

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：PEE1090621

學門專案分類/Division：工程

執行期間/Funding Period：2020-08-01 ~ 2021-07-31

單晶片微處理機實務翻轉教學策略實踐研究
單晶片微處理機實務

計畫主持人(Principal Investigator)：楊榮林

共同主持人(Co-Principal Investigator)：

執行機構及系所(Institution/Department)：南臺科技大學/電子工程系

成果報告公開日期：統一於 2023 年 9 月 30 日公開

☐立即公開 ☒延後公開(統一於 2023 年 9 月 30 日公開)

繳交報告日期(Report Submission Date)：2021 年 8 月 3 日

一、研究動機與目的(Research Motive and Purpose)

聯合國教科文組織研究顯示，知識更新週期已從十八世紀的 80 至 90 年，大幅縮短至 21 世紀的 3 年週期，這意味著目前我們大部分的課程，可能都有不合時宜的疑慮，尤其在專業實務操作方面的課程應更為嚴重。因此，主持人大部分的實務操作課程皆沒有指定教科書，並非否定市面上教科書的實用性，而是實難找到單一課本能夠完全符合我們目前的教學需求。通常我們教學內容都必須使用多本課本的「部分內容」，乃至網路上各產品官網所提供的相關資料，因此常會有一整個學期下來單一課本使用篇幅過少的困擾，因此乾脆就不指定課本改由整理國內外相關教科書的內容，在輔以各產品官網所提供的設計及使用教學資源，將所整理好的相關資訊連結、文件、及影音資料上傳至學校的教學網站。

過去 40 年來半導體與微處理機技術的急速發展，使得多門電子相關科目的教學面臨極大挑戰，以本計畫所提的研究課程「單晶片微處理機實務」為例，單晶片微處理機(MCU)相關技術非常廣泛，也因為 MCU 應用市場廣大，知名的國內外微控制器公司少說 20 幾家，每家公司的產品從低階的 4 位元到高階的 32 位元又琳瑯滿目，國際知名的公司就有 NXP、Renesas、Microchip、Samsung、ST、Infineon、TI、Cypress、Silicon Laboratories、及 Toshiba 等，台灣生產 MCU 的廠家雖不若這些知名公司出貨量大，上市櫃公司也有合泰半導體、新唐科技、義隆電子、松翰科技、凌陽科技、十速科技、笙泉科技、九齊科技、佑華微電子、及遠翔科技等，若再加上大陸的公司那就更加眼花撩亂了。不管學校及相關教師如何的神通廣大，也不可能滿足所謂業界的各方需求，我們也只能盡力的幫學生篩選，在眾多 MCU 當中挑選出最大公約數，再藉由動手做的實務專題啟發學生自主學習習慣，及具備在工作場域上快速調整的適應能力。主持人依所觀察到的業界需求，從智慧物聯網(AIoT)相關的產業著手研究分析，挑選出了微控制器、微處理器、及物聯網等基礎實作技術，以整合運用為主軸設計了簡單的實作範例作為本次授課的教材內容。

「翻轉教室」授課方式依然是本計畫的重點，但是所採用的操作方式與之前的計畫大為不同，本計畫同時採用兩種不一樣的「翻轉教室」方式授課，第一種是依課程進度表每週上課進度錄製預習教材，主持人會要求學生上課前先看完錄製的翻轉教材，在課堂上僅做內容補充及問題討論，其餘課堂時間則讓學生討論及完成當週的實作作業，我們稱這一種翻轉方式為「預習翻轉」。在期中考後，主持人加入了第二種「翻轉教室」授課方式，一樣是要錄製影音教材但時間點是在每週課程結束後，教材內容並不是要讓學生預習用的基本專業知識，而是對學生在課堂上完成「課堂練習」及「作業問題」時的疑問，做詳細的剖析說明甚至重新設計簡易範例。不同於前面描述的「預習翻轉」授課方式，我們不會硬性要求學生一定得觀看這些「課後」錄製的影音教材，因為這些教材是專為協助學生完成「作業問題」的補救教材，如果學生經課堂上的討論後就擁有完成實作作業的能力，那看不看這些影片就不那麼重要了，我們稱這一種翻轉方式為「複習翻轉」。

二、文獻探討(Literature Review)

1. 翻轉教室創新嘗試

於 2007 年美國科羅拉多州一所高中 (Woodland Park High School) 的兩位化學老師喬納森·褒格曼 (Jonathan Bergmann) 與亞倫·薩姆斯 (Aaron Sams)，為了解決學生因曠課而進度落後的問題，便錄製了教學影片上傳到網路供學生下載閱覽，讓學生可以在家先完成單向教條式的基本知識預習後，在課堂上再與老師及同學互動討論影片中的教材內容，這樣子

的教學方式能讓學生有效的吸收基本知識，此後教學影片越來越頻繁的被分享至網路上，漸漸的過去只能從書本上吸收的基本知識，透過網路的傳播變成了人人都能輕鬆取得的網路自學教材，這應該就是翻轉教室(Flipped Classroom)概念的最早起源[1]。

無獨有偶的在 2010 年，另一位美國丹佛市高中數學老師 (Karl Fisch)，也將上課的教材內容錄製成影片上傳到 YouTube，並要求學生上課前必須要先上網觀看，在課堂上老師僅與學生討論作業與解題方法，學生在家觀看影片的過程中可隨時暫停或重播，影音教材的使用彈性使得學生能自主調整學習速度，用最適合自己理解能力的速度來吸收課程知識，不再因為在課堂上跟不上老師的教學速度而深感焦慮，這就是一個非常經典的「Classwork at home, homework in class」的翻轉方式，有人將這種將學校與家庭角色互換的教學方式稱之為 (The Fisch Flip)。

身處網路資訊爆炸 E 世代的學生們，手機及平板等行動裝置是再平常不過的資訊來源，網際網路突破時間空間限制的知識傳播，吸引力遠大於傳統單向教條式的學習方式，不言而喻學生早已厭倦課堂上單調的一言堂授課方式，若繼續在課堂上採用教條式的授課方式，學生的學習意願自然低落進而影響到學習成效。台大 MOOC 計畫(Massive Open Online Course)執行長葉丙成教授，曾在〈如何確保翻轉教學的成功？BTS 翻轉教學法〉文中提到「因為我們要訓練學生『主動求知』的習慣」[2]，所以我們需要尋找一種能夠有效提升學生學習意願的方法，而不再像過去在課堂上「聽老師說」回家「作業自己做」，而是把課程知識以影音的方式呈現供學生在家自學，學生再將自學過程產生的疑問帶到課堂上與同學及老師討論，課堂上老師再利用團體活動及問題解答的方式評量學生的自學成效，這樣的授課方式也是主持人近年來努力的方向。

