

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：PEE1080336

學門分類/Division：工程學門

執行期間/Funding Period：108 年 8 月 1 日至 109 年 7 月 31 日

電資工程入門設計與實作教育的共創機制設計與檢驗
Co-creation Mechanism Design and Test for EECS
Cornerstone Design and Implementation

計畫主持人(Principal Investigator)：張時中

共同主持人(Co-Principal Investigator)：李紋霞

協同研究人員：

教師：陳士元、林坤佑、陳和麟、陳君朋、李建模、蘇柏青、鍾孝文
兼任研究助理：陳俞澄、江允芄、楊惠雯、邱嘉豪、陳界宇

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：國立臺灣大學電機工程學系

繳交報告日期(Report Submission Date): 108 年 9 月 20 日

中文摘要

為深耕卓越，接軌國際工程教育創新精實趨勢，106 學年度起，台大電機系 9 位教師、業師、並校教學發展中心專家的協助，共同開授了「創意電資工程入門教育設計」、「電資工程入門設計與實作」課程。前者於上學期開給高年級與研究生，生、師共同創新設計(Co-Design and Evaluate, CoDE) 奠基石(Cornerstone)教案並實作檢驗，同時推動大一修課-高年級擔任助教的垂直整合助教人才 (Vertically Integrated Teaching Assistant, VITA) 培育，為電機系形成教學設計、執行與人才培育的反饋創新迴圈。後者於大一下開授，期許引發大一生對電資領域的興趣、自主探索的動機，啟動培養接軌國際的基本工程素養。兩課於 107 學年度分別改進實施。

本計畫於 108 學度「電資工程入門設計與實作」課程規劃改進的重點如下：

- 一、加強培養基本工程素養
- 二、完成垂直整合助教(Vertically Integrated Teaching Assistant, VITA) 培育迴圈
- 三、研析大一同學修習課程、助教與教師教學的果效
- 四、建立 CoDE 與 VITA 的完整迴圈模式與精進策略

經由 108-1「創意電資工程入門教育設計」師生共創教材設計和教學引導操作方式補強努力下，108-2 課程在教學設計與小組學習活動操作上的精進作法有以下幾項：

- 主題工作坊 (unit workshop)單元內容精煉和小組指定題展示提前，增加自選題發想、嘗試、探究實作時間。
- 課程評分機制強化：從通過制改為等第制，設計評量指標 (rubrics)事先充分告知學生，將小組工作紀錄簿和自選專題納入評分。
- 教學團隊每週依據 rubric 輪流對小組工作紀錄批閱給分，在專業內容上即時釋疑或提供建議。
- 實施 i) 學生課程學習自我評估前後測與統計分析、ii) 課堂師生互動模式觀察記錄與分析比較課程教學結構與學生小組行為模式、iii) 電機系大一學生電機課程整體學習感知問卷調查與分析比較學生修課後所生差異。

授課教師群對於 108-2 課程學生學習成效進行檢視和自我反思，普遍認為上述改進措施成效良好，學生學習態度更加積極、課程要求完成度比 107-2 學期提高，實施小組專題成果品質及團隊分工也更好，然而仍有諸多需持續精進處。教學團隊對 109 學年課程開授提出幾點 CoDE 與 VITA 迴圈再精進建議。

1. 109-1 和 109-2 的二門課程都在學期開始和學生溝通撰寫小組工作紀錄簿的目的、作用、撰寫重點和評分標準，並在 109-1 師生共創中，讓高年級修課學生藉由實際體驗並設計更符合專業學習的評分準則。
2. 考慮降低指定題的難度與所需時間，來增加自選專題的小組課堂討論實作時間，讓學生有更多嘗試創意和發揮想像的空間。

3. 強化課堂小組合作互動 TBL&PBL 學習的引導，在 109-1 課程要再針對 TA 工作角色及小組引導技能的部分加強培訓。
4. 為讓大一課程助教群工作更有效率、更能發揮。開課前先與助教們更細緻釐清預期助教的工作職掌及協助同學的時機等，並要先熟悉指定專題的教材內容和實作技能。

關鍵字: 電資工程、入門設計與實作、TBL&PBL 學習實踐、垂直整合助教培育檢視、核心石課程果效評估、精進迴圈

Abstract

In order to pursue excellence and innovations in engineering education, 9 teachers of the Department of Electrical Engineering with help from experts of the Education Development Center, National Taiwan University, have initiated two courses since fall semester 2017: “Creative Cornerstone Course Design for ICT and Engineering Education” and “Cornerstone EECS Design and Implementation.” The former is for the upper division and graduate students, where students Co-Design and Evaluate (CoDE) with professors the courseware to be used by the latter and students are cultivated to be the latter's teaching assistants at the same time. The latter is targeted to stimulate freshman students’ interest in EECS problems, to motivate freshmen to initiate explorations by themselves, and empower them with some basic engineering capacity. The two courses have now gone into 2nd round in the academic year of 2018 -2019.

Based on the foundation laid in the two academic years of 2017-2019, this proposed project will be focused on enriching the course of “Cornerstone EECS Design and Implementation” in four folds:

I. Teaching practice aspect

- I.1 Continue to strengthen the cultivation of freshman students in self-motivated explorations, problem solving and implementation capability, and teamwork attitude and skills.
- I.2 Complete the VITA loop of cultivating freshman course takers into CoDE designers and TAs to freshman students in their junior year.

II. Education research aspect

- II.1 Track and analyze how taking cornerstone course in freshman year affects studies of keystone courses in sophomore and junior years .
- II.2 Perform survey and analyses of students, TA and faculty members of “Cornerstone EECS Design and Implementation” in the Spring semester 2020 and feed them back for innovations and quality improvements of the courses.

Through 108-1 "Introduction to Creative Electricity Engineering Education Design", teachers and students co-created the teaching material design and teaching guidance operation methods to strengthen the efforts, 108-2 course in the teaching design and group learning activities operation of the refined practices are as follows:

- Unit workshop (unit workshop) unit content refinement and group designated questions display in advance, increase the time for self-selected questions to think, try, and explore.
- Strengthening the course grading mechanism: changing from a passing system to a ranking system, designing rubrics to fully inform students in advance, and incorporate group work record books and self-selected topics into the grading.

- The teaching team will review the work records of the group according to rubric every week, and provide immediate explanations or suggestions on professional content.
- Implementation of i) pre- and post-test and statistical analysis of students' course learning self-assessment, ii) observation, recording and analysis of the interaction model between teachers and students in the classroom, and comparing the teaching structure and student group behavior pattern, iii) the overall learning perception questionnaire survey of the first-year students in the electrical engineering department. Compare with the analysis the differences that students have after taking classes.

The instructor group reviewed and self-reflected on the learning effectiveness of the students of the 108-2 course. They generally believed that the above improvement measures were effective, the students' learning attitude was more active, the completion of the course requirements was higher than that of the 107-2 semester, the implementation of the quality of the group's thematic results and the team division are also better. But there are still many areas that need to be continuously improved. The teaching team put forward some suggestions on CoDE and VITA loops for the opening of the 109 academic year.

1. The two courses of 109-1 and 109-2 are both communicated with students at the beginning of the semester to write the purpose, function, writing focus and grading standards of the group work record book, and in the 109-1 teacher-student co-creation, let the seniors study Class students use actual experience and design grading criteria that are more in line with professional learning.
2. Consider reducing the difficulty and time required for the specified questions to increase the practical time for group class discussions of self-selected topics, so that students have more room for experimentation and imagination.
3. Strengthen the guidance of classroom group cooperation and interaction TBL&PBL learning. In the 109-1 course, we should strengthen the training of TA work roles and group guidance skills.
4. In order to make the freshman course teaching assistant group more efficient and more effective. Before the start of the class, first clarify the expected job duties of the teaching assistants and the timing of assisting students with the teaching assistants, and be familiar with the content of the teaching materials and practical skills of the designated topics.

