法則是利用綜觀的方式構思尋求意義的必要問題，以確認基本的思考品質 (蘇明勇&黃萬居，2006)。黃政傑(1998)也提到教師的提示與引導相當

重要，透過回饋來引導學生的思考，例如提供思考提示，暗示需要更合理的答案，同意並接納學生意見，針對某一觀點要求學生說明或提出更多證據。舉例法也相當值得嘗試(廖羽晨，2009)，舉例可以讓學生更具體的思考，透過自己舉例，或提出證據等方式，使學生學習具體思考，而不是抽象思維或是沒有焦點的漫談，幫助自己澄清概念，使思考更具說服力。溫明麗(1997)則指出提供反思機會與進行課程發表與討論對於促進批判思考來說也相當有助益。反思能促使學生進行知識歸納與整理，並思考合理性。若是不合理，學生可再進行修正並調整價值觀。而課程發表與討論則能訓練學生的表達與傾聽他人言論的能力，鼓勵提出想法接受質疑，也同時訓練理性質疑他人想法並提出建議的傾向與能力。例如可設計論證學習單(王宏毓，2015)，透過對話辯證活動(洪久賢&黃鳳雀，1996)來進行。讓兩個爭辯中的觀點，藉著討論交換，導理性衝突，各自修正自己單向思考的立場，從這樣的過程培養學生的批判思考能力，學習宏觀的見解，改正只做符合自己信念的單方向思考。

這些文獻顯示想要促進批判式思考，課堂中的互動相當關鍵。批判式思考的教學教師必須以身作則，示範給學生看(陳政良，2001)。因此教材的設計，教師的講課邏輯與教學活動的安排相當關鍵(溫明麗，1997)。教師也需要營造開放氣氛，鼓勵學生質疑事實、找尋與分析證據、進行推論、並建構意見，激發討論風氣。Rugutt 與 Chemosit(2009)的研究發現學生之間與師生之間的互動、批判思考技巧三者可以預測大學生的學習動機、也會讓師長們提供更優質的學習環境。(Pithers & Soden, 2000)的研究也顯示人與人之間的對話教學、或是以小團體方式進行，更能提升批判思考之教學效果。透過這些作法，可讓師生之間有更多不同意見交流，讓學生學習到不同角度的觀察與看法，甚至可以進一步容忍不同意見與了解多元解決方式。學生也因此更能主動傾聽、尊重不同的意見，甚至會檢視自己想法是否有偏誤(Yang & Chung, 2009)。這些教學原則與方法的有效性也可從邱珍琬(2012)從學生的角度來探討批判思考的議題研究得到印證。學生們認為激發其批判思考的條件包括：教師給予學生思考空間，教師須考量學生立場、按部就班教學，也要給學生提問、釐清的空間，理論要與日常生活或實務結合(或與學生的經驗結合)，教師本身的吸引力要足夠，在課堂上可以彼此互動、激發思考，甚至以小組方式進行討論。學生對於「批判思考」的定義則包含：不同與多元思考、經常去質疑、與他人互動、內省與廣納不同。

值得一提的是，現有文獻中大多都是針對高中以下學生進行批判思考教學方法與教學成效的研究，針對大學生的研究偏少，針對工程領域學生的相關教學方法研究更是幾乎沒有。類似的趨勢也可從目前可見最完整的歸納整理(陳麗華&李涵鈺&林陳涌，2004)中看到。此研究統計了 64 篇批判思考的相關研究論文中，僅有 6 篇與大學生(成人)有關，其餘皆為針對國高中與國小學童。無任何一篇針對工程領域大學部學生進行研究。

由於高教大學部學生，特別是工程領域的學生，未來的工作大多將以研發為主，批判思考傾向與能力將至關重要。了解這類學生之批判思考傾向與能力現況，並提出有效提升方法相當必要也相當有價值，這也是本計畫的目標。

如王宏毓(2015)所整理，Facione 等人(1992)彙整多位學者的意見後，歸納出批判思考傾向的七大向度，並據此設計出加州批判思考傾向量表(CCTDI)。每一向度編制 9-12 題，共 75 題。測驗採李克氏(Likert-type)六點量表。葉玉珠(1999)則考量系統性與分析力、心胸開放與同理心、智識好奇心、整體與反省等四大向度，使用「斜交轉軸」與「主軸因素抽取法」抽取四大因素設計出「批判思考意向量表」。此測驗共 20 題，採李克氏六點量表，並有優異的信效度分析結果。這也是本研究採用的量表。

3. 研究問題(Research Question)

本研究針對以下三個研究問題，進行探究與驗證。希望能確實了解此研究所採用的教學策略對於提升工程領域大學部學生的批判思考傾向、能力與知識好奇心的成效。

[問題一] 工程領域大學部學生的批判思考傾向能藉由此研究採用的教學策略有效提升?

[問題二] 工程領域大學部學生的批判思考能力能藉由此研究採用的教學策略有效提升?

[問題三] 工程領域大學部學生的知識好奇心能藉由此研究採用的教學策略有效提升?