2. 智慧物聯網應用的需求

以過去幾年微處理器市場的分析數據指出，近年來儘管 32 位元 MCU 性價比明顯優於 8 位元 MCU，然而 8 位元 MCU 依然佔有全球 3 成 5 以上的市佔率，市面上可供選擇的 8 位元 MCU 種類及數量皆不遜色於 32 位元 MCU。這主要是因為目前成熟量產的嵌入式產品大多屬於低階電器的應用，8 位元 MCU 不但有價格上的優勢，也因為已發展超過 30 年所以人才濟濟，加上低階電器產品所需要的是穩定控制能力，32 位元 MCU 的優異處理能力不但使不上力，還可能因為結構複雜及開發工具繁瑣而造成簡單設計的困擾，照這樣子的分析結果那我們是不是應該把主力放在 8 位元 MCU 的教學呢？

我們倒是有不同的解讀，35%的市場佔有率所指的是總銷售金額，那如果換算成 8 位元 MCU 的銷售數量，那應該超過 5 成以上產品所使用的 MCU 都是屬 8 位元等級，這樣的訊息應該是告訴那些 MCU 的生產廠商，8 位元 MCU 的「錢」景仍然看好，但這不等同於市場上需要更多 8 位元 MCU 的設計工程師。那 8 位元 MCU 設計應用能力還值不值得投資呢？我們詳閱了很多網路上的產業報導，加上過去 15 年教學體驗所看到各家各類 MCU 的興衰更替，我們目前能為學生做的最佳選擇就是要「會用」8 位元 MCU，更要「熟悉」32 位元 MCU 的開發，尤其是在智慧物聯網(AIoT)的系統應用上，這些高階的終端應用才是 32 位元 MCU 的主戰場。加上大數據、人工智慧(AI)、工業 4.0(Industry 4.0)等技術與應用快速發展，產業界需要大量的韌體工程師、嵌入式系統工程師、系統應用工程師、系統開發工程師、數位產品電子工程師等，應該會是以 32 位元 MCU 設計應用為大宗，當然「任務單純」的控制系統依然會是 8 位元 MCU 的天下，所以我們這次的課程教材將同時涵蓋 8 位元及 32 位元 MCU 的應用設計。

國內外主要 32 位元 MCU 供應商所使用的 CPU 核心大都為 ARM Cortex-M [4] 系列及 MIPS32 [5]，雖然近年來有新的開放源碼硬體選項 RISC-V [6]，但暫時還沒有殺手級產品可與 ARM 及 MIPS 抗衡。意法半導體是全球 MCU 領導廠商之一，旗下的 STM32 系列更是目前人氣最高的 ARM Cortex-M 系列 MCU，通常 Cortex-M0 低價位 STM32 MCU 都被用作 Arduino UNO/MEGA 設計商業

化的選擇，STM32 產品家族有超過 800 多款符合各種場域需求的 MCU，為簡化產品開發並縮短 MCU 產品上市的時間，STM32 提供強大的開發環境（IDE）系統，其中包括開發工具、中介軟體、函式庫、範例程式碼和評估板[7]。考量學生先備課程基礎及現有教學設備，我們選用目前廣泛用在教學場域的 Arduino 及樹梅派(Raspberry Pi)，搭配開源且合法免費使用的 Arduino 整合開發環境，在微處理器端物聯網應用程式的開發，則使用資料科學及人工智慧常用的學習平臺 JupyterLab[8]，方便將本課程所學的物聯網實作技術，銜接智慧物聯網的相關應用，本計畫設定的專業訓練目標是具備整合應用實作能力的工程師[9]，並非慣於使用 Arduino 及 Raspberry Pi 設計雛形的業餘自造者。

近年來 MQTT 已成為熱門機器對機器(M2M)物聯網(IoT)通訊協定選項之一，主要是因為它被設計成一種非常輕量的發布(publish)/訂閱(subscribe)訊息傳輸方式，相較於一般常見基於 HTTP 的 REST 協定來說，不論是開發的應用程式碼或是傳輸的資料封包都精簡許多，所以 MQTT 協定特別適用於較遠距離或網路頻寬不易取得的場域，例如太空站網路連結或是基地台架設困難的深海、蠻荒區域、及幅員遼闊的叢林裡。它也極為適合使用在穿戴式感測器與伺服端間的資訊傳輸，因為這類型感測器常常會以頻寬有限的撥接網路來達到低功耗的設計。另一個不同於 REST 協定連線應用的特點是，MQTT 允許客戶端與伺服端之間永遠保持連結，從而在客戶端和伺服端之間提供「近乎即時」的雙向通訊，該特性允許伺服端將訊息即時的推送到終端設備，使受控設備可以立刻回應客戶端所送出的命令，這些特性對於硬體資源受限的 MCU 而言，將是接通物聯網世界的最佳訊息傳遞選項[10][11]，因此我們把 MQTT 的基本介紹及程式開發加入此次的教材裡，主要是希望學生在期末的「微型專題」可以有更寬廣的發揮。

三、研究問題(Research Question)

少子化加上公私立大學數量過剩，形成招生來源嚴重不足的怪異現象，使得原有各級大專院校的入學門檻機制早已失靈，在這種時空背景下的大學生們，普遍缺乏學習熱情與動機，就連前段班的私立大專院校也不得不認真面對這個問題。同樣以面對不討喜課程的心態來剖析，早期的學生無論如何都會堅守不要被當的底線，然而現在的大學生根本就不在乎，而這種「冷漠放棄」學生的比例逐年增加，就現行的教育體制及不可能改變的生源結構看來，私立大學教師是時候面對現實並調整教學心態了。以前是擠破頭才進得了大學窄門的學生在「求學」，現在是為了生存為了落實教育工作者本份的教師在「求學」，絞盡腦汁想盡辦法「求」學生好好的「學」，這是本研究計畫的重要任務，主持人不但得精進授課科目的專業內容，更要學習如何有效掌控課堂上學生的學習氛圍。

本教學實踐研究計畫藉由解鎖以下的問題，探索提升學生學習動能的翻轉教室授課策略：

1. 挑選符合時宜的「單晶片微處理機實務」授課內容。
2. 設計具自主學習啟發的課堂活動。
3. 增加適性化的學習評量方式。
4. 運用學生反饋及教材使用狀況滾動調整教學方法與策略。

技職科技大學一般都是由過去的專科院校升格而來，在課程編排及設計不像一般傳統大學來的開放，因此學生在課程選擇上幾乎沒有彈性空間，主持人長年來觀察到一個普遍的現象，就是學生在修習大部分的課程總是缺乏「學習動機」，不論是必修或選修學生通常是被「排定」系所的表定修習課程，因而大部分學生所關心的是「作業多嗎？」「會不會當人？」而不是課程本身的實用性及專業知識的累積，當「動機」沒了自然就談不上學習成效，因此，雖

然曾經修過了很多的專業課程，常在修習專業實務應用課程時依然欠缺課程要求的先備知識，所以主持人在本計畫課程內容的篩選上，就考量到如何協助學生複習缺乏的先備知識，接著才將微控制器、微處理器、及物聯網等相關技術加入授課內容，課堂練習及作業的設計方式，是以最終整合應用微型專題為學習目標，反向推演出各專業實作技能所需的基礎知識。