Keywords: EECS Cornerstone Course, Engineering Design and Implementation, Vertically Integrated Cultivation of Teaching Assistant, Loop of Improvements

目錄

中文摘要

Abstract

一、教學實踐研究問題與目標.....	1
二、文獻探討.....	2
三、研究方法.....	4
四、課程教學實踐與學生學習成果.....	7
五、教學成效研究結果.....	12
六、反思與建議.....	179
八、附件.....	21

一、教學實踐研究問題與目標

台大電機系大一學生基礎學養佳，學習能力強，勇於挑戰創新。台大電機系 2017-2018 學年度開始實施的新必修/必選課程規劃，留給大一同學有較多的選修彈性空間。雖然大一同學電機與資訊工程的專業背景尚待建立，教師們總會互問：「基礎必修、知識性、分析性的課程之外，該給新鮮人們甚麼設計與實作的挑戰」？為落實電機系「與時俱進、深耕卓越」的目標，接軌國際工程教育創新精實趨勢，並配套系上教師為大學部高年級學生所開授頂石（Capstone）相關專題課程，劉志文主任自 2016 年 10 月起，陸續洽請有興趣教師參與小組實作創新課程規劃會議協助推動為一年級新鮮人開授以工程設計與實作為重心的入門課。期許透過適當的挑戰，引發大一學生對電資領域問題深入的興趣，建立後續年級逐步自主探索的動機，培養一些接軌國際的基本工程素養。經過半年的腦力激盪與規劃會議的努力，2017 年 6 月學系課程委員會通過於 2017-2018 學年上學期開授「創意電資工程入門教育設計」、下學期開授「電資工程入門設計與實作」二門創新課程，除定調這二課程開授循環是依 PDCA 品質管理循環模式來協助學系課程委員會進行後續課程架構規畫、教學、評量、及提升教學品質和學習成效外，更推動師生共創(Co-Design and Evaluate, CoDe)教案的創新機制與大一修課-高年級擔任助教的垂直整合助教人才 (Vertically Integrated Teaching Assistant, ViTA) 培育，為電機系形成教學設計、執行與人才培育的反饋創新迴圈。

106-2 學期課程計有 57 位大一學生分成三班選修，學系投入共授教師和業師共有 9 位。課程實施過程由教學發展中心副組長李紋霞協助規劃修課學生學習成效評估與課堂教學觀察記錄活動，並指導一位本課程研究助理進行各項前後測問卷擬定、蒐集和統計分析工作。整體成效評估資料分析結果呈現修課的大一學生顯著提升了電機課程學習興趣、專業基礎知識和操作技術以及幫助團隊完成專題的自信程度和學習表現。不過，此課程在學生自評的量化分析數據中呈現出三點需要關注的現象。一是對比專業知識技能前後測分數增加幅度，修課學生在獨立解決問題、團隊合作方面成長不太顯著。二是對比未修此課程之學生，在問題解決部分，修課學生找老師或助教討論的分數高於對照組；而對照組則主要以自行研讀或小組討論為主。三是先備知識程度不同的學生，在期末難易適中、分量適中和跟上進度這三項的課程感受，前段學生三項評分平均值都高於 8 分，而後段學生三項的平均值不高大約介於 6 分左右。教師團隊檢視反思後認為師生合作開發給大一的「電資工程入門設計與實作」課程設計有幾項缺點。首先，教材單元主題偏多，較缺乏明確學習目標並每週核心知識技能相互推疊呼應的整體教案設計和撰寫；其次，課程實施過程中，教學團隊偏重在提供規劃好的專業知能實質教學和充分的問題解決協助，鮮少關注引導學生建立有效能的小組團隊運作，導致修課學生沒有太多機會體驗團隊導向學習(TBL)和專題導向學習(PBL)的共學歷程。最後，課程 TA 們 PBL 和 TBL 教學知能缺乏，較難引導學生們產生同

組多元能力成員間相互協助成長的活動動機和行為，導致小組遇到困難時可能會過度依賴助教的協助。

本計畫教學實踐課程教學成效研究的主體為 108-2 學期開授的「電資工程入門設計與實作」課程，整體目標為啟發大一修習同學對後續電資工程核心石(Keystone)課程修習的興趣與動機，並持續實驗本系學生由修習者轉換為教材共創者與協助教學者的課程精進的完整迴圈模式與策略，以利日後學系建立的大一礎石課程與高年級核心石(keystone)課程的密切接軌。以下為此計畫進行教育行動研究執行目標：

➤ 增強大一學生基本工程素養

採用專題導向學習和團隊導向學習教學法，執行 108-1 學期「創意電資工程入門教育設計」課程中師生合作所設計出的教學教案和學習活動，持續加強修課大一學生自主探索學習解決問題、豐富實作經驗、促進團隊溝通與合作能力。

➤ 完成由修習者轉換為教材共創與協助教學者(Vertically Integrated Teaching Assistant, VITA)的人才培育迴圈

從修習過 106-2 「電資工程入門設計與實作」課程，於 108 學年度升上大三的學生中，鼓勵具興趣熱忱同學選修 108-1 「創意電資工程入門教育設計」，參與教案設計，並後續擔任 108-2 「電資工程入門設計與實作」課程助教，由昨日的修習者轉換為今日的教材共創與協助教學者。

➤ 建立 CoDE 與 VITA 的完整迴圈模式與精進策略

於 108-2 「電資工程入門設計與實作」課程實施過程中，對修課大一學生、助教及教師進行學習成果與課程設計成效意見調查，並以回饋分析檢視結果來改進 108-1 「創意電資工程入門教育設計」的課程設計和進行方式。期待結合兩輪所累積的經驗與成果，檢驗學生實作導向的礎石課程學習經驗對其高年級核心課程接軌學習的果效，最終建立制度性 CoDE 與 VITA 的創新課程開授之完整迴圈模式，以利學系日後建置整體實作導向總整課程模組課程架構的實證參考案例。

二、文獻探討

(一) 國內外工程奠基石(Cornerstone)課程趨勢

以工程設計與實作為重心的奠基石課程是國際工程教育創新精實的重要趨勢之一，除歐、美、韓等國家已積極實施(Chavanic, 2017, Gipson, Henriques, & Sequeira, 2015, Thompson, 2016)外，台大土木系也於過往 7 年

積極推動，獲致顯著成效(呂良正，2014)。這些工程設計與實作的礎石課程的目的，主要以系統性引導大一學生透過設計與實作、專題為基礎的學習(Dym, et al, 2005, Daniel et al. 2016)、團隊互動為基礎的學習，來引領大一學生對工程領域有入門但具體的認識，引發後續學習工程的動機與興趣，提升入學與回流的比例。

以台大土木系大一學生必修的概論課程轉型成功經驗來看，學系積極推動基礎課程改革之初始動機在於避免同學在大一對土木系專業知能和生涯願景尚未瞭解的情況下就轉系。因此，土木系教師群希望突破傳統循序漸進學習專業理論的課程設計模式，以及邀請專家大班演講介紹土木工程的概念理論之教學型態，從大一上學期就開始讓同學接觸土木實務相關案例，以激發學生土木專業深入學習興趣和培養多元綜觀能力。就此展開了大一基礎課程的改革，藉由上學期的土木工程概念設計及下學期的土木工程基本實作二門課程，讓同學透過常識、直覺做設計的體驗經歷，進一步激發後續土木專業知能的主動學習興趣及務實深入探討。這兩門基礎課程都是採取多位教師共同授課，並邀請業界專家及學者參與。透過小班教學分組實作的方式，讓同學從模型製作及小組合作交流中學習土木基本知能並激發其興趣及創造力，也訓練團隊合作精神，提早體驗設計實務經驗。大一學生儘管尚未正式學習土木工程分析、設計等課程，但是透過分組實作、競賽的過程，可以激發出他們的潛力與發揮多元的想像力(陳俞澄、李紋霞, 2015)。

因此學生中心和學生參與一直以來都是全世界高等教育改革的核心主題。近年來相關教育政策和理論文獻逐漸呼籲讓學生成為自己學習的共同創造者、共同製造者和共同設計者。許多研究也證明學生和教師之間的密切互動是學生在高等教育中學習，發展，參與和滿足的最重要因素之一(Kuh, Kinzie, Schuh, & Whitt, 2005)。越來越多的學者們認為“讓學生和教師有效地成為學習和教學合作夥伴可說是二十一世紀高等教育面臨的最重要問題之一”(Healey, Flint & Harrington, 2014)。

(二) 專題導向式學習 (Project-based Learning, PBL)

專題導向式學習是一種建構取向的學習方法，提供學習者高複雜且真實性的專題計畫，讓學生藉此找出主題、設計題目、規劃行動方案、蒐集資料、執行問題解決、建立決策行動、完成探究歷程，並呈現作品的學習方式(徐新逸，2001)。專題導向式學習教學設計特色在於教學者需要先設計出一個真實有學習價值意義的開放性問題，來激發學習者學習動機進而能引導其整個學習的驅動問題(driving question)。讓學習者針對問題去蒐集資料、觀察探究、討論爭辯、懷疑舉證、假設預測等，進而擬定一研究或實驗設計。在進行實驗研究前，學習者可能會先藉由實驗中對實驗變項與控制變項的操弄，學習者會獲得相關的資料或數據，這些訊息有助於後續對於驅動問題涵蓋的

以上電機系學生和教師群合作設計教案之共創共授迴圈精進課程模式，來開授小組實作為主的大一選修課程，藉以重塑大一學生被動學習習性、強化學生實務操作知能和培養自主深化學習的態度和行為。而後電機系教師和 108-1 修課學生組成教學團隊開授 108-2 「電資工程入門設計與實作」課程，以團隊導向和專題導向方式引導大一學生累積電資工程設計入門實作的學習經驗。

本次修課學生中 96% 有小組任務合作經驗，67.7% 有執行專案計畫經驗，58.7% 曾參與口頭發表類活動或比賽，超過半數的人(56.8%)沒有參與過大比例動手實作課程的經驗。在修課原因和期待的問題中，以問卷提取出來的關鍵字分析，最多的是想增加「實作」的能力(45人)，其他較類似的關鍵字為「動手做」(19人)，顯示半數以上(51.4%)的同學希望能藉由這堂課增加實作經驗或技巧，其次則是想藉此學習 Arduino 佔 16.7% 與認識電機系未來方向佔 15.3%，其他包括如何應用所學(12.5%)、或是受到課程內容有趣而吸引(9.7%)。除了部分學生希望能學習電資知識(8.3%)和培養團隊合作的能力(5.6%)外，亦有學生著眼在培養專題製作(5.6%)和解決問題的能力(5.6%)，也有同學回答強化報告能力(2.8%)、學習工程素養(1.4%) 以及剛好有空(1.4%)。