4. 研究設計與方法(Research Methodology)

本研究採用教育行動研究方法，以計畫主持人於大學部開設的「實用數位系統設計」選修課程為搭配課程。此課程主要為大三與大四的學生選修。由於這些學生都即將進入研究所階段，特別值得培養批判思考傾向與能力，以銜接後續研究與研發工作需要。同時他們也已具備一定學識基礎，深具發展批判思考傾向與能力的潛力。另一方面，此課程的課程內容中恰好有許多可進行批判思考的議題，相當適合用來作為培養批判思考傾向與能力之用。在此研究中我們探討所採用的教學方法是否能有效提升這些學生的批判思考傾向以及能力，乃至於對此學科的知識好奇心。

本研究的研究架構如圖 1 所示，在學期初時我們先以批判思考意向調查量表(葉玉珠，1999)及自行設計之數位系統電路設計評鑑能力量表進行前測(此兩量表的内容分別如附件一與附件二所示)，評估修課前學生們的批判思考傾向，能力以及運用這些傾向與能力於數位系統電路設計評鑑上的表現。接著於每週的課程中我們整合了我們認為對於培養/激發學生批判思考傾向與能力有所幫助的數種教學方法，包含蘇格拉底詰問法、課堂案例探討、反思寫作與塑造安全批判思考環境(鼓勵表達見解與討論)，並藉此蒐集各項相關教學數據。學期末時則再以上方所提到的二份量表進行後測並搭配期末專題心得的質性評估。

值得一提的是，學期結束後我們將這二份量表的前後測結果以及學生在所採用的教學方法中的種種學習表現(例如作業、考試與專題成績，反思寫作撰寫品質、期末專題心得)等進行交叉比對與分析，以了解學生批判思考傾向與能力，以及知識好奇心的提升效果。本研究所使用的研究工具整理如表 1 所示。

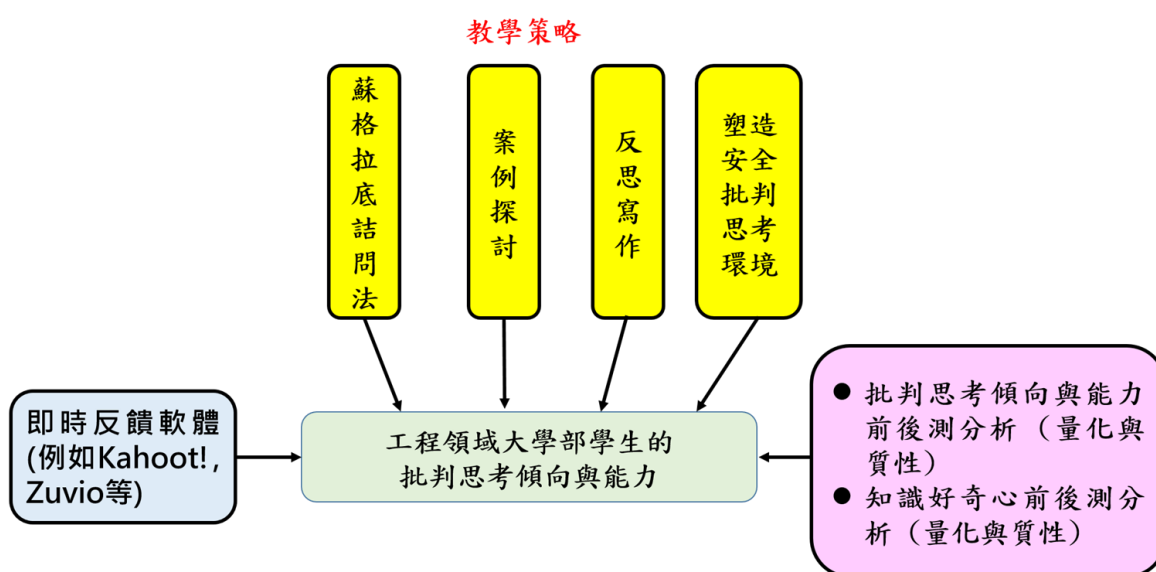


圖 1：研究架構圖

表 1: 研究工具

研究問題	使用之研究工具
[問題一]工程領域大學部學生的批判思考傾向能藉由此研究採用的教學方法有效提升?	1. 批判思考心理傾向量表前後測 (量化) 2. 反思寫作內容質性評估 3. 期末專題心得質性評估
[問題二]工程領域大學部學生的批判思考能力能藉由此研究採用的教學方法有效提升?	1. 數位系統電路設計評鑑能力量表前後測 (量化與質性) 2. 反思寫作內容質性評估 3. 期末專題心得質性評估
[問題三]工程領域大學部學生的知識好奇心能藉由此研究採用的教學方法有效提升?	1. 批判思考心理傾向量表前後測 (量化) 2. 期末專題心得質性評估

5. 教學暨研究成果(Teaching and Research Outcomes)

5.1 教學過程與成果

如圖 1 研究架構中所述的教學策略，我們在整個學期的授課過程中實施一系列的教學方法，希望能增加學生的知識好奇心，協助其進到較高層次的思考，並培育其批判式思考的傾向與能力。值得一提的是，為了更容易執行這些教學策略，我們也導入了即時反饋軟體，以最方便的方式與全班同學進行互動。