主持人從網路上海量的相關資料，整理出合時宜的授課教材，並以過去在不同課程中所嘗試的「翻轉教室」教學法，取代呆板沉悶的傳統授課教學方式，讓學生找回學習的熱忱進而提升學習成效。不合時宜的授課內容除了無助於未來專業課程的銜接外，同時也會令學生厭惡授課教師的不思長進，處於萬物聯網及人工智慧廣泛應用的 E 世代，單一教科書或長年不更新的教學教材，顯然已不符合知識更新週期大幅縮短的需求，主持人藉由本教學實踐研究計畫選定新的授課內容，同時將部分內容錄製成翻轉教學影音教材。另一項迫切需要解決的問題，就是要扭轉學生對「學用落差」的偏頗刻板印象，本課程實踐研究除了「複習翻轉」還加入了「學有所用」的創新授課方式，將課堂所學專業知識以「微型專題」的方式分享於周遭的場域，激發學生的學習動機並有效提昇學習成效，讓學生藉由「被需要」的分享產生自我肯定，更因為認同所學的專業知識是有用的，進而反思自身的不足養成自我成長的學習態度。

多年的翻轉教室授課經驗，主持人發覺傳統的「翻轉教室」授課方法，對學生學習動機提升極為有限，通常會主動觀看翻轉教室影片的學生不到一成，在不同的班級狀況會有所差異，但也從沒遇過半數以上同學會課前預習的班級，然而「課前預習」是翻轉教室成功與否的重要步驟，少了它的翻轉教室授課是不可能有效提升學習動機。因此，設計具自主學習啟發的課堂活動自然成為本計畫的研究問題之一，搭配滾動式調整翻轉教室影音教材篩選，主持人希望從原有的翻轉教室上課方式，探索能有效激發學生自主學習的課堂活動，任何可以增加影音教材使用率的課堂活動設計，不論是課前或課後都是本計畫的研究目標，都會成為本研究計畫的重要成果。

如何設計適性化的學習評量方式也是本計畫規劃解決的問題，近年來學生的先備知識及學習能力落差擴大，這使得齊頭平等的考試評量學習成果方法，對於先備條件偏兩極化的學生失去了「學習意願」辨識功能，雖然主持人會在課堂中加入先備知識的複習，但也不可能短時間把這個差異縮小到，所有學生都可以接受同一份教材內容及教學進度的理想狀態，這也是本教學實踐研究探索求解的問題之一。本研究計畫所採用的解決方法，是在期中考加入補救教學的評量方式，希望藉由多一道的補救評量機制，把低學習成就學生框回課堂上參與學習活動，雖不能在短期間內提升學生學習成就，但可以有效減少冷漠放棄學習的學生。為鼓勵主動積極的學生持續深化所學，不要因為「正常」的教學進度而限縮大幅成長的可能，特別在期末考增加了「微型專題」選項，同時也希望藉由這個選項發掘具創意專題競賽潛力的學生。

四、研究設計與方法(Research Methodology)

單晶片微處理器(MCU)不僅是眾多電子產品裡的靈魂組件，更因為近年來 3D 列印及雷射切割等快速雛形化技術逐漸平價化，它更成為自造者(Maker)們最喜愛的「關鍵零組件」，因為有了 MCU 不論是自動化、網路化、抑是智慧化都變得更容易了。然而，MCU 相關技術內容非常廣泛，教材篩選必須與時俱進並與產業界的需求相呼應，以免灌輸學生過多用不上的知識。因此，本研究旨在藉由主持人於教學現場 15 年的教學經驗，探索近年來學生學習熱情與動機消逝的原因，並深入了解 MCU 相關產業人才缺口與近代 MCU 開發平台及工具，有助於「單晶片微處理器實務」教材篩選。同時參考國內外翻轉教室創新教學案例，除了近代 MCU 專業技能的更新外，同時能夠精進主持人本身的授課及班級經營技巧。

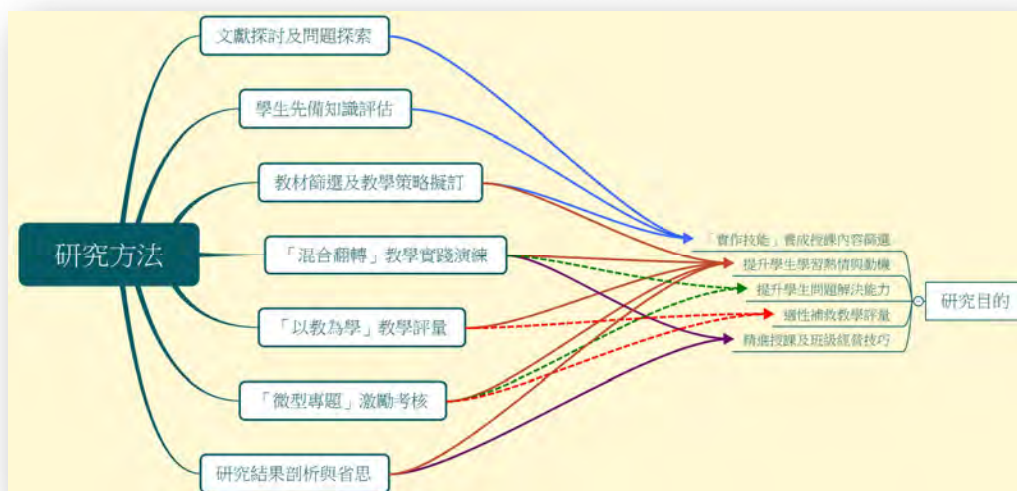
1. 研究對象及研究課程

本教學實踐課程的研究對象為電子系大二及大三學生，過去幾年因少子化的關係，本系招收學生入學成績落差明顯擴大，雖然學生同樣都來自強調動手實作的高工及高職，但是在專業背景程度上卻有相當大的差異，過去我們只需擔心學生在學理上的不足，然而現階段的學生在實作能力也已大不如前。這中間的原因當然不能完全歸咎於學生，因為電資學院相關科系的專業知識更替速度快，往往學校的教學內容跟不上產業界變化的人才需求，因而本研究計畫的教材內容乃至於授課方式都採「滾動式」調整，哪怕是同一門課不同上課班級的教學進度及方法都需要微調，而這些都是近年來主持人在教學現場所面對的挑戰。

過去 40 年來半導體與微處理機技術的急速發展，使得多門電子相關科目的教學面臨極大挑戰，以本計畫所提的研究課程「單晶片微處理機實務」為例，單晶片微處理機（MCU）相關技術非常廣泛，也因為 MCU 應用市場廣大，知名的國內外微控制器公司少說 20 幾家，每家公司的產品從低階的 4 位元到高階的 32 位元又琳瑯滿目。主持人依所觀察到的業界需求，從智慧物聯網(AIoT)相關的產業著手研究分析，挑選出了微控制器、微處理器、及物聯網等基礎實作技術，以整合運用為主軸設計了本次授課的教材內容。「單晶片微處理機實務」教材主題單元包含：C/Python 微控制器程式設計、現代單晶片微控制器(Arduino)、I2C 及 SPI 等常用界面、32 位元單晶片微處理機(Raspberry Pi)、物聯網(IoT)及 MQTT 應用等單元。影音教材包含各主題內容簡介、技術原理說明、及簡易實習示範，以整合基礎概念與實務操演的教學方式來強化學習成效，礙於篇幅受限附件一僅列出部分影音教材請參閱，表中附有 YouTube 影片連結 QR Code 供閱覽。