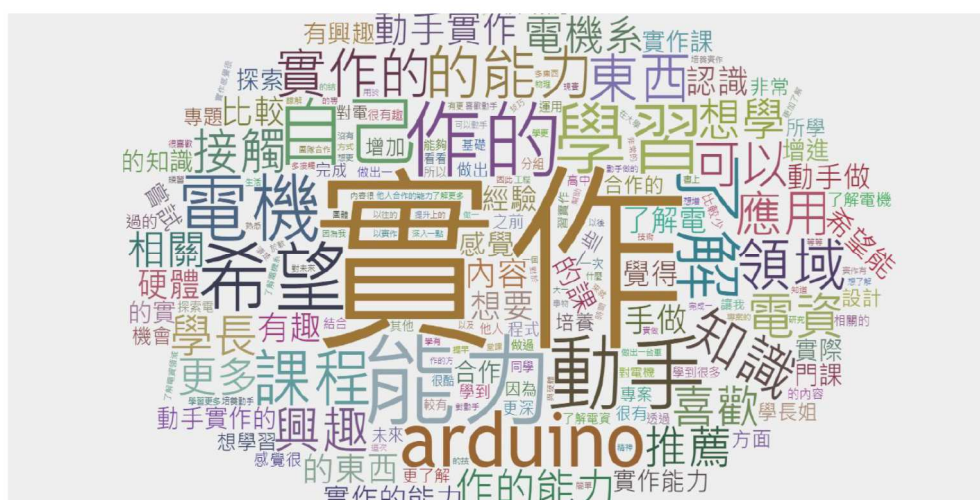


圖 2 108-2 課程學生修課原因

(二) 研究架構和活動

本教學實踐研究活動由教育專業背景的計劃共同主持人以參與式觀察研究者角色推動執行。在 108-1 「創意電資工程入門教育設計」課程，研究者參與教授相關教育知能 (PBL、PBL、OBE)，協助助教團隊人力的養成發展，並且評估精進修課學生大一小組延伸專題教案和評量指標(rubric)的學生中心理念呼應性。108-2 學期研究團隊進行課堂師生互動情況觀察紀錄、大一課程修課學生學習感知和成果前後測、助教團隊教學知能感知前後測，並

進行修課學生與未修課學生對電資教育感知和自我能力評估前後測等學生學習表現和教學團隊教學成效的評估檢驗(參見圖 3)。

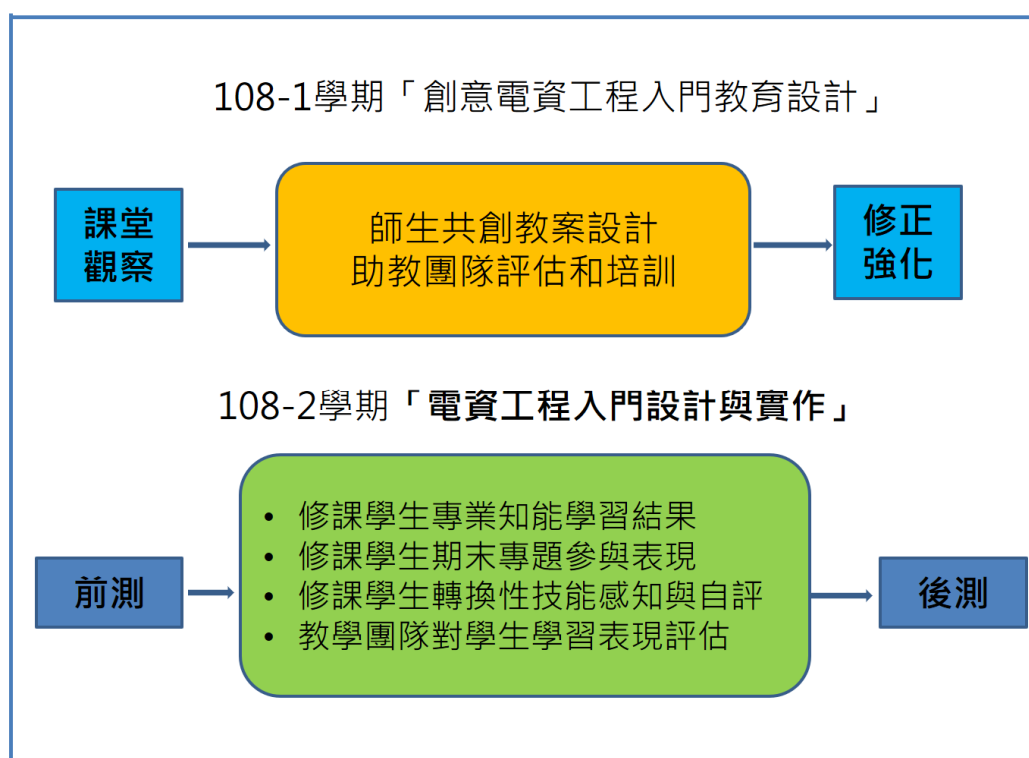


圖 3 教學實踐研究計畫研究架構圖

(三)資料蒐集

1.修課學生學習經驗感知問卷調查

針對課程學生的問卷資訊蒐集共包含基本背景調查、期中問卷、期末檢測三項，施測方式以 google 線上表單進行。學生基本背景調查於學期初施測，以八題簡答題瞭解學生選課的期待和本身具備的相關經驗。期中問卷則以三大題請學生針對自己的學習進度與執行專題的能力進行評估，並衡量前半學期教學內容對專題執行的幫助度。期末檢測再次讓學生自評能力，同時評估課程的難易度和自己的學習過程並提供課程建議。

2.108-2 課程課堂師生互動觀課紀錄分析

每週課堂教與學活動的觀課紀錄由每班各一位助教負責，以學生小組為單位並配合課程錄影與即時定時行為記錄。學生活動類型區分為八項：聆聽指示說明、教師(T)/助教(TA)討論操作、組內討論操作、跨組討論操作、各自使用手機/電腦、報告、演練測試、其他。以五分鐘為單位記錄這段時間內各小組的活動模式，以組內較多人的行為為主，若有衝突時依照優先順序記錄(表 1)。篩去第一週開課與第十八週競賽展示這兩次結構較不穩定的週次，

以及第五、第八週、第十六周、第十七周末上課週次後，實際納入分析和結果呈現的為第二週至第十五週。

表 1 觀課記錄行為分類編碼表

代號	行為名稱	行為描述
L	聆聽指示說明	聆聽課程，目光不時朝向投影片或老師助教
T	教師/助教討論操作	同組有2生以上老師助教介入，老師助教有引導行為
D	組內討論操作	同組有2生以上與同學彼此討論操作
C	跨組討論操作	不同組的學生彼此討論，參與組別都記錄為C
S	各自使用手機/電腦	同組所有學生僅使用電腦手機自行操作，未有討論行為
B	報告	該組進行報告與分享
P	演練測試	將自走車置於桌面、地面、地圖上進行測試
O	其他	其他未涵蓋於上述描述的行為

優先順序：B > C > P > T > D > S > L，每五分鐘記錄一次該組行為

3.電機系全體大一學生轉移性技能感知問卷調查

針對 108 學年入學的電機系大一學生，前測的施測時間為上學期 108 年 10 月 4 日(開學後第四週)的必修課課堂(交換電路與邏輯設計課堂，三班)，一共回收 171 份有效問卷，共 147 男, 22 女, 2 人未填性別。後測的施測時間為下學期 109 年 5 月 29 日電路學課堂及 6 月 3-5 日實驗課堂，一共收集 117 份有效問卷，共 96 男 21 女。前後測匹配的同學共 105 人，86 男 19 女，包括修習課程的「實驗組」共 65 人(13 女)，未修課的「對照組」40 人(6 女)。這份報告只呈現「電機系課程整體學習感知」面向分析結果。

四、課程教學實踐與學生學習成果

(一)課程執行概況

本門課程共有三個班級，分別於週三 9:10~12:10、週四 14:20~17:20、週五 15:30~18:30 上課，每班配有 4 位助教，1 位為協調助教，1 位為觀課助教，2 位為一般助教。除上述授課時間外，另安排 open lab 時段供學生自行至教室實作，固定開放時間為每週三 18:30~21:30、週六 9:10~12:10，配置 1~2 位助教協助學生解決問題，在評量週前，會增加 open lab 時段，並額外

配置助教(額外助教人數約為 1~3 人)，在評量前做最後衝刺。上課地點為臺大電機系明達 402 教室，教室內有 6 張可供 6 人使用的大桌，另有約 6 x 3 平方公尺的空曠地面。此三班統一進度、教材、評分標準，並有共通的教師與助教團隊，期中、期末考週不安排課程，若某一週恰巧有一班遇國定假日，則該週其他兩班亦統一停課，以確保三班進度及授課品質相同。