為了瞭解本研究之成效，本研究透過量表前後測的結果、學生反饋的回答與心得以及學生反思寫作等進行量化和質性的分析與比較。諸項結果如下所述。

5.1.1 量表前後測比較

圖 2 為「批判思考意向調查前測/後測問卷(附件一，6 分量表)」的結果。我們發現絕大部分的題項中後測的結果比起前測均有提升。除此之外，針對這些結果以相依樣本 t 檢定，比較同一樣本在前、後測的平均數差異，並採雙尾檢定後，我們發現第 2、6 至 10 以及 15 至 18 題的前後測結果具有顯著差異($p < 0.05$)。仔細分析這些題向的內容後，我們發現此結果也相當合理，因為本研究搭配課程的課程授課重點即為這些題向的內涵，包含教導學生以不同觀點或概念進行電路設計與探討、在解決電路設計的過程中須將問題定義清楚，進行相關分析與探討以找出關鍵問題發生原因，以及強化分析結論的可信度等。這些結果顯示本研究所採用的教學策略能有效提升學生的批判思考意向(傾向)。

除此之外，很值得一提的是，此「批判思考意向調查」量表還有一個強大的應用，其結果可再進一步歸納成 4 個面向，包含(1)系統性與分析力、(2)心胸開放、(3)知識好奇心、以及(4)整理與反省思考。因此我們進一步將我們所得到的前後測結果依照此四個面向進行分析，結果如圖 3 所示。除了後測結果較前測結果均提升外，在系統性與分析力、知識好奇心和整理與反省思考等三個面向上我們也發現前後測的結果具有顯著差異($p < 0.005$)。此結果顯示，透過我們教學策略的引導，學生的知識好奇心也確實能有效提升。