2. 研究方法及研究工具

為了能更有系統的實現主持人的創新教學理念，以下將本計畫的研究方法依研究動機及目的分成 7 個分項(圖一)，從文獻探討及問題探索、學生先備知識評估、教材篩選及教學策略擬訂、「混合翻轉」教學實踐演練、「以教為學」教學評量、「微型專題」激勵考核、乃至研究結果剖析與省思，依循這樣一個教學創新與精進的研究方法，逐步完成本計畫的研究目的：「實作技能」養成授課內容篩選、提升學生學習熱情與動機、提升學生問題解決能力、適性補救教學評量、及精進授課及班級經營技巧，進而訓練出具備 MCU 實務問題解決素養的學生。



圖一：「單晶片微處理器實務」教學創新研究方法及研究目的

本系於108年起便開始執行「新工程教育方法實驗與建構計畫」，為了有效觀察極為抽象的學生學習動機，採用美國歐林工學院所設計的「學習動機問卷」評量於課群之課程[12]，授課教師可以改變教學方式或加入實作、模擬示範等進行調查，了解學生之學習動機是否提升，每學期進行4次學習動機調查，將統計結果提供授課老師參考檢討授課策略。本教學實踐研究所選用的課程也屬於該課群課程之一，因此將這一份問卷列入本計畫的研究分析，為了更即時取得該問卷的結果，課程助教協助上助理完成該問卷的收集及整理，配合每一次的問卷結果及我們觀察到的課堂反應，我們可以更即時且有效率的調整教材內容、課堂活動、及授課方式，整個學期的4次問卷結果，各時間點授課策略調整對應學習動機指標有極為緊密的關聯性，「學習動機問卷」評量分析會在教學成果中詳細說明。

除了客觀且普遍被認為「較為科學」的問卷方式，本研究方法亦加入了「主觀即時」的隨機訪談，訪談方式依受訪對象分成兩種方式執行，首先是由主持人使用教學工具Zuvio，以類似樂透開獎有趣的方式隨機抽選訪談學生，藉此炒熱上課氣氛並降低被選中學生的心防，這隨機採樣受訪學生的方式並沒有任何的預設條件，訪談結果較有助於上課氛圍及授課方式的「滾動式」調整[13]。而另一種訪談方式則是煩請助教於課後輔導時，用比較輕鬆的聊天方式向學生們「打聽」上課狀況，這個訪談是對於被訪談的對象有一定的預設條件，綜合過去多年教學經驗顯示課後會主動尋求助教協助的學生，通常是屬於對課程內容較感興趣且具備基本自學能力的學生，這種學生的意見反應通常對教材的內容調整較有助益，最終當然是希望綜合這兩種訪談的結果，對實踐研究課程的授課方式及教材選用做即時的調整。

接下來是與之前計畫較為不同的部分，這一次計畫的執行我們增加了學生的自我學習成效評量，我們希望學生藉由完成「微型專題」的討論及團隊合作，乃至於前往國小現場展示專題成果所得到小學生們的「真實反應」，對自己的學習成效及學習歷程做自覺式的評量。我們之所以加入這一非傳統式的評量，主要是因為這次研究計畫中我們增加了一個很重要的元素，我們把它稱之為「被需要」的成就感，讓學生在藉由完成「微型專題」的過程中，能體驗到自身「學習成果」反饋的真實掌聲，我們認為學生在上完這一門課後，所獲得的不僅僅是「單晶片微處理機實務」的專業知識，同時學生亦會找回學習的樂趣及自學成長的動能，當然也希望我們的學生能體驗到付出的快樂。我們將本校原作為教師創新教學成效自評項目(圖二)，使用Google表單設計成「學習成效學生自評」問卷，用最簡單直覺的是/否來回應項次2到項次6的問題，同時列舉了本教學實踐計畫課程的教學特色讓學生複選，我們希望改由學生的集體回應取代教師個人的主觀認知。

1 ☐ 本課程具備之創新教學成效項目 ☐	
項次	創新教學成效項目
1	分享簡報明確說明創新教學理念、執行方式及成果。
2	可提升學生學習興趣。
3	可提升學生實作能力。
4	可提升學生解決問題能力。
5	可提升學生與不同領域團隊合作能力。
6	可提升學生自主學習能力。

請列舉本創新教學之特色或建議事項 ☐

圖二：教師教學創新成效自評

3. 混合翻轉教學方法

部分家長、學生、甚至老師對「翻轉教室」普遍有一種誤解，單純認為錄製教學影片放到網路上供學生下載就是「翻轉教室」，如果是這麼簡單的話，那翻轉教室的起源就應該更早了。其實翻轉教室的真諦並不在於影片或是其他的輔助教具，而是鼓勵學生進教室前先對課堂即將教授的知識有基本的了解，然後到課堂上來用問題解答或小組討論的方式，加深對預習知識的完整了解進而學會如何運用，所以錄製好的影片或許是現在最好的輔具，但卻不是實現「翻轉教室」理念的唯一選擇。其實如何成功運用「翻轉教室」的主角並不是上課的老師，老師基本上只須扮演稱職的配角引導學生養成自學習慣，真正要落實「翻轉教室」理念從中獲得學習成效的主角反倒是學生，經過「翻轉教室」洗禮的學生必須學會三件事：「課前預習」、「課堂練習」、及「課後複習」，這樣的翻轉教室才算完整。

本計劃同時採用兩種不一樣的「翻轉教室」方式授課，第一種是依照課程進度表每週的上課內容錄製預習教材，主持人會要求學生上課前先看錄製的翻轉教材，在課堂上僅做內容補充及問題討論，其餘課堂時間則讓學生分組討論及完成當週的實作作業，主持人會用額外加分的方式鼓勵學生盡可能在課堂上完成作業，如此不但能夠減少作業抄襲的情況，又可大大減輕學生課後繁重的作業負擔，這樣的教學方式在主持人近年來的一些課程上已有不錯的成效，主要是讓積極學習準時完成作業的學生比例大為提升，當然還是無法完全杜絕伺機抄襲的學生，不過此消彼長的明顯轉變是支持我們持續堅持的最大原動力，我們稱這一種翻轉方式為「預習翻轉」。

主持人在期中考後嘗試第二種翻轉方式授課，一樣是要錄製影音教材但時間點是在每週課程結束後，錄製的教材並不是要讓學生預習用的基本專業知識，而是針對學生在課堂上討論「作業問題」時所提出的疑問，做詳細的剖析說明甚至重新設計簡易範例。不同於前面描述的「預習翻轉」授課方式，我們不會硬性要求學生一定得觀看這些「課後錄製」的影音教材，因為這些教材是專為協助學生完成「作業問題」的補救教材，如果學生經課堂上的討論後就擁有完成實作作業的能力，那看不看這些影片就不那麼重要了，我們稱這一種翻轉方式為「複習翻轉」。