課程架構可依時間先後及內容分為三大段落：教學段、指定題段及自選題段。第 1 到 6 週為教學段，每週由教學團隊設定的主題授課，並於當週課堂中公佈教學團隊所設定的 checkpoints，當週下課前當面由助教協助檢查學生 checkpoints、評量學生能力，或是下次上課前由工作紀錄簿。第 7 到 14 週為指定題段，教學團隊將設定的指定題目標於第 7 週公佈，由學生們自行規劃安排各週進度，教學團隊透過每週要求學生寫工作紀錄簿了解各組狀況，並給予評分及意見回饋，於第 13 週時進行指定題競賽，以指定規則競賽形式評量學生能力。最後第 14 週至第 18 週為自選題段，教學團隊提供一些可參考的自選題目標，由學生們自行設定目標、安排各週事項，於第 18 週進行展示，以成果發表展覽形式評量學生能力。參與這門課程的電機系大學部一年級學生，學生彼此之間並不熟悉，因此安排學期課程前三週，以兩個人為一組協同實作，目的在於增進同學們的熟悉度，減少課程後半同學們因不熟悉彼此，被強迫分組後造成摩擦或合作效率不彰。

表 2 108-2 電資工程入門設計與實作大一課程大綱

週次	課程內容
Week 1	課程介紹、課程提醒事項、Arduino IDE
Week 2	Arduino
Week 3	Introduction to search algorithm(s)
Week 4	車子組裝
Week 5	溫書假
Week 6	循跡 P control
Week 7	指定專題介紹:循跡自走車迷宮尋寶
Week 8	期中考 (自主學習、不上課)
Week 9	指定專題設計、製作與進度報告
Week 10	指定專題設計、製作與進度報告
Week 11	指定專題進度檢視，補救教學
Week 12	循跡自走車為基礎的自選專題介紹 + 指定專題設計、製作與進度報告
Week 13	指定專題展示與競賽
Week 14	自選專題設計、製作與進度報告 + 指定專題補考、展示
Week 15	自選專題設計、製作與進度報告
Week 16	期末考 (不上課)
Week 17	端午節放假，加開 Open Lab 時段

在數位工具的使用上，本課程除校內之 CEIBA、NTU COOL 外，並使用 FB 社團，主要用於傳遞、公告課程相關資訊。教學段因各週皆有明顯教學主題，故以 CEIBA 為主，公告課堂使用之投影片、補充資料。指定題段、自選題段因無明確的各週教學主題，為使學生便於交流，故以 NTU COOL、FB 社團為主，利用 NTU COOL 公告課程相關資訊、收集學生作業(如自選題海報)，FB 社團上開放討論區供學生們交流意見。

108-2 課程學期總成績的評定由過去通過制改為等第制，評量項目包含：出席率、實驗操作佔 30%；小組工作紀錄簿佔 20%；指定專題分組展示 30%；自選專題期末成品展示競賽：20% (Proposal 報告 5%+成果發表 15%)。

(二)小組工作紀錄簿

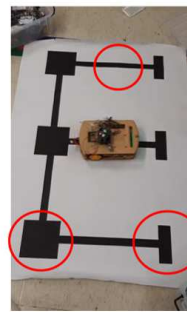
108-2 學期小組工作紀錄簿要求學生每週都要填寫，前幾週給予緩衝期望學生建立撰寫工作紀錄簿習慣，第三週確定分組名單後，工作紀錄簿有部分固定問題待學生回答，包括當週主題、課堂應完成事項(下課前須找助教檢查)、實際達成事項、組內討論事項(如問題、構想、分工合作、時間安排等)、組員分工、遇到的問題、處理狀況、解決方式等。而各班教師會針對紀錄簿內容的完整度、紀錄問題與解決方案的精實度、有建設性建議或反思來評分並給予評語。在學期最後幾週，指定題考核已結束，工作紀錄簿沒有固定撰寫模板要求，學生可以自由記錄在自選題上遇到的任何困難和問題、解決方案、學習心得或心情...等等。學生、助教、教師皆在 HackMD 共筆平台完成工作紀錄簿的填寫與批改，以期有效率地進行即時溝通和回饋。



學生小組指定題

智慧迷宮尋寶車

- 時間：第13週
- 給定地圖、RFID片，設計自走車以最短路徑找到最多寶藏！



直行塊

轉彎塊

死巷塊

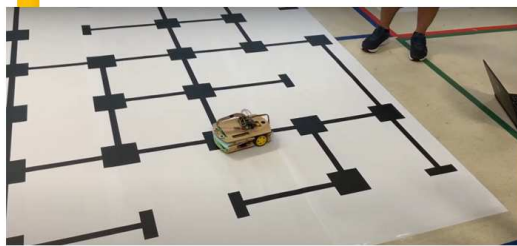


圖 5 小組指定專題呈現

另一方面，學生們在後半學期被要求每週上台進行進度報告。在歷經多次的實際報告演練，學生們在口頭報告時的自信、台風、口條以及投影片的內容品質等均明顯進步。也因此，在期末自選題的成果發表會上，學生們都能自信地侃侃而談，簡單扼要地介紹他們的專題成果。

<p>電算工程入門設計與實作自選題-撿球MAN 週三班第三組</p> <p>壹、研究動機 我們之所以喜歡打遊戲、作練習不僅是為了娛樂，更在於透過遊戲與練習，我們能學習到許多在課堂上學不到的知識。因此，我們決定在課餘時間，利用 Arduino 進行專題製作。</p> <p>貳、研究目的 一、利用 Arduino 控制攝像頭，拍攝球的位置。 二、利用 Arduino 控制馬達，移動球的位置。 三、利用 Arduino 控制蜂鳴器，發出聲音。 四、利用 Arduino 控制 LED 燈，顯示球的位置。</p> <p>參、研究內容 一、攝像頭與馬達的安裝。 二、Arduino 的程式編寫。 三、測試與調整。</p> <p>肆、研究方法 1. 尋找相關資料。 2. 動手實踐。 3. 不斷嘗試與調整。</p> <p>伍、結論 透過這次專題製作，我們不僅學習到了 Arduino 的應用，更體驗到了動手實踐的樂趣。未來我們將繼續探索更多有趣的專題。</p> <p>陸、參考資料 1. Arduino 官方網站 2. 各種 Arduino 專案分享網站</p>	<p>自動送餐車 Mingto's English corner 張嘉潔 吳軒世 莊曉輝</p> <p>簡介 自動送餐車結合指定題的傳動功能，將 Python 與 kinter 軟體介面，搭配電子秤和 mp3 模組，做出會發出聲音、自動化送餐的車子。</p> <p>遇到的問題 1. 傳動難搞 2. 托盤安裝問題 3. 地圖重新設計 4. 沒有 analog 部位 5. mp3 模組和電子秤模組衝突 6. 平行運算問題</p> <p>軟體介面 [Screenshot of software interface]</p> <p>新增器材及軟體 1. mp3 播放模組 2. 托盤 3. kinter 軟體介面 4. 資料庫</p> <p>未來展望 1. 加入聲音或避障模組 2. 處理多傳動的問題 3. 載物台升降功能 4. 語音智慧溝通</p> <p>週四班 第八組</p>	<p>礦工阿啞の溫柔坦克 週五班第三組 組員：謝冠廷、吳瑋倫、張家程</p> <p>動機 我們在進行地形探測的時候，人們常因為地形太小或是風扇太大，以至於有些地方到了，但手一伸，卻發現地形探測器已經掉到一些地方，讓探測器無法繼續進行。而在探測的時候，我們也希望能夠對現有的地形進行影像紀錄。</p> <p>實作功能 設計一些功能，能夠探測地形、避免碰撞、記錄地形、繪圖以當前探測的地形數據。在探測的時候，能夠自動地將探測到的地形數據，並將其繪圖到電腦上。繪圖的時候，由 Python 繪圖庫輸出地形數據，並將其繪圖到電腦上。繪圖的時候，由 Python 繪圖庫輸出地形數據，並將其繪圖到電腦上。</p> <p>結構 硬體：由 Rpi 執行主程式和攝影機、利用 Arduino 控制馬達及傳動。Rpi 進行軟體開發，其他元件則由 Arduino 控制。以 Python 繪圖庫輸出地形數據，並將其繪圖到電腦上。繪圖的時候，由 Python 繪圖庫輸出地形數據，並將其繪圖到電腦上。</p> <p>成品 [Image of the robot and its software output]</p> <p>週五班 第三組</p>
<p>週三班第 3 組： 撿球 MAN (49.00 分)</p>	<p>週四班第 8 組 自動送餐車 (45.67 分)</p>	<p>週五班第 3 組 礦工阿啞の溫柔坦克 (49.00 分)</p>

圖 6 各班期末自選專題海報

五、教學成效研究結果

(一)學生修課感知期中和期末問卷調查結果

我們在期中問卷和期末問卷設計了幾題相同問題，希望透過前後測學習感知的檢視，了解學生在學習相關知識上的信心度是否會有所提升、自我評價在團體合作是否會順利進行。學生課程學習自我評估前後測共同問題差異的 t-test 統計分析數據結果如下圖表所示：