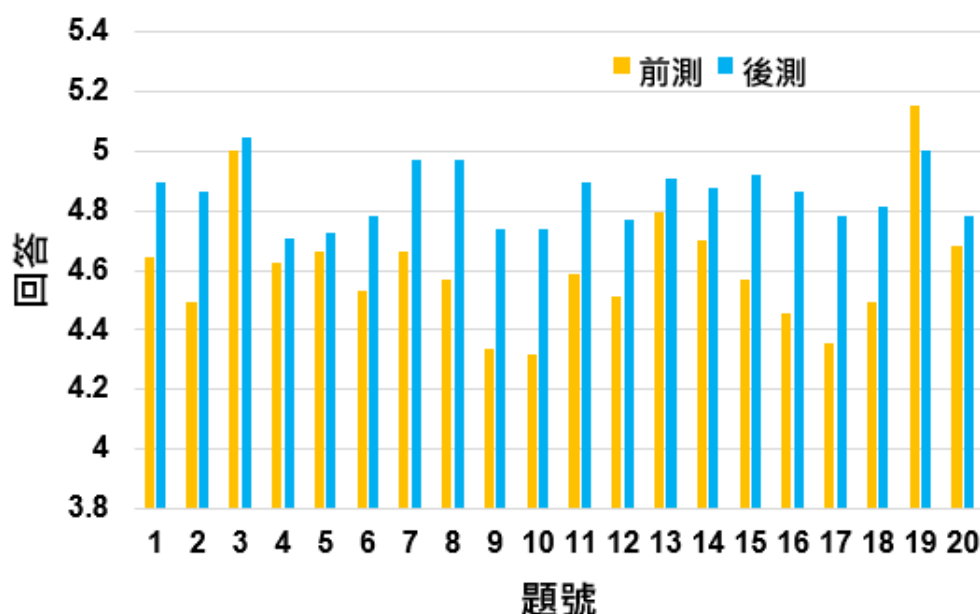


圖 2：批判思考意向前後測結果

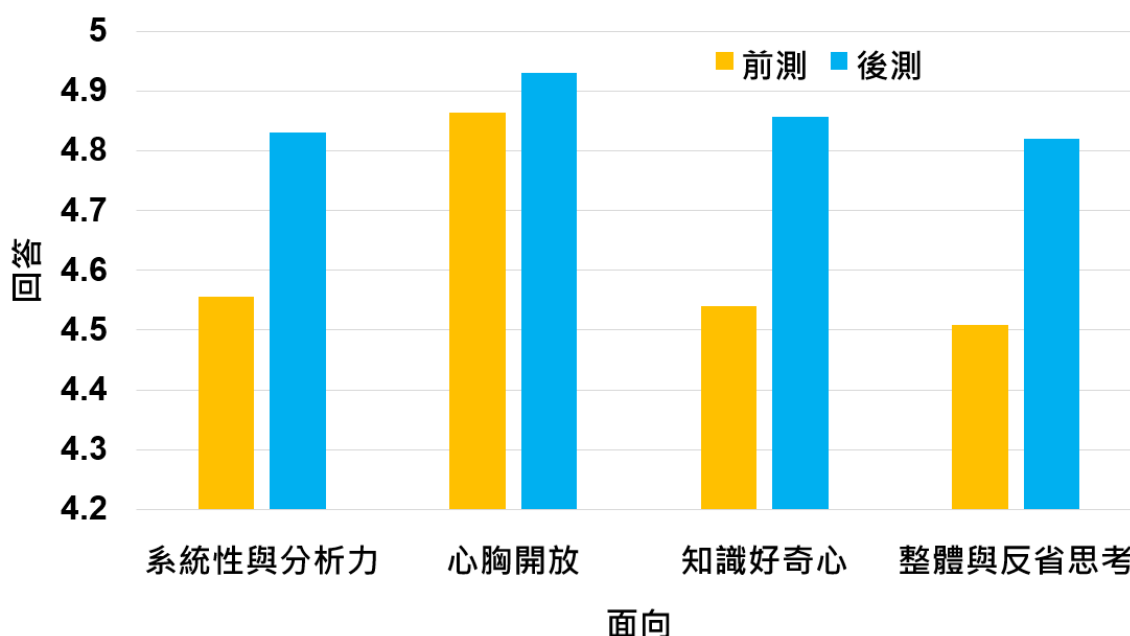


圖 3：批判思考意向面向分析

針對學生在修課前後的批判思考能力表現，我們以附件二「數位系統電路設計評鑑能力量表(6 分量表)」來進行前後測分析與探討，結果如圖 4 所示。主要有兩個關鍵發現。

首先，我們發現學生的前測分數均偏低。由於這份問卷的題目內涵為學生想擁有優異電路設計能力不可或缺的要素，此結果代表的是，學生在修課前的電路設計能力仍普遍不足，尤其是在電路設計優劣的評鑑上。然而，需注意的是，此結論並不一定代表學生過去不認真學習，或是學習路徑有問題。由於本研究之搭配課程為開設於大三、大四的課程，學生在大三以前的課程主要是以培養基礎專業能力為主，在還未有此基礎前，原本就不容易培養批判思考能力。此結果主要顯示培育學生的批判思考能力有極高必要性。

另一方面，圖 4 的結果也顯示學生經過修課後在所有題項的表現上都有極顯著的差異($p < 0.001$)，可見我們所採用的教學策略對於提升學生電路設計方面的專業能力以及批判思考能力有相當優異的效果。

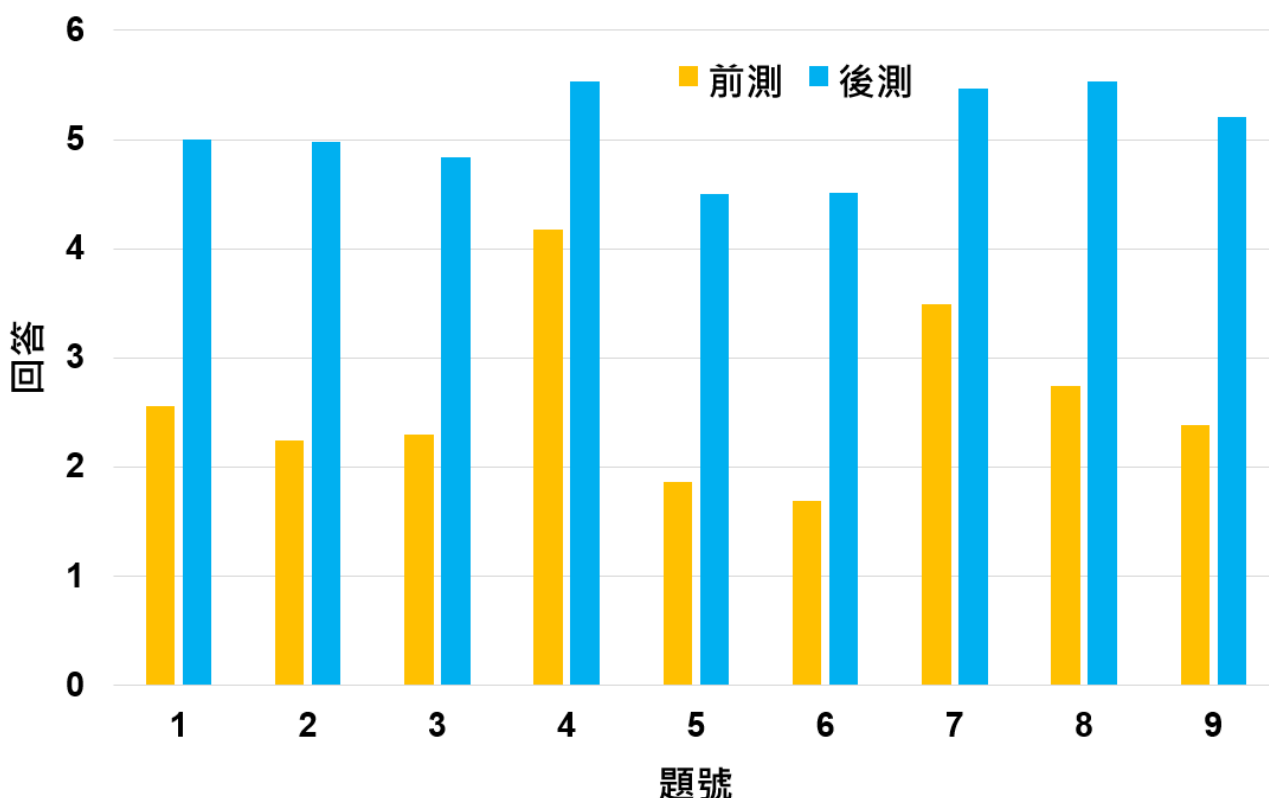


圖 4：數位系統電路設計評鑑前後測結果

為了確保「數位系統電路設計評鑑能力量表」學生回答的真實性與準確性，在此量表中我們也設計了 5 個相對應的質性問題。這些問題可參見附件二的問卷。我們同時也對這些質性問題的回答訂定了評分尺規，以 4 分量表來幫助我們量化分析學生作答的結果。此尺規的訂定原則為各題均有須回答之要點，全部要點均回答即可獲得優異(4 分)，少提及一點分數便逐步遞減至良好(3 分)、尚可(2 分)以及待改進(1 分)。