4. 學習成效評估

學期成績應該算是學習成效評估最常被使用的工具之一，探討成績考核方式當然得先從考核的目的談起，學期成績考核的方式或者方法僅是手段而非目的，在這個計劃中我們設計的考核方式主要是希望從學生身上，了解我們為這門課所做的改變是否有引起學生的共鳴，也就是說學生的學習動機及意願有沒有因此而提升。主持人也跟風一下 12 年國教 108 年新課綱的訴求，我們所要考核的不是學生 C/Python 程式語言變厲害了沒？Arduino 開發環境有沒有用到滾瓜爛熟？會不會使用 MQTT 的函式庫來寫物聯網應用程式？等純技術性的問題，主持人比較感興趣的是，上了一學期「單晶片微處理機實務」的學生，是否具備有利用 MCU 解決實務問題的素養？比如說學生要有能力分辨 MCU 可以解決的問題領域，一旦確認了 MCU 是一種可行的解決方案，更要有能力剖析所需的基本 MCU 技術，經由資料的蒐尋及研讀補足所缺的技能，並找出適當的 MCU 及開發工具著手解決問題，也就是希望學生在 MCU 的應用領域能擁有自學成長的能力。

在操作面上的做法，主持人將成績考核項目分成三個部分：課堂練習及作業、上機實作考試/補救教學評量、微型專題。平時成績是由不定期的隨堂測驗及每週「課堂練習及作業」所組成，隨堂測驗主要是用來調整學生的上課情緒，當主持人發覺上課學生開始失去專注，比如說滑手機或做其他與本課程無關的事情，主持人即會臨時使用 Zuvio 工具進行互動式的隨堂測驗，藉此喚回學生的專注力並提升課堂參與度，因此隨堂測驗的題目大多與當時上課的內容有關且容易應答，學生作答內容的正確性並不是主持人主要的考量，反倒可以利用

答對答錯的比例即興借題發揮，將大部分學生的思緒拉回課堂上，而這才是主持人隨堂測驗的主要目的。

期中及期末考試都是依上課教材、課堂練習、及作業問題，設計「帶回家做」及「課堂開卷」的實作考題，對於能準時完成每週課堂練習及作業的學生，通常都可順利通過我們的實作考試。上機實作考題是依課堂反應及作業繳交狀況，為大多數學生設計的常規評量方式，這也是一般課程唯一的成績評量方法，如果整班的基礎知識及先備條件相仿，這樣的評量方式是最簡單且公平的方法。但我們觀察到近年來學生的先備條件差異頗大，同一份實作考試有些學生可以輕鬆完成大部分的題目，有些學生卻是一題都做不出來，這使得原本最簡單的單一考試方法，對於先備條件偏兩極化的學生失去了「學習意願」辨識功能，因此我們特別設計了「以教為學」的補救教學評量，給仍然保有學習意願的低學習成就學生補救機會。

在學期末的評量中加入「實務專題」選項，藉此激發學生的學習動機及深化所學，是本研究計畫的另一項研究目的，主持人希望利用專題實現讓學生找回「被需要」的感覺，藉由實務專題受惠者的正面反饋讓學生重拾學習的樂趣。解決企業面臨的問題無疑是最好的「實務專題」選項，但這種規模的題目實在不適合用在單一課程專題，所以主持人將實務專題縮小成「微型專題」，將企業命題降解成有需要的人和族群命題，那這樣在一門課的操作上會比較容易實現。主持人藉由評估上課學生的先備知識及專業基礎，訂定出 2 至 3 週內可以完成的專題規模，接著便尋訪有需要的人和族群，目前我們主要還是以公益或善盡大學社會責任為目的來尋訪對象。

五、教學暨研究成果(Teaching and Research Outcomes)

本教學實踐研究成果分成兩個部分來說明，首先會分享我們在教學創新實踐研究上的做法，包括主持人如何篩選授課內容及教材設計，接著完整陳述混合翻轉教室授課概念，最後再說明「自適性」學習評量導入的必要性。除了完整的創新教學做法實踐，主持人也利用學習動機問卷、學習成效學生自評、及影音教材使用狀況等工具，對上課學生的學習狀況做分析對比，希望藉由分析的結果反饋調整未來的教學方法，同時主持人也希望反思自省過去多年來在翻轉教室上的努力成果。

1. 授課內容篩選及教材設計

觀察近年來業界對微處理機實務應用人才需求，並參考熟識的相關工程師及系友們的建議，智慧物聯網(AIoT)相關應用的軟硬體設計工程師，應該是本研究課程最接近的學習目標，為了讓課程的內容不至於太過鬆散，我們將目標先鎖定在物聯網(IoT)工程技術養成，但為本研究課程所選用的教學內容及平臺，也考量到日後人工智慧(AI)應用的銜接。因此我們就以微控制器、微處理器、及物聯網整合應用技術，來篩選設計微處理機實務應用「實作技能」養成的授課內容，使用的教材則採用「作業問題導向」的設計，希望藉由作業問題刺激學生學習，當學生在作業解題遭受挫折時，在以「複習翻轉」教材協助學生突破困境，藉由每週的問題探索及求解，累積物聯網工程技術「整合應用」所須的專業知識。

本計畫主要的研究成果之一，就是完成錄製「預習翻轉」及「複習翻轉」教室教學影片，提供學生最舒適的方式自主學習，藉此大幅降低課堂上因學習能力落差，所造成的低落學習意願及學習成效。本計畫所完成的翻轉教室教材，共計 24 個單元(影片)約莫 9 個小時，依單元主題可細分成：Python 程式設計(單元 1~6、8、9、11~14)、微控制器 GPIO (單元 7、10)、微處理器通訊介面(單元 15~20)、物聯網通訊協定(單元 21、22)、期末上機考複習(單元 23)、期末微型專題(單元 24)等。

2. 混合翻轉教室授課方法實踐

本研究課程混搭「做中學」及「翻轉教室」的授課方式，鼓勵同儕間相互學習及團隊間的良性競合學習，激發學生的學習動機並有效提昇學習成效。課堂授課利用每週單元主題設計的課堂練習，引導學生經由「做中學」了解單元主題的專業知識，翻轉教室的部分就稍微複雜了點，我們依然會錄製課前「預習翻轉」教材，因考量學生大都沒有課前自主學習的習慣，課堂上進行翻轉活動前必須面授當週的單元主題，我們會適時的穿插「預覽」預習翻轉的影片，但不會在課堂上播放完整的「預習翻轉」影片，預覽的目的是讓學生知道目前所有的上課內容都有對應的影音教材。也因為無法避免課堂面對面授課的窘境，我們通常無法在課堂上完成翻轉教室的目標，因此我們有了「複習翻轉」的想法並在本課程嘗試實踐，這是一種預習翻轉、課堂授課、及複習翻轉的混搭授課方式，我們稱之為混合翻轉教室授課方法。