表 4 學生課程學習自我評估前後測統計分析數據

檢測題目	期中平均 ±標準差	期末平均 ±標準差	差異平均 ±標準差	t- value	p value	effect size
對自走車硬體瞭解程度足以幫助團隊完成專題	6.8±1.98	8±1.59	1.2±2.6	-4.00	0.00	0.66
ARDUINO 瞭解程度助團隊完成專題	6.4±1.98	7.7±1.6	1.3±2.4	-4.42	0.00	0.74
c 或 python 程式技能幫助團隊完成專題	6.8±2.0	7.8±1.6	1±2.6	-3.38	0.00	0.54
不依賴老師助教引導靠自學與小組合作達成課程要求	5.8±1.92	7.5±2.1	1.7±2.7	-4.92	0.00	0.78
小組團隊合作精神可順利完成期末專題	8.3±1.77	8.6±1.5	0.3±2.7	-1.10	0.27	0.18
以小組解決問題能力可排除製作專題的困難	8±1.67	8.3±1.5	0.3±2.6	-1.08	0.28	0.18
順利跟上每週課堂教學與實作進度	7.1±1.87	7.6±1.6	0.5±2.6	-1.91	0.06	0.28

前三題的問題，是在詢問學生對於此課程專業知識（自走車硬體、ARDUINO、c 或 python）的了解程度，在自評時，是否認為足夠協助團隊完成專案。分析發現期末問卷的平均值大於前測平均值（8 大於 6.8、7.7 大於 6.4、7.8 大於 6.8），表示學生對於三種知識的掌握度在經過一學期之後有所提升。並且觀察到三個問題的 p value 皆為 0.00 小於 0.05，有顯著。在「學生自評是否能夠不依賴老師和助教的引導，只靠自己學習與小組合作達成課程要求」。這項自評之中，期末問卷的平均值大於期中問卷平均值（7.5 大於 5.8），表示學生在經過一學期的練習之後，信心度大幅提升，期末問卷數值增加 1.7 也是增加最多的一個題目。並且觀察到 p value 為 0.00 小於 0.05，為顯著。在「以我們小組團隊合作的精神，我有信心可以順利完成期末專題」、「我們小組解決問題的能力，我有信心可以排除製作專題時遭遇的困難」，詢問學生團隊合作的問題時，期末問卷增加的數值並沒有太多（8.3 提升為 8.6、8 提升為 8.3），p value 為 0.27 以及 0.28 大於 0.05，並無顯著。最後在自評「能夠順利跟上每週課堂的教學與實作進度」這個題目，期末問卷增加的數值為 0.5（7.1 提升為 7.6），p value 為 0.06 大於 0.05，並無顯著。

依據前後測問卷數據的顯著差異分析結果，看到修課學生在學習特定專業知能的自我評估上，如自走車硬體、ARDUINO、c 或 python，期末問卷自評平均分數皆顯著高於期中問卷分數。因此，可以推論在這些專業面向的學習，經由後面幾週高比例的小組專題的自我探索和實作經驗的學習，讓學生對這三種知能有更深的認識和實作掌握自信的提升。至於團隊合作信心相關題項，學生後測平均分數和前測分數並無顯著差異，但不論前後測的平均分數，都已經大於 8 分，代表選修這門課程的學生對於小組合作完成專題的信心都保持在正向的自我評估。

(二)課堂師生互動模式觀察記錄分析

本計畫課程教學設計前五週主要為基礎知識傳授，每一週會有一個主題，當週會學習該主題的相關知識。前五週(第二至第六週)上課流程大致如下：1. 老師會分時段傳授當週課程知識，一個時段約 30~50 分鐘。2. 在老師一個時段傳授完畢之後，會請同學小組操作一些對應的練習。在實作練習過程中學生可以請教老師或者助教協助。

後半段的課程大部分為小組專題實作活動，主要目的是通過課程的指定題目測試以及自選題目測試。上課流程大致如下：1. 老師會在前十分鐘交代今天的注意事項還有臨時動議。2. 學生們依照小組進行指定題目測試以及自選題目的實作，在實作過程中學生可以請教老師或者助教協助。3. 每堂課最後 30 分鐘會進行小組當週的成果報告。

篩去前後兩週及未上課週次後，將第二週至第十五週的觀課資料蒐集及分析，其中第二至第六週為前半學期屬於教師講授指導搭配實作的主題課程(圖表中以綠色標示)；第八至第十五週則為後半學期進行專題製作穿插進度報告的課程(圖表中以橘色標示)。

1.教學活動結構

在課程教學活動進行時，會有期待學生應該表現出的行為，而構成教學時的預期活動結構。基本上教學活動會分為四類行為：課堂中老師正在講解或是小組報告時，多數學生應有的行為是聆聽(L)；若是該記錄時段時是請學生填寫問卷或是讓學生以個人為單位操作時，則對應的學生行為是各自操作電腦手機(S)；請學生操作討論時，學生對應行為是小組討論操作(D)；下課休息時，學生應有的行為不在記錄項目中，所以歸類為其他行為(O)。

以 108-2 學期的課程結構(圖 7-1)來看可以發現多數課程中不同班次的上課結構都盡量維持一致。前半學期講授課程中，講授報告與小組討論操作約各佔一半的時間比例，除了第三週大約有 90 分鐘左右在其他教室的教師講述課程，但由於學生不依分組坐，只記錄回到主教室 R402 後的課

程活動，因此教學活動的講述 (L) 比例降低。第四週則是車體組裝，主要由學生自行依照投影片製作車子，所以講述 (L) 比例會因此降低。後半學期的專題課程則講解報告比例縮減至 15% 左右，多數時間交由學生自行進行小組討論與操作，周四班老師給學生分享報告的時間較多，因此講解/報告 (L) 的比例會高一些，約 25% 左右。

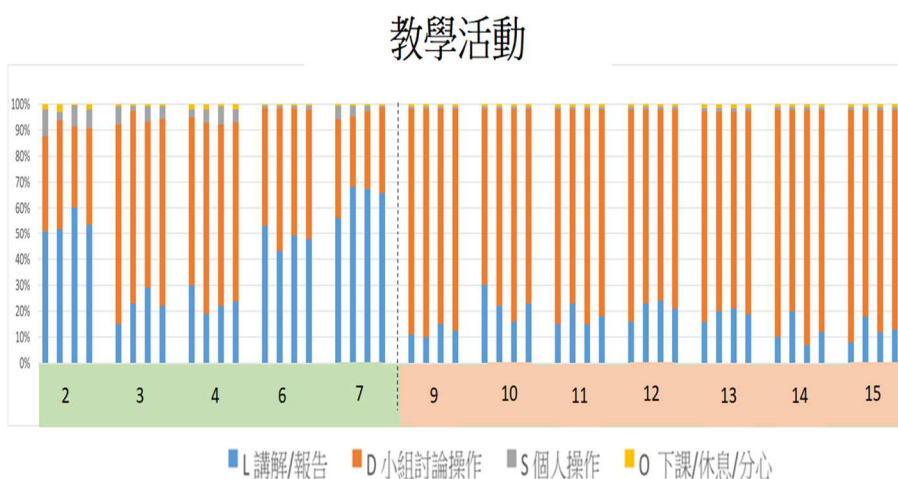


圖 7 108-2 教學活動，表示教學活動進行時學生應有的行為
每週的四直條由左至右分別為週三班、週四班、週五班、三班平均值。週次標示的綠色區塊為教師講授搭配實作的主題課程，橘色區塊為專題製作穿插進度報告的課程。

2. 學生小組行為模式

學生行為組數比例表示該次上課時學生表現出來的行為組成比例，因此囊括的行為項目比課程結構多，為完整的八項行為：聆聽指示說明、教師(T)/助教(TA)討論操作、組內討論操作、跨組討論操作、各自使用手機/電腦、報告、演練測試、其他 (圖 8)。前半學期的講述搭配實作課程 (週次綠色區塊)，由於每週教學活動規劃有差異，因此可以看到各自操作 (S) 與小組討論 (D) 的比例都不相同，其中第四週車子組裝，108-2 改變了車子的設計，連三個班的助教都不太熟悉，使得三個班小組助教協助 (T) 的比例明顯提升。專題期間 (週次橘色區塊) 可以明顯看到第九週正式進入專題製作後，演練測試 (P) 開始出現在每週行為中。週三班個人操作 (S) 的比例平均比其他二班來的高，顯示該班次的分工作業可能較分明，因此多為學生各自鑽研負責項目較少討論；最後兩週的成果展示時仍然有類似情況出現。