圖 5 顯示所有質性問題根據評分尺規量化後的前後測結果比較。如此圖所示，質性結果也與圖 4 量化分析的結果具有一致性。此兩結果均顯示學生在修課後有大幅度的進步，能在學期末回答出這些質性問題的答案也佐證學生確實透過我們的教學策略提升了其批判思考的能力。

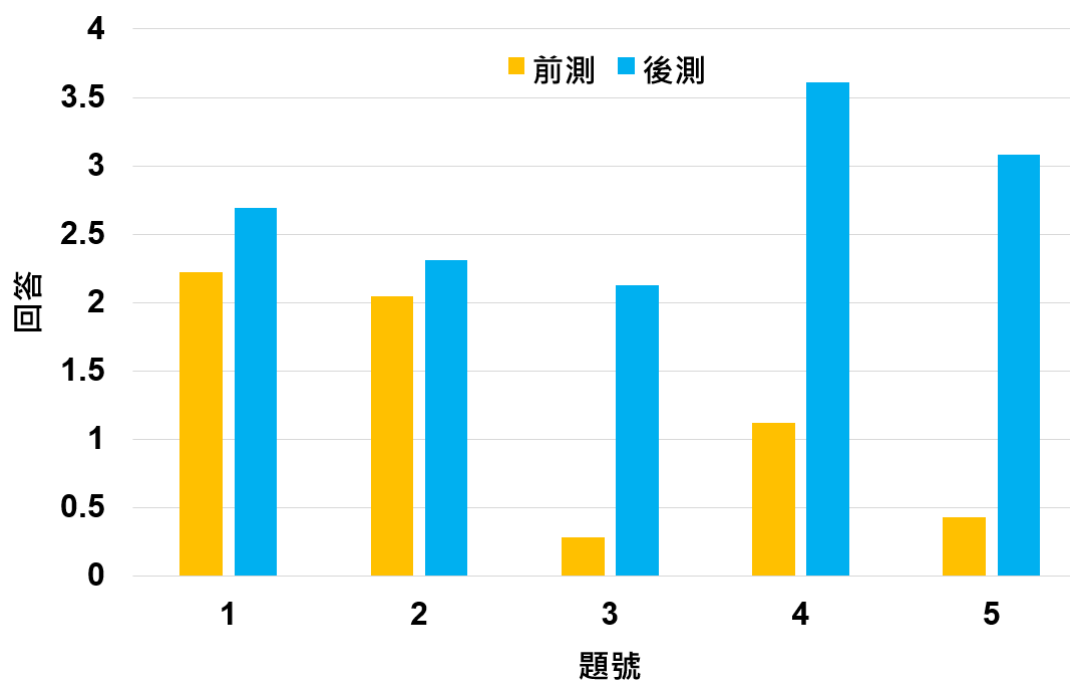


圖 5：問卷質性問題分析

5.1.2 心得質性評估與比較

更進一步的，我們也試著分析探討學生學期初所繳交的作業心得文字雲(如圖 6 所示)以及期末專題心得文字雲(如圖 7 所示)。這些結果也再度呼應我們前述所得的諸項結果。我們發現學生從最初比較被動的學習且單純的使用、熟悉一些初學的內容去做電路設計和軟體的操作，到學期末時已經可以針對課程的內容去做更深入的討論與推導，發現一些自己從來沒有學過的東西，也可以跟其他同學做一些比較與溝通來增進自己的能力，這足以代表學生已經進入了更高層次的思考與學習，同時也具備批判思考傾向與能力和足夠的好奇心。學生在期末專題心得中也描述到，在這堂課就算面臨到困難也不容易放棄，就算步調較慢也會繼續學習，展現學生對於知識的好奇心。除此之外，我們也看到學生於期末專題中甚至不滿足於只做出一個版本，而是做了好幾個版本來進行比較，不斷精益求精，除了分析自己的弱勢之處外，還會在課堂的專題構想分享中觀察他組的長處並吸收，不僅可看出其反思的能力，也看到他們的求知慾。學生甚至也描述經過這堂課的薰陶後，對於電路設計學習，不只認為學到很多，反而讓他們對於相關領域的各種細節充滿了興趣。



圖 6：期初作業心得文字雲



圖 7：期末專題心得文字雲

5.1.3 反思寫作品質評估

我們分析學生對於課堂反思寫作的品質後，也發現學生的批判思考能力確實已提升。如附件 3 所摘錄，針對每一道要求學生反思寫作的質性問題(例如 coding style 重要嗎?)，學生不僅能依據課堂學到的內容描述概念，還能非常系統且有條理地說明各個要點。學生若是沒有將上課的內容內化成自己的知識，形成自己的想法，很難會有這些高品質的回應。除此之外，很多學生也提及到自身過去的經驗，並在得到新知識的同時，思考自己原本的做法是否有甚麼問題。這些均體現出學生完全將課堂內容內化成自身的能力，也充分展現學生已具備了評論自己與反思的能力，並實際應用到期末專題實作上。這些傾向與能力也均是批判思考中的關鍵要素。