「預習翻轉」可視作是傳統的翻轉教室，「面對面」課堂授課就是常規的教學活動，那什麼是「複習翻轉」呢？「複習翻轉」取名因為這活動是發生在下課後，在課堂授課期間我們會利用至少一堂課的時間，協助學生在課堂上完成課堂練習，同時詳細說明作業問題及解題思路。課堂練習其實就是給答案的作業問題，希望這些動手做的練習題，能讓學生充分掌握當週主題所要傳達的知識點，有了這些練習題的解題方法提示及指引，通常會有一小部分的同學，可順利在課堂上完成其餘作業問題。課後主持人會在印象還極為清晰的情況下，利用課堂上觀察到的上課狀況、學生提問、及助教回饋作為素材，設計複習翻轉影音教材脚本，這個課後錄製的影片目的在協助學生完成作業，複習翻轉的概念類似是自適應學習(Adaptive Learning)的輔助教學法[14]，但因為時間較為緊迫無法針對個人做調整，只能夠以整個班級所觀察到的最大公約數，來設計錄製複習翻轉影音教材。

3. 適性化的『學習評量』調整

一直以來主持人教授的專業實務課程的期中考及期末考，都採上機考試方式評量學生學習成效，不論是「帶回家做(Take Home Exams)」及「課堂開卷(Open Book Exams)」的實作考題，都是以課堂練習及作業問題所乘載的知識點設計開發，對於能準時完成每週課堂練習及作業的同學，通常都可順利通過我們的實作考試，如果整班的基礎知識及先備條件相仿，這樣的評量方式是最簡單且公平的方法。但我們觀察到近年來學生的先備條件差異頗大，同一份實作考試有些同學可以輕鬆完成大部分的題目，有些同學卻是一題都做不出來，這使得原本最簡單的單一考試方法，對於先備條件偏兩極化的學生失去了「學習意願」辨識功能。因此，本計畫設計了「以教為學」的補救教學評量，給仍然保有學習意願的低學習成就學生補救機會，我們設計的方法非常簡單，就是把實作考試的完整答案給這些學生研讀，然後再由學生把同學當觀眾錄製教學影片，我們再由這些教學影片分析評估，學生是否掌握了我們設計在題目中的專業知識。主要就是希望藉由多一道的補救評量，把這些低學習成就學生框回課堂上參與學習活動，「以教為學」的補救教學雖不能在短期間內提升學生學習成就，但可以有效減少冷漠放棄學習的學生。

本教學實踐課程在期末考增加了「微型專題」的選項，鼓勵主動積極且專業知識扎實的學生，藉由「有用的」實務專題深化所學，那什麼又是有用的實務專題呢？解決企業面臨的問題無疑是最好的選項，但這種規模的題目實在不適合用在單一課程專題，主持人將實務專題規模縮小成「微型專題」，並引用風靡全球的孩童創意行動(Design For Change, DFC)挑戰的4個步驟：感受(Feel)、想像(Imagine)、實踐(Do)、及分享(Share)[15]，讓學生活用課程所學的專業知識解決生活周遭的問題，那這樣在一門課的操作上會比較容易實現。藉由評估上課學生的先備知識及專業基礎，主持人訂定出四周內可完成的專題規模，並以公益或善盡大學社會責任為目的來設計專題題目。

本教學實踐課程結束後，我們採用問卷及訪談的方式檢視學生對新教材及上課方式的反

應，問卷的部分是採用本校原有的「教學成效問卷」，這份問卷是本校行之有年的教學卓越計畫的教學成效分析工具，極具指標性且曾被列為教師評鑑重點項目之一。因只有在期中及期末做問卷的收集，對於期中滾動式授課方式及教材選用調整不夠即時，但依然可用做觀察學生對本課程的「觀感」指標，系上教師常把它視作是學生「滿意度」調查，雖然與學生的學習動機與成效評估關聯性不大，但從(圖三)問卷結果顯示的 4.3294 分數及學生課程感想回應，至少我們可以確定學生是喜歡進我們的課堂上課，這也是本計畫執行成效的重要指標之一，同時也可以用作與另外一份學習動機問卷的「內在學習動機」做對比分析。

選擇年度學期 109學年(上)期末問卷									
列印課程問卷成績									
全校總平均	4.0694	系所平均	4.0161	個人總平均	4.2108				
課程代碼	課程名稱	開課班級	問卷分數	課程平均	不及格率	修課人數	實際填答人數	有效填答人數	評估
30D1CI01	智慧電子應用設計專題	四技晶片四甲	4.4286	3.83	--	7	7	7	Y
30D1DW01	進階程式設計實務	四技電子二甲	4.1000	2.54	16.00%	58	53	46	Y
30D1DY01	單晶片微處理機實務	四技電子二丁	4.3294	3.75	2.56%	43	38	34	Y
Z6D00Y01	系統軟體整合設計	工學X學程三	4.2000	3.03	5.88%	18	15	15	Y