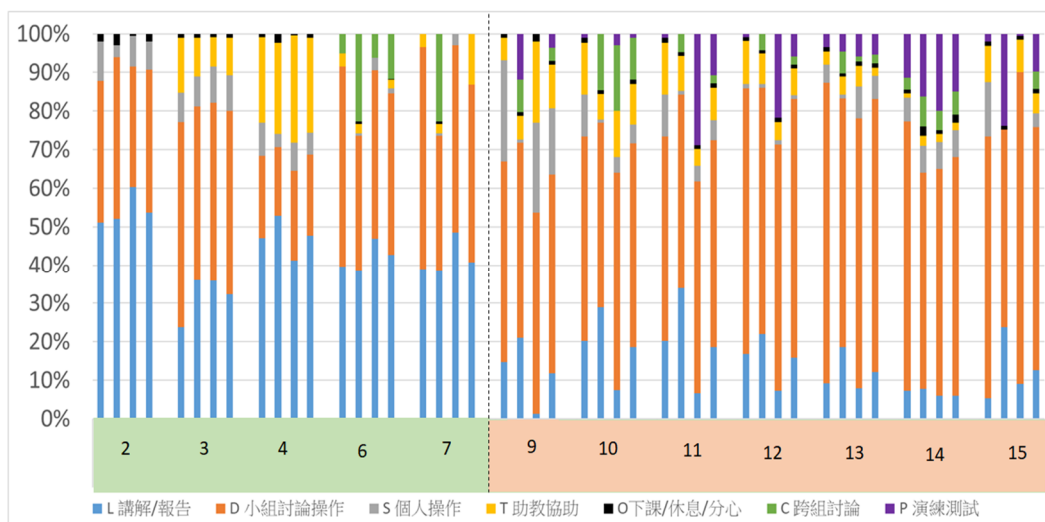


圖 8 108-2 教學活動時學生小組行為呈現比例

每週的四直條由左至右分別為週三班、週四班、週五班、三班平均值。週次標示的綠色區塊為教師講授搭配實作的主題課程，橘色區塊為專題製作穿插進度報告的課程。

3.課程教學結構與學生小組行為模式比較

將三班資料移除，僅呈現三班「教學活動」與「學生行為組成」的平均結果後（圖 9）。單以平均值來看學生行為組數，可以發現專題實作期間（週次橘色區塊），學生開始以地圖不停測試車子的跑動狀況，因此演練測試（P）的比例也提升。

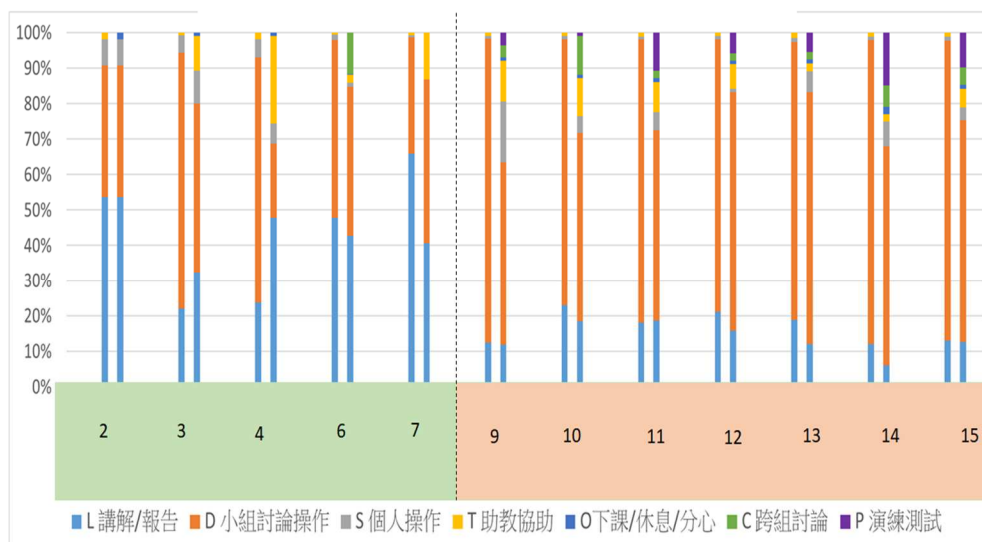


圖 9 108-2 課堂整體教學活動與學生小組行為呈現比例

每週的二直條左邊為教學活動的平均值，右直條則為學生行為組數比例的平均值。週次標示的綠色區塊為教師講授搭配實作的主題課程，橘色區塊為專題穿插進度報告的課程。

表 5、108-2 課堂整體教學活動與學生小組行為呈現比例

週次	總組數	平均記錄時間 (min)	教學活動比例 (%)				學生行為比例 (%)							
			講解報告	小組討論操作	下課休息	各自操作	聆聽 (L)	與老師助教討論 (T)	組內討論操作 (D)	組間討論操作 (C)	各自操作電腦 (S)	報告 (B)	演練測試 (P)	其他行為 (O)
2	16	190	54.1	37.3	2.8	7.2	54.1	0	37.3	-	7.2	-	-	2.0
3	25	195	22.0	72.1	0.8	4.9	32.6	9.8	48.0	-	9.4	-	-	1.0
4	25	190	24.0	70.0	2.0	1.0	48.2	24.8	21.1	1.0	5.7	-	-	1.0
6	25	190	47.7	50.1	1.3	0.6	42.6	2.0	41.8	11.7	1.3	0.9	-	0.2
7	25	195	64.1	32.0	0.7	0.6	40.7	13.3	46.0	-	0.3	-	-	-
9	25	195	12.3	85.8	0.8	1.1	11.9	11.4	52.1	3.3	17.3	4.0	2.3	1.0
10	25	195	18.6	81.4	-	-	3.0	10.2	50.3	4.2	4.5	15.0	1.0	1.0
11	25	195	18.0	80.1	1.02	0.9	5.1	7.9	50.1	2.0	4.9	14.0	10.2	0.8
12	25	190	21.0	77.0	1.0	1.0	7.2	6.8	68.0	2.2	1.0	9.1	5.8	0.7
13	25	195	19.0	79.0	1.2	1.6	3.8	2.0	65.0	2.3	5.4	7.2	5.0	1.1
14	25	190	12.0	86.1	1.2	0.9	1.1	2.1	62.0	6.0	7.0	6.0	15.5	2.1
15	25	195	13.0	85.0	1.2	1.0	2.0	5.4	63.7	4.7	3.6	11.0	9.8	1.02

以課程預期的活動與學生行為作比較後，可以發現整體而言在前半學期講授與實作課程期間（週次綠色區塊）學生的行為模式比例大致與課程教學設計期待差不多，該聆聽教師講授時多半會停下聆聽。到專題製作（週次橘色區塊）及成果展示時，聆聽行為比例相對於課程活動需求而言減少很多，也就是說學生更專注在自己小組專題的操作上，而非依照課程安排聆聽其他小組報告或教師補充講解。

(三)電機系大一學生電機課程整體學習感知分析

本計畫針對電機系大一學生學習動力與偏好設計了 8 題問題進行前後測問卷調查，其中 1-3 題針對電機系專業課程學習的快樂、興趣、未來發展之信心做評量，4-7 題針探問受測者在電機領域遇到問題時之解決方法—自己尋找解決方法、尋求老師協助、尋求助教協助、和小組成員合作之學習助益做評分，第 8 題詢問受測者對電機課程學習成果的滿度。此部份皆為 5 分等級，5 為極同意，1 為極不同意。在後測的問卷另外加入開放自由作答的文字題，請受測者回顧自己這一整年修習電機系專業相關課程，分享最有收穫和最不滿意的經驗。

為了進一步了解實驗組（65 人）和對照組（40 人）學生在修課前後的差異，針對問卷每一題項，測試是否在前後測有顯著差異，使用統計方法為

paired-t test，顯著水準設為 0.05。分析結果如下表 6。

依據分析結果，整體大一學生平均後測分數高於前測分數的項目有：我學習電機工程相關知識和技能是快樂的、對在電機未來職業發展有信心及我對電機的學習成果感到滿意，在比較實驗組與對照組在針對電機課程觀感的問卷差異發現，實驗組平均分數大於對照組之項目包括：我學習電機工程相關知識和技能是快樂的、我對電機的學習有興趣、尋求助教協助。

表 6 電機系課程整體學習感知具顯著差異的選項

題目	對照組		實驗組		前後差異		P-value		
	前測	後測	前測	後測	對照	實驗	Group	Time	Group*Time
我學習電機工程相關知識和技能是快樂的。	3.43	3.78	3.77	3.98	0.35	0.22	0.029	0.000	0.339
我對電機的學習有興趣。	3.78	3.90	4.08	4.18	0.13	0.11	0.005	0.059	0.888
對在電機未來職業發展有信心。	3.08	3.43	3.28	3.54	0.35	0.26	0.298	0.001	0.609
自己尋找解決方法	3.30	3.38	3.68	3.66	0.08	-0.02	0.052	0.853	0.670
尋求老師協助	3.53	3.40	3.51	3.57	-0.13	0.06	0.508	0.909	0.276
尋求助教協助	3.13	3.40	3.58	3.55	0.28	-0.03	0.017	0.406	0.151
小組成員合作	3.69	3.82	4.03	3.88	0.13	-0.16	0.133	0.600	0.138
我對電機的學習成果感到滿意。	2.93	3.55	3.18	3.69	0.63	0.51	0.196	0.000	0.573