值得一提的是，這些批判思考傾向與能力的提升也有利於學生的期末專題品質與整個學期的學習表現。以 108 學年度未採用本研究的教學策略的同樣一門課程與 109 學年度採用這些教學策略的此課程相比，109 學年度課程之期末專題平均分數 (77)相較於 108 學年度的期末專題平均分數(66)提升了 11 分，而平均學期成績則從 108 學年度的 78 分提升至 109 學年度的 84 分。

5.2 教師教學反思

透過前述的結果分析顯示，按照我們研究的教學策略來規劃課程，搭配即時反饋軟體來協助師生課堂互動，能夠成功且有效地提高了學生對課程乃至於對知識的好奇心，更重要的是培養了學生批判思考的傾向與能力，這在現今大學教育愈趨補習班式與伸手牌速食式學習的環境中無疑是一個重大突破。

工程領域的知識與技術發展往往瞬息萬變，學生若僅依賴在學校所學的專業知識來面對未來的職場恐怕相當不足。然而學生不一定能意識到這一點，因此教師可以嘗試在授課的同時，也引導學生培養批判思考傾向與能力，正是所謂的給學生魚吃也教學生釣魚的道理，我們也深信這是培育未來可能成為國家棟梁的研發級人才的可行作法之一。

值得注意的是，此批判思考傾向與能力的養成可用階段性的方式逐步達成。我們可先於前半學期提升學生批判思考的傾向，協助其養成此習慣，並也於每周的課堂活動中引導學生如何批判思考，最後再於學期末透過期末專題讓學生反思與應用所學，教師也可因此檢視整體成效。

5.3 學生學習回饋

在學生的質性問卷中，我們整理了學生對於「課程的編排和即時反饋軟體使用的看法」，可以看出學生也認同這樣的方式不只能讓他們更容易吸收課堂知識，也能激發他們對學習的樂趣和渴望，促進他們進行批判思考的能力養成。

- 老師的教學速度，還有課堂討論都讓我感覺很適當，還有作業也让我更加熟練，課堂上的kahoot 小測驗也可以馬上應用所學。整體來說，這堂課讓我學到很多。
- 第一次上課使用 kahoot 的方式來進行課堂討論，我認為這種方式很棒，有別於其他課程用舉手方式，該方式更能激起學生之思考，讓學習成效有所提升。十分滿意。
- 我覺得用 kahoot 作答可以激起學生的求勝心，更能增加課堂參與度，利用 FB 社團互相討論不但可以很快得到解答，不論是同學或助教回答，也能知道功課有哪些可能發生的問題
- 很喜歡 kahoot 的方式，透過 kahoot 可以檢驗自己是否真正學會，也能為上課增添不少趣味，上課中用組別討論讓大家的想法能互相交流並上台解說培養我們的台風。我自己覺得這堂課可以學到很多東西(不只是課本上的知識)，也很喜歡老師的上課模式，之後若時間配得上還會想修老師其它門課。
- kahoot 的問答十分有競爭力，也容易讓我能夠理解問題，就算答案是錯的，在課堂上也能馬上知道為什麼。課堂討論也相當不錯，不只能夠知道組員的想法，也能知道其他組的想法。
- 上課有很多回答與討論的機會，這個環節更促進我們思考答辯的能力，也使氣氛更加活絡，才為正循環。
- 使用 kahoot 進行搶答，算是跳脫一般上課死板、沉悶的情況，課堂討論也訓練大家勇於上台發表，整體而言，我覺得這是一堂很棒的選修課。
- 個人挺喜歡目前的上課方式，藉由 kahoot 玩遊戲的方式來學習，加上課堂上讓同學發表意見，讓我可以不同的角度去認識一門學問，也讓上課的環境變得輕鬆不少。

6. 建議與省思(Recommendations and Reflections)

對於電機系這種工程領域科系來說，培育研發級的人才是未來教育非常重要的一大目標，其中的關鍵因素在於教師能否培養學生對知識的好奇心以及批判思考傾向與能力。學生若缺乏批判思考習慣將可能無法跟上潮流與勝任研發工作，這也會深深地影響到國家的競爭力。

為了達成這個目標，我們在研究中發現教師在課堂中與學生的互動與問題引導確實能有明顯幫助，可有效提升學生的思考層次與課堂參與程度。透過本計畫的實行我們也整理出一些建議的策略提供給其他教師參考使用：

- (1) 可善用本研究中所使用的科技軟體像是 Kahoot!和 Zuvio 等來以最簡單方式確實促進教師與全班同學互動。
- (2) 互動過程中教師可嘗試使用蘇格拉底詰問法引導學生質疑一些問題刺激學生思考，並用案例舉例說明讓學生認知到學習這個知識可以如何使用，以及這個知識的實際應用與相關議題，同時讓學生反思看看這些知識和他們過去所學的有什麼不同。
- (3) 可鼓勵引導學生在課堂上發言，這樣不只能讓學生可以評論自己的想法，也能讓學生從他人的發表裡去學習別人的優點以及避免別人發生的缺點。