20. 這學期課程感想

雖然課程相對較難，但老師還是想辦法用我們可以理解的方式教學

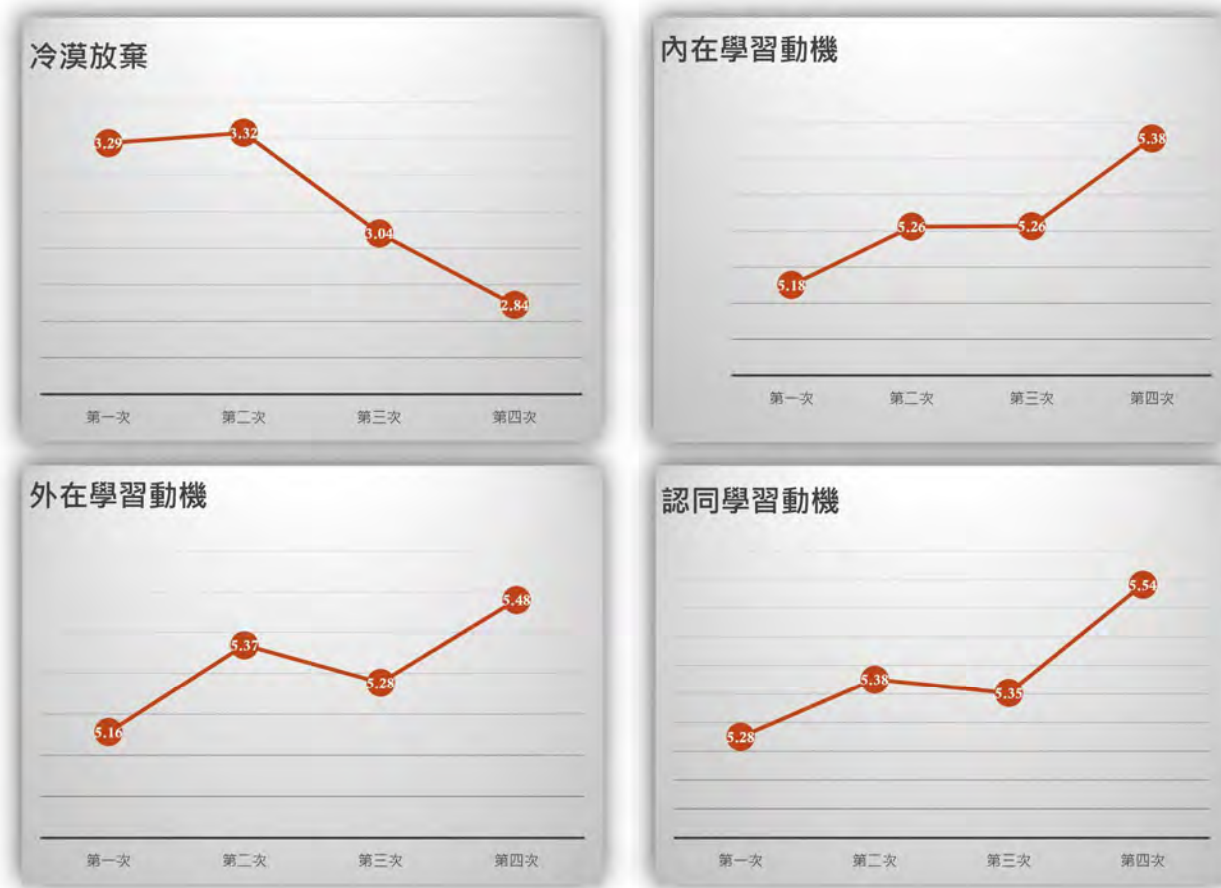
老師有特別錄影片

圖三：109 學年(上) 期末教學成效問卷

4. 新工程教育學習動機問卷統計分析

本計畫所使用的另一份學習動機問卷，是本系執行「新工程教育方法實驗與建構計畫」所使用的學生學習動機評量工具，每學期 4 次的問卷收集經統計分析後，計畫助理會提供授課教師 4 個參考指標：冷漠放棄、內在學習動機、外在學習動機、及認同學習動機(圖四)，用做教學成效評估及授課策略檢討調整，該問卷有 16 道問題採 7 分制，分數越高代表题目的描述與實際情形吻合度越高。問題 1、5、9、13 屬於內在學習動機，該指標詮釋學生源自真心喜愛所參與的課程，問題 2、6、10、14 屬於認同學習動機，表示學生理解並認同課程活動的重要性，問題 3、7、11、15 屬於外在學習動機，呈現的是學生因課程規定或同儕壓力而被動配合，問題 4、8、12、16 屬於冷漠放棄，可用來觀察學習動機消極學生族群的消長，詳細的問卷結果請參考附件二。

「冷漠放棄」及「內在學習動機」指標與本計畫的研究重點較直接相關，以下就以這兩個指標來說明分析，教學方法滾動調整對應課堂上學習動能的轉變，學期初因為同學對課程內容不甚了解，且課堂上的活動及作業大多屬於先備知識的複習，大部份學生皆能輕鬆應付課堂練習及作業，因而學生參與課堂活動的情況顯的較為平淡。到了第四週複習階段結束後，開始加入軟硬體協同設計的實驗設備，有了軟硬體互動的課堂練習及作業加持，課堂上要解決的作業問題也變得更為有趣，當然學生要解決的問題困難度也逐漸提升，課堂上與同儕討論及參與混合翻轉教室活動的同學明顯增加。



圖四：「單晶片微處理機實」學習動機問卷統計

「內在學習動機」所呈現的趨勢與「外在學習動機」及「認同學習動機」相仿，且「內在學習動機」與本研究計畫要觀察的課堂學習動能轉變關聯性高，因此採用這參考指標來說明本教學實踐成果。「內在學習動機」可分成兩個區段來分析，在前半學期內在學習動機呈現緩緩上升的趨勢，也就是學生進到課堂上學習讓他覺得愉悅有趣，這部分應該是歸功於所使用的「翻轉教室」影音教材。本校同時提供課堂授課及教學影音教材的課程並不多，一來感覺新奇同時又可自行安排自主學習時間，加上這個先備知識複習階段的作業難度低，學生較容易累積學習成就，也就推升了學生樂於進入課堂上課的「內在學習動機」指標。當每週課程主題的專業知識加深加廣後，課堂練習及作業問題的困難度也漸漸提升，我們發覺已有部分學生無法獨立完成作業問題，直接放棄作業繳交的學生也開始增加，雖然學生還是會參與課堂活動並完成課堂練習，但這過程似乎不再像之前那麼輕鬆愉快，從內在學習動機指標可觀察到，大概在第四週開始推升該指標的動能不見了，因為無法如期完成作業問題讓學生開始懷疑自身的學習能力。

期中考後進入第二階段的授課方法調整，首先是參考學生作業繳交狀況及期中考的表現，把有能力完成課堂練習及作業問題的學生，與作業完成度較低的學生交叉編組，希望藉由同儕相互學習減少作業問題帶來的壓力。因前半學期用掉了四周的時間複習先備知識，後半學期每週的單元主題就顯得過於沉重，只得把部分單元主題的專業知識移除，重新調整每週的教學進度，「複習翻轉」教材也從這個階段開始加入課程的翻轉教室活動。同儕相互學習、教學進度放緩、及「複習翻轉」影音教材的多管齊發，學生又開始從完成更複雜的課堂練習及

作業找回學習樂趣，不論是內外學習動機或是認同學習動機都開始恢復往上推升的動能，而且我們觀察到這第二波的推升幅度，明顯高於一開始接觸翻轉教室的新鮮感，這也呼應了本計畫提出「複習翻轉」教室調整的必要性。「預習翻轉」及「複習翻轉」都是翻轉教室用的影音教材，但對於參與此次教學實踐研究的本系學生而言，針對作業求解困境提供解題協助說明的「複習翻轉」教材，比較像是自適應學習的輔助學習工具，對於學生學習成就的堆積大有幫助，因此它所帶來的學習動能提升也相對顯著。

5. 創新教學學習成效學生自評分析

多年的教學及班級導師課堂經營經驗，主持人發覺現在的學生直白且不做作，過去那種老師有絕對權威的思維早已不復存在，自去年的計劃我們就設計了一份簡單的學習成效自評表，在期末考週利用 Google 表單讓學生用一週的時間幫忙填寫，主持人誠懇的拜託學生協助完成學習成效自評，並告知學生這份學習成效自評的結果，對主持人未來的教學內容及方法調整影響甚鉅，詳細學習成效自評 Google 表單請參閱附件三。學習成效自評問題設計的來源，是本校教師創新教學學習成效檢核建議表，旨在讓申請教學創新的教師在學期末檢視自省採用的教學方法及策略，這些問題同樣是主持人在上完每一堂課後想要了解的訊息，但若是僅依授課教師的個人感覺來評定全班的表現，主持人覺得結果一定會有所偏頗，反之如果由每一位同學來回答這些問題，那它所呈現出來的認可及不認可的比例，應該更能反應出授課教師的真實教學成效。