六、反思與建議

經由 108-1「創意電資工程入門教育設計」師生共創教材設計和教學引導操作方式補強努力下，108-2 課程在教學設計與小組學習活動操作上的改進作法有以下幾項：

- 主題工作坊 (unit workshop)單元內容精煉和小組指定題完成展示的時間提前，增加自選題發想和嘗試的小組探究實作時間。
- 課程評分機制強化：學生修課成績從通過制改為等第制，並將小組工作紀錄簿和自選專題納入評分項目，同時設計評量指標 (rubrics)事先告知學生評分的重點內容和給分標準。
- 小組工作紀錄簿撰寫品質要求和即時回饋：將每週工作紀錄簿撰寫內容品質列入評分項目，同時教學團隊依據 rubric 輪流批閱給分並在專業內容上即時釋疑或提供建議。

授課教師群對於 108-2 課程學生學習成效面向進行檢視和自我反思，普遍認為學生修課成績從通過制改為等第制，在成績的驅動下，學生學習態度更加積極、課程中的各項要求完成度皆比 107-2 學期提高，實施小組專題成果品質

及團隊分工也更好。尤其是 107-2 課程開始培養學生在每週實作活動後撰寫小組工作紀錄簿但當時各小組執行度不佳，在 108-2 課程將小組工作紀錄簿列入評分並搭配教師即時質性回饋機制下，獲得不錯的執行成效。而徹底落實工作紀錄簿後所帶來的好處也更清楚展現，例如學生投入時間認真撰寫紀錄簿的意願提高，學生小組實作活動情況能透過工作紀錄簿撰寫得到教師回饋和建議、教師也能藉此了解小組間的進度及遭遇的困難，也幫助小組間各成員分工角色更加明確落實。而小組工作紀錄簿寫得不錯的小組在指定專題競賽的表現也很優秀，二者之間的相關性是很明顯的。然而，對於小組工作紀錄簿這項作業要求和評分的執行，教師們也觀察到對很多同學來說仍是個負擔，大一學生可能不曉得這是日後從事研發工作的基本能力，因此，有幾個小組的紀錄簿內容寫得草率簡略。另外，有教師提出改為等第制後學生要進行指定專題和自選專題的製作展示，擔心課程電機專業知識和實作學習的強度可能會讓大一學生覺得負擔太重；另外學生過度重視成績表現，是否對於培養學生自主學習、創意激發或是電機專業學習的興趣會有負面影響等疑慮。

針對以上的反思，教學團隊對下一學年的課程開授提出幾點精進建議。

5. 109-1 和 109-2 的二門課程都需在學期開始和學生溝通撰寫小組工作紀錄簿的目的、作用、撰寫重點和評分標準。同時，在 109-1 師生共創課程中，讓高年級修課學生藉由實際撰寫專題教案設計和改進的小組工作紀錄簿，體驗電資工程實作工作紀錄簿題項該如何設計和撰寫會更符合專業學習的需要，以及進行工作紀錄簿評分準則的設計。
6. 增加自選專題的小組課堂討論實作時間。可考慮降低指定題的難度 (e.g. 循跡地圖尺寸縮小) 或是競賽次數由二次降為一次，這樣可縮短指定題教與學活動操作週次。而自選題可讓學生有更多嘗試創意和發揮想像的空間。
7. 課堂活動強化 TBL&PBL 小組合作互動學習的引導 (e.g. 小組角色分工和表達協調技能、成員間協調溝通&共學動能)。因此，在 109-1 課程要再針對 TA 工作角色及小組引導技能的部分加強培訓，讓高年級修課同學不只有體驗 PBL/TBL 學習模式，也要讓他們學習擔任課程助教時要怎麼引導協助學生團隊學習態度的建立和小組合作動能的凝聚。
8. 思考如何讓大一課程助教群工作更有效率、更能發揮。開課前先與助教們說明預期助教的工作職掌及協助同學的時機等，並要先熟悉指定專題的教材內容和實作技能。課程每個階段狀況不同，每一週需要的助教量、技能也不一樣，助教們有他們各自專業熟悉的部分，一開始分工更細緻更明確，應該能更有效率，且能夠讓助教每周進入課堂都可以發揮。

七、參考文獻

1. 台大土木系, 土木工程基本實作 105-2, Available at <https://sites.google.com/a/caece.net/cornerstone102/home>
2. 呂良正(2014)。臺大土木系 Capstone 課程經驗分享。評鑑雙月刊, 49, 檢自 <http://epaper.heeact.edu.tw/archive/2014/04/28/6156.aspx>
3. 陳俞澄、李紋霞 (2015)。台大土木工程學系課程精進改革經驗。杜風 92 期。取自 http://www.ntuce-newsletter.tw/vol.92/T4_14.html
4. 李建模等(2019)。給新鮮人的電資工程設計與實作課首部曲：師生共創教案。台大電機之友, 65, 檢自 <https://alumni.ee.ntu.edu.tw/?p=3967>
5. 陳毓凱, 洪振方, “兩種探究取向教學模式之分析與比較,” 科學教育月刊; 305 期 (2007 / 12 / 01) , P4 – 19.
6. S. Chavanic, “Developing Cornerstone Engineering Education,” May 9, 2017, available at <http://news.psu.edu/story/467609/2017/05/09/research/developing-cornerstone-engineering-education>
7. C. L. Dym et al, 4ed, *Engineering Design: A Project-Based Introduction*, Wiley, Oct. 2013 ISBN 1118324587.
8. C. L. Dym, et al, “Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning,” *Journal of Engineering Education*, Jan. 2005, pp. 103~120.
9. Aditya Johri, Barbara M. Olds, eds., *Cambridge Handbook of Engineering Education Research*, Cambridge 2014. ISBN-13: 9781107014107
10. C. A. Whitfield, R. J. Freuler, Y. Allam, and E. A. Riter, “An Overview of Highly Successful First-year Engineering Cornerstone Design Projects Stanford University,” available at http://www.ineer.org/Events/ICEE2011/papers/icee2011_submission_294.pdf
11. M. Thompson, “Fostering Innovation in Cornerstone Design Courses,” *International Journal of Engineering Education* Vol. 28, No. 2, pp. 325–338, 2012
12. P. Little and J. King, “Selection Criteria for Cornerstone and Capstone Design Projects,” *Int. J. Engng Ed.* Vol. 17, Nos. 4 and 5, pp. 406~409, 2001.
13. M. Haungs, J. Clements, D. Janzen, “AC 2008-464: Improving Engineering Education through Creativity, Collaboration, and Context in a First Year Course,” available at http://digitalcommons.calpoly.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1029&context=csse_fac
14. Gipson, K. G., & Henriques, J. J., & Sequeira, S. (2015, June), *Development and Implementation of a Cornerstone Course: Engineering Opportunities* Paper presented at 2015 ASEE Annual Conference & Exposition, Seattle, Washington. 10.18260/p.23847
15. RAAOK Rahmat et al, “The Effectiveness of basic Design Project (Cornerstone) in Students’ Competency Development,” *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 60, 17 October 2012, Pages 56-60.
16. Daniel R. Herber et al, “Project-Based Curriculum for Teaching Analytical Design to Freshman Engineering Students via Reconfigurable Trebuchets,” *Education Sciences*, 2016.
17. M.B.R. Vallim, J.-M. Farines, J.E.R. Cury, “Practicing engineering in a freshman introductory course” *IEEE Transactions on Education*, Volume: 49 Issue: 1

18. JS Krajcik, PC Blumenfeld, *Project-based learning*, https://tccl.arcc.albany.edu/knilt/images/4/4d/PBL_Article.pdf
19. Jennifer Wen-Shya Lee, Kun-You Lin, Ho-Lin Chen, Jiun-Peng Chen, Shih-Yuan Chen, Chien-Mo Li, Rui-Fu Xu, Tzi-Dar Chiueh, Hsiao-Wen Chung, Niccolo Chen, Shi-Chung Chang, “Student Engagement in the Co-designing and Co-teaching a Cornerstone EECS Design and Implementation Course at National Taiwan University,” *Proceedings of The Sixth International Conference on Higher Education Advances (HEAd'20)* , June 2-5, 2020 · Valencia, Spain.
20. Vesna Najdanovic-Visak, “Team-based learning for first year engineering students,” *Education for Chemical Engineers*, 18 (2017) 26–34.
21. Monica H. Lamm, Micheal Dorneich, Diane T. Rover, “Team-Based Learning in Engineering Classrooms: Feedback Form and Content Adds Value to the Learning Experience,” 2014 ASEE North Midwest Section Conference.
22. Daniel R. Herber et al, “Project-Based Curriculum for Teaching Analytical Design to Freshman Engineering Students via Reconfigurable Trebuchets,” *Education Sciences*, 2016.
23. Derek R. Lane, “Teaching Skills for Facilitating Team-Based Learning,” 16 December 2008, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/tl.333>
24. Educational Research Service, “Developing and Using Instructional Rubrics,” Available at <https://www.nesacenter.org/uploaded/conferences/FLC/2012/handouts/Arpin/ArpinReadingDevelopingUsingInstructionalRubrics.pdf>