二. 參考文獻(References)

- 鄭英耀，葉玉珠 (2000)，批判思考教學效果之研究，國立中山大學數位科學季刊，2(1)，127-143。
- 溫明麗 (1997)，批判性思考教學-哲學之旅。台北：師大書苑。
- 邱珍琬(2012)，批判思考與教學—以南部大學生為例。彰化師大教育學報，22，73-96。
- 廖羽晨 (2009) 批判思考教學法的歷史課程設計。歷史教育，15，97-118。
- 吳文龍 (2007). 自然科創意與批判思考教學對國小學生學習動機，批判思考及科學創造力之研究（未出版之碩士論文）。國立台北師範學院，臺北市。
- 張昇鵬（2004）。資賦優異學生與普通學生後設認知能力與批判能力之比較研究。特殊教育學報，20，57-101。
- 張昇鵬（2005）。資賦優異學生後設認知能力與批判能力關係之研究。特殊教育研究學刊，28，259-287。
- 蘇明勇，黃萬居 (2006)，蘇格拉底詰問模式對六年級學生批判思考能力與傾向之影響。科學教育學刊，14(5), 597-614。
- 黃政傑 (1998)，教學原理。台北：師大書苑。
- 王宏毓 (2015)。自尋社會性科學議題素材對不同批判思考傾向學生批判思考能力與科學學習成就的影響（未出版之碩士論文）。國立臺灣師範大學，臺北市。。
- 洪久賢、黃鳳雀 (1996)，國中家政實施批判判思考教學之策略，中等教育，47(5)，3-18。

陳政良 (2001)，生活科技課程批判思考教學之初探，生活科技教育月刊，34 卷 3 期，9-16。

陳麗華、李涵鈺、林陳涌 (2004)。國內批判思考測驗工具及其應用之分析，課程與教學季刊，7(2)，1-24。

葉玉珠 (1999)。批判思考意向量表。取自：

<http://www3.nccu.edu.tw/~ycyeh/instrument-english/1999%20ct-disposition.pdf>。

Bok, D. (2006). *Our underachieving colleges: A candid look at how much college students learn and why they should be learning more*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Yang, Y. C., & Chou, H. (2008). Beyond critical thinking skills: Investigating the relationship between critical thinking kills and dispositions through different online instructional strategies, *British Journal of Education Technology*, 39(4), 666-684.

Ennis, R. H. (1962). A concept of critical thinking. *Harvard Educational Review*, 32(1), 81-111.

Lampert, N. (2007). Critical thinking dispositions as an outcome of undergraduate education. *Journal of General Education*, 56(1), 17-33.

Onwuegbuzie, A. J. (2001). Critical thinking skills: A comparison of doctoral- and masters-level students. *College Student Journal*, 35(3), 477-480.

Khosravani, S., Manoochehri, H., & Memarian, R. (2005). Developing critical thinking skills in nursing students by group-dynamics. *Internet Journal of Advanced Nursing Practice*, 7(2), 1-11.

Rugutt, J., & Chemosit, C. C. (2009). What motivates students to learn? Contribution of student-to-student relations, student-faculty interaction and critical thinking skills. *Educational Research Quarterly*, 32(3), 16-28

Pithers, R. T., & Soden, R. (2000). Critical thinking in education: A review. *Educational Research*, 42(3), 237-249.

Yang, S. C., & Chung, T. Y. (2009). Experimental study of learning critical thinking in civic education in Taiwanese junior high school. *British Journal of Educational Psychology*, 79(1), 29-55.

Facione, P. A., & Facione, N. C. (1992). *The CCTDI: A Disposition Inventory*. Millbrae, CA: The California Academic Press.

三. 附件(Appendix)

附件一：

批判思考意向調查量表(葉玉珠，1999)

	不 曾	幾 乎 不 曾	很 少	有 時 常	總 是
1. 我嘗試採取不同的角度去思考一個問題。.....	1	2	3	4	5 6
2. 我嘗試去應用一些新的觀點或概念。.....	1	2	3	4	5 6
3. 在討論的情境中，我試著去尊重他人的觀點。....	1	2	3	4	5 6
4. 即使是在面臨複雜的問題時，我仍然設法保持理性和邏輯的思考。.....	1	2	3	4	5 6
5. 在使用一項訊息之前，我會先思考此一訊息是否可靠。.....	1	2	3	4	5 6
6. 我嘗試去檢證新觀點的價值性與可靠性。.....	1	2	3	4	5 6
7. 在做決定時，我會將情境的影響因素納入考慮。.....	1	2	3	4	5 6
8. 在處理問題時，我嘗試先將問題定義清楚。.....	1	2	3	4	5 6
9. 我嘗試藉由自我質疑的方式，來決定自己的觀點是否具有足夠的信服力。	1	2	3	4	5 6
10. 在解決問題時，我設法使自己保有最新與最完整的相關訊息。.....	1	2	3	4	5 6
11. 從討論或觀察當中，我很快就能了解他人的感受與想法。.....	1	2	3	4	5 6
12. 當證據不足時，我會暫緩做判斷。.....	1	2	3	4	5 6
13. 在解決問題時，我試著去考慮各種不同的可能解決方案。.....	1	2	3	4	5 6
14. 當有足夠的證據顯示我的觀點有所偏頗時，我會立即修正我的觀點。.....	1	2	3	4	5 6
15. 在著手解決一個問題之前，我先試著去找出此一問題的發生原因。.....	1	2	3	4	5 6
16. 對於新近發生的爭議性問題，我嘗試去了解其來龍去脈。....	1	2	3	4	5 6
17. 當他人提出一個論點時，我試著去找出這個論點中所隱含的主要假設。...	1	2	3	4	5 6
18. 我嘗試去進一步探索新奇的事物或觀點。.....	1	2	3	4	5 6
19. 在討論的情境中，我會仔細聆聽他人的發言。.....	1	2	3	4	5 6
20. 在做成決定之前，我試著去預測所有變通方案可能產生的結果。.....	1	2	3	4	5 6

附件二：

數位系統電路設計評鑑能力量表

	非常不同意						非常同意					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1. 我知道如何評估一個數位電路設計的優劣。	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
2. 我能說出我過去所設計過的數位電路設計的優缺點。	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
3. 我曾經比較並整理過不同數位電路設計的優劣。	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
4. 我知道數位電路的設計可說是一種取捨過程。	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
5. 我知道如何最佳化一個數位電路的設計。	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
6. 我曾經最佳化一個數位電路的設計。	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
7. 我知道為何加法器會有許多不同設計方式。	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
8. 我能說出 ripple carry adder 與 carry lookahead adder 的不同與優缺點	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
9. 我能說出 flip-flop 與 latch 的不同與優缺點	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

質性問題 1: 你/妳認為如何評估一個數位電路設計的優劣？

質性問題 2: 你/妳認為為什麼數位電路的設計可說是一種取捨(trade-off)過程？

質性問題 3: 你/妳認為如何最佳化一個數位電路的設計？

質性問題 4: 你/妳認為 ripple carry adder 與 carry lookahead adder 哪裡不同？他們分別有哪些優缺點？他們的使用時機？

質性問題 5: 你/妳認為 flip-flop 與 latch 哪裡不同？他們分別有哪些優缺點？他們的使用時機？

Coding style重要嗎- 學生回應摘錄1

重要，

- 不管是在debug或是易讀性、或是電路一致性都很重要，就debug來說若是所有電路module都寫在一起或變數名稱不一致、觸發不一致等等的都會導致很難找出錯誤的地方。
- 如果以合成後要得到的電路來說，若coding style把時序跟組合電路都寫在一起，那合成出來的結果很容易造成非理想的狀況（ex.會變成一塊大module有輸入clk 但裡面不是所有電路都需要時序，比較好的狀況是combinational 電路獨立出來讓合成軟體比較好辨識）
- module分割在合成方面影響很大，如果本身設定這個大module 要給合成電路合成出一個速度快的電路，那它就會把裡面的元件用可能的方式去排列，但如果沒有要使用這種類似情況，若把兩個module變一個大module去合成，有可能邏輯合成軟體會把兩個module的東西移來移去，分開寫的話合成軟體就沒辦法移。
- 在知道coding style之後，我常常coding時都會比較注意時序電路與combinational電路分開寫，後來發現這樣寫也比較好debug，而且也不會全部混雜在一起，更可以清楚知道出來的電路應該要長怎樣，所以coding style還是很重要的。

Coding style重要嗎- 學生回應摘錄2

非常重要。原因如下：

- (1)方便理解:不僅讓自己debug時更輕鬆，別人在閱讀時更好理解在幹嘛。
- (2)容易維護、結合:要進行bits修改等等時方便，與他人的module結合時將問題降低。
- (3)幫助合成:好的coding style能幫助合成時更順利。

Coding style重要嗎-

學生回應摘錄3

我認為非常重要，主要原因如下：

1. **可讀性**：一個晶片的設計可能是由一群人合作做出來的，可讀性要夠高才可以使合作更為順利，**照以往的coding經驗**，不管是何種語言，沒有寫註解的程式碼，常常在一段時間後再回去看就想不起來當時為何這樣寫，而在這次課程的專題，需統整隊友的code，在這次課程後，我也打算要將我修改他code的部分寫在程式碼中，如課堂上所講的Information header。

2. **gated clock&conditional; reset**: **在這次課程中，我才注意到這兩件事**，雖然說目前還未寫過gated clock，但也知道了此種寫法會造成電路不可靠，而conditional reset的部分，我確實真的在期末專題中使用了，原本以為這種寫法(rst||a)跟先用assign算好rst||a是一樣的結果，結果原來會造成Flip-Flop運算變複雜，因此我也決定修正我專題的code。

3. **對於合成結果的影響**：除了已熟知的if-then-else、case條件沒寫滿容易產生latch，及不要使用迴圈，避免面積太大之外，電路的module partition也會對合成產生非常大的影響，**以前以為整個電路去做合成，就可以得到最好的最佳化了，現在知道原來將電路分成許多模組，也會對最佳化造成影響**，如：(1)relevant resources要放在同個module內，增加硬體共用的可能性 (2)同效能目標的電路放在同個module，合成時容易一起做設定 (3)合成軟體無法移動跨模組的電路來進行最佳化，由以上幾點都可知道coding style對合成具有強烈的影響力。