八、附件

(一) 研究計畫參與知情同意書

研究參與者招募方式及告知同意內容

一、研究參與者招募方式

本課程為國立臺灣大學電機工程學系開設 3 學分之「電資工程入門設計與實作」課程，該課程三班總計有 72 位修課名額，學生依選課系統方式線上選課，於開學第一週本人向修課學生說明本課程將搭配此教學實踐研究計畫進行，詳細說明研究實施方式與師生之間權利與義務後，於課堂中招募研究參與者約 72 人。

二、研究參與者知情同意書

(以下知情同意書仿「國立臺灣大學行為科學研究倫理委員會研究參與者知情同意書」所製作)

1. 研究計畫名稱：
電資工程入門設計與實作教育的共創機制設計與檢驗
2. 研究機構名稱與計畫主持人：
國立台灣大學電機工程學系 張時中
3. 研究計畫計畫主持人聯絡方式：
02-23635251 分機 207; scchange@ntu.edu.tw
4. 研究目的：
本教學實踐研究計畫主題 為「電資工程入門設計與實作教育的共創機制設計與檢驗」。本計畫將於 108 學度精進「電資工程入門設計與實作」課程。
 - 一、加強培養大一修課學生基本工程素養增進自主探索學習解決問題、豐富實作經驗、促進團隊合作能力。
 - 二、完成垂直整合助教培育迴圈
 - 三、研析大一同學修習電資工程對後續核心石課程的果效。
 - 四、對 108-2「電資工程入門設計與實作」課程修課學生、助教

及教師，實施成效評量與調查分析，反饋於後續教學品質提升。

5. 研究參與者之權利保障、損害補償：

- (1) 本研究以自願方式招募研究參與者，參與者於學期初決定是否願意參加，並可於過程中考量自身情況隨時退出，無論該課程的學生是否自願參與、或於研究過程中退出，都不會影響自身的受教權益，其評量成績也不會因是否參與此研究而遭受任何影響，**研究者不會以參與與否作為評斷學生課堂表現之依據。**
- (2) 研究參與者若於過程中發生不良反應造成任何傷害，計畫主持人願意聯繫國立臺灣大學學生心輔中心提供相關身心醫療諮詢協助，若超過三分之一受試者提出生理與心理不適之意見，本計畫將立即中止。

6. 研究方法與程序：

- (1) 期初與期末學習經驗感知問卷：邀請全體修課同學填寫。
- (2) 課程指定繳交作業之成果彙整分析
- (3) 學習心得訪談：邀請數位同學以個別或小組方式分享課程學習收穫和建議

7. 研究材料保存與運用：

- (1) 計畫主持人將依法把任何可辨識您身分之紀錄與您個人隱私之資料視同機密處理，絕對不會公開。
- (2) 將來發表研究結果時，您的身份將被充份保密。

8. 研究計畫主持人/研究人員簽名：

研究計畫主持人或研究人員已詳細解釋有關本研究計畫中上述研究方法的性質與目的，以及可能產生的危險與利益。

研究人員簽名：_____

9. 研究參與者簽名同意：

本人已詳細瞭解上述研究方法及其可能的益處與風險，有關本研究計畫的疑問、已獲得詳細說明與解釋。本人同意成為本研究計畫的自願研究參與者。

研究參與者簽名：_____

日期： 年 月 日

(二) 問卷

108-2 電資工程入門設計實作課程學生背景與修課期待調查

1. 過去是否有過執行專題計畫的經驗？(複選)
 - 無
 - 有，學生科展
 - 有，課堂大型學期報告
 - 有，實驗室大專生計畫
 - 有，學生社團研發計畫
 - 有，其他，請說明
2. 過去是否曾經與人組成團隊一起分工合作完成小組任務？(複選)
 - 無
 - 有，參加學生科展
 - 有，參加學術性競賽活動
 - 有，參加非學術性競賽活動
 - 有，進行修課課程的作業
 - 有，參加學生社團辦理的活動
 - 有，其他，請說明
3. 過去是否參加過口頭發表類的活動或比賽？(複選)
 - 無
 - 有，演講比賽
 - 有，辯論比賽或活動
 - 有，研討會或研究成果發表
 - 有，活動主持人
 - 有，其他，請說明
4. 過去是否曾修過大部分動手實作的課程？(複選)
 - 無
 - 有，電機系專業類
 - 有，共同課程類 (物理、化學、生物等)
 - 有，通識教育類
 - 有，創新創業類
 - 有，其他，請說明
5. 你/妳為什麼會想選修這門課程？請寫出 2-3 點理由。
6. 在此課程中，你/妳想為自己設定哪些學習目標，希望在學期結束時達成的？請至少寫出三項。
7. 你/妳還有什麼個人想法或事項希望教師和 TA 們瞭解或是協助的？

108-2 《電資工程入門設計與實作》期中檢測

說明語：感謝過去六週你/妳在這門課程教與學活動的參與！為了協助教學團隊

更加提升日後幾週教與學的效能，煩請填寫以下三個大題，謝謝！

一、回顧「過去幾週的教學與實作活動」，你/妳的自我評估？(1 為完全不同意，10 為完全同意)

- (1) 我能夠順利跟上每週課堂的教學與實作進度
- (2) 我在課堂教學期間總是能夠學習到新的知識或技能
- (3) 我能夠不依賴老師和助教的引導，只靠自己學習與小組合作達成課程要求
- (4) 我對自走車硬體的瞭解程度，足以幫助團隊完成期末專題
- (5) 我對 ARDUINO 的瞭解程度，足以幫助團隊完成期末專題
- (6) 我寫程式 (c 或 python) 的技能，足以幫助團隊完成期末專題
- (7) 以我們小組團隊合作的精神，我有信心可以順利完成期末專題
- (8) 以我們小組解決問題的能力，我有信心可以排除製作專題時遭遇的困難

二、過去幾週的教學與實作活動之學習結果，你/妳覺得對自己日後完成小組專題設計的幫助度為何？(1 非常沒有幫助，10 非常有幫助)

- (1) W2：Arduino
- (2) W3：Search Algorithm
- (3) W4：車子組裝
- (4) W5：循跡 P control
- (5) W6：Project 說明
- (6) 課堂外的 open labs

三、過去幾週的上課模式中，你/妳覺得對自己日後完成小組專題設計的幫助度為何？

- (1) 小組工作紀錄簿
- (2) 課程助教
- (3) 課堂小組討論

四、請說說自己遇到的困難，還有給教學團隊一些建議吧！

- (1) 未來幾週期末專題製作的課程中，對於完成專題任務，我最擔心的是甚麼？我打算要如何面對或克服？
- (2) 未來幾週課程希望教學團隊繼續保持的做法有哪些？
- (3) 希望整體課程調整或改進的地方有哪些？

108-2《電資工程入門設計與實作》期末檢測

說明語：感謝過去這段時間你/妳在這門課程教與學活動的積極參與！為了協助

教學團隊日後持續提升此課程的教與學效能，煩請撥出幾分鐘時間填寫以下題目，謝謝！

1. 回顧「過去幾週期末專題製作過程」，你/妳的自我評估？（必答題）

（選擇題選項：1 為完全不同意，10 為完全同意）

- 1-1. 我認為我對自走車硬體的瞭解程度，幫助了團隊完成期末專題
- 1-2. 我認為我對 ARDUINO 的瞭解程度，幫助了團隊完成期末專題
- 1-3. 我認為我寫程式（c 或 python）的技能，幫助了團隊完成期末專題
- 1-4. 我能夠不依賴老師和助教的引導，靠自己學習與小組合作達成課程要求
- 1-5. 依據前半學期主題課程學到的知識技能，讓我願意盡力完成指定題的要求
- 1-6. 依據主題課程所學到的知識技能，讓我願意接受自選題的設計挑戰
- 1-7. 我們小組在期末專題製作期間的團隊合作表現良好
- 1-8. 我們小組在製作指定專題遭遇困難時，能夠自己排除來解決問題
- 1-9. 我們小組在製作自選專題遭遇困難時，能夠自己排除來解決問題
- 1-10. 整體來說，我滿意自己小組產出的指定專題成果
- 1-11. 整體來說，我滿意自己小組產出的自選專題成果
- 1-12. 在「自走尋寶計畫」小組分工中，我在「Arduino、車子硬體、python」這三個部分負責的比例各是(%)？

2. 檢視「整學期自己的學習過程」，你/妳的自我評估？（必答題）

- 2-1. 本課程主題單元內容的難易度適中
- 2-2. 本課程整體主題單元的學習份量適中
- 2-3. 我可以跟上本課程整學期的教與學進度
- 2-4. 我願意投入課堂外時間完成課程學習要求
- 2-5. 我滿意自己在本課程的專業學習成果
- 2-6. 我滿意自己在本課程的小組合作表現
- 2-7. 我實際每週在課堂外學習與本課程相關內容的平均時數是：_____小時
- 2-8. 本課程指定專題「自走尋寶計畫」的挑戰程度（1 沒有挑戰性，10 非常有挑戰性）

問答題：

- 2-9. 整學期課程學習中，個人遭遇到最大困難為何？是如何面對或處理的？
 - 2-10. 修完這門課程，我收穫最多的是甚麼？
- 3、學系日後再開設這門課程時，我想給的建議有哪些？（自由作答）
- （例如教學內容、教學團隊、課堂流程、作業評量、學習活動等等）