一直以來主持人並不認為課堂的學習成就等同於學習成效，如果單以學生在課堂上的成績表現來評估學習成效，那根本不需要再做這麼多教學實踐研究了。學生在成績上的表現確實可作為學習成效的評估依據之一，但這部分與學生本身的學習能力關聯性較大，如果要用來評估教學方法及策略是否影響學習成效，那我們要考慮的應該是學生各方能力進步的幅度，這個部分其實非常的抽象，所以我們需要學生們的幫忙，讓每一位學生自己評定自己在各能力表現上是否提升，應該對分析教學方法及策略是否影響學習成效更為明確。圖五是去年及今年同一學期所做的「學習成效學生自評」對照表，108 學年第 2 學期分析結果，對於學習興趣、實作能力、解決問題能力、團隊合作能力、及自主學習能力，都有 3/4 左右的「大部分」學生認同自身的成長，這結果與主持人及兩位助教，整學期對教學實踐研究班級的觀察極為吻合。

創新教學成效『學生自評』 (109-2 vs. 108-2)	40份 學生自評		42份 學生自評		是(認同增加)
	是 (108-2)	否 (108-2)	是 (109-2)	否 (109-2)	109 vs. 108
1. 此課程是否有提升你的學習興趣?	80%	20%	86%	14%	6%
2. 此課程是否有提升你的實作能力?	85%	15%	93%	7%	8%
3. 此課程是否有提升你解決問題的能力?	75%	25%	95%	5%	20%
4. 此課程是否有提升你和不同領域團隊的合作能力?	73%	27%	86%	14%	13%
5. 此課程是否有提升你自主學習能力?	75%	25%	88%	12%	13%

圖五：學習成效學生自評對照表

在 109 學年第 2 學期我們也在同樣的課程，懇請學生協助完成這份學習成效自評，今年這份自評表的各個項目學生認同度明顯優於去年同期，其實在取得該份 Google 表單統計之前，主持人和 2 位助教也都預期會有所成長，今年上課的學生不論是在課堂活動參與、作業

繳交、或期末微型專題的完成度都優於去年學長的表現，不過成長的幅度倒是出乎我們的意料。42 位填寫自評表中有 40 位同學，都一致認同自己在問題解決能力有所成長，這無疑是對今年教學實踐研究最大的鼓舞，我們今年所採用的策略就是利用每週大大小小的作業問題，刺激學生搭配課堂練習啟動學習模式，當學生解題作業遭受困難挫折時，我們再輔以「複習翻轉」影音教材，在課後協助學生順利突破解題的困境。除了考試前一週及考試週外，學生每週都在面對作業問題的挑戰，加上期中考後的作業問題規模大都不容易獨立完成，學生也就慢慢的習慣同儕互助，並從課堂練習及複習翻轉教材中找尋解題線索，如此周而復始的問題解決流程持續一整個學期，學生在問題解決能力、團隊合作能力、及自主學習能力皆有所成長也就變得理所當然了。

6. 翻轉教室影音教材觀看時間/類型統計分析

從 2017 年主持人就開始嘗試「翻轉教室」教材錄製及授課，截至 109 年第二學期累積有 230 部以上的教學影片上傳至 YouTube，涵蓋介面技術設計、進階程式設計實務、單晶片微處理機實務、數位系統設計實務、數位邏輯實習、微控制器基礎實務、與計算機程式及實習等專業課程。為了方便觀察統計分析這些教材的使用狀況，主持人暫時將所有上傳的教材設為私有，應該只有上課的學生能從本校的教學平台取得連結，圖六是撰寫本報告時所取得的 YouTube 統計資料，這段期間共有 16,928 次點閱率及 1412 小時觀看時數，這些統計數字對主持人而言是一個強烈的鼓舞訊息，主持人所錄製的翻轉教室影音教材是有學生在看的，我們所花的時間並沒有白費。



圖六：翻轉教室影音教材觀看時間統計

其實這麼多年來花時間在這些教材的錄製，常常也會有同事及朋友善意規勸不要浪費時間，因為為數不少的老師普遍認為現在的學生學習動機低落，根本不會花時間看書學習，翹課都已經成為學生的日常，怎麼可能在上課前「抽空」觀看教學影片。3年多來的翻轉教室授

課經驗，其實主持人也發覺傳統的翻轉教室授課方法，對提升學生的學習動機確實沒有明顯的幫助，因為翻轉教室成功的要素之一就是「課前預習」，學生必須完成課前預習在課堂上才能進行翻轉。要求我們的學生課前自主學習確實是一種奢求，所以主持人就反求諸己調整改變，相較於面對面的授課影音教材依然有其優勢，我們並不打算放棄影音教材的錄製，而是改變教材內容的選擇及使用時機，這也是本教學實踐研究計畫所提出的混合翻轉教學策略。

為了進一步了解學生對「翻轉教室」影音教材使用情形，主持人篩選出前 15 名高點閱率的影片閱覽分析(圖七)，發覺其中有 14 部影片與作業問題說明、解題思路、及工具使用相關，這些高點閱率教學影片與本教學研究計畫「複習翻轉」取材內容相仿，這也說明了在我們還沒有進行本研究的觀察前，其實學生早就藉由這些影片的使用，間接釋放出學生們的真正需求，再次說明「複習翻轉」影音教材調整，確實能有效提升學生在課堂上的學習動能。觀看時數統計讓主持人知道所錄製的教材確實有觀眾，觀看類型閱覽分析讓主持人了解學生真正的需求，這兩個極為明確的訊息將成為主持人未來教學方法及教材錄製調整的重要依據，主持人會參考本教學實踐研究結果，調整未來的教學策略及影音教材的設計，希望能繼續產出真正能夠協助學生學習成長的教材。

影片	觀看次數	觀看時間 (小時)
☐ 總計	16,928	1,412.8
☐ Xilinx ISE 設計合成工具簡介及操作示範	479 2.8%	33.9 2.4%
☐ ISE基礎教學 Zedboard 基本操作篇	360 2.1%	22.8 1.6%
☐ Creating Xilinx ISE Schematic Symbols	340 2.0%	25.3 1.8%
☐ Verilog Test Fixture Using for loop	339 2.0%	26.4 1.9%
☐ Xilinx ISE Meets Zedboard	314 1.9%	39.6 2.8%
☐ Gate Level Modeling Part I	314 1.9%	14.0 1.0%
☐ 第2週 課堂實習操作展示 - Xilinx ISE Symbols	312 1.8%	26.7 1.9%
☐ 第6週 課堂實習操作展示 More about MUX, DECODER, and ENCODER	312 1.8%	16.5 1.2%
☐ 組合邏輯 LAB - 半加器及全加器	310 1.8%	23.0 1.6%
☐ Mux2 on Zedboard	304 1.8%	31.3 2.2%
☐ Verilog簡介Comparator範例	292 1.7%	27.9 2.0%
☐ 數位邏輯實習 (02) - Xilinx ISE 使用簡介	288 1.7%	23.2 1.6%
☐ bitwise operator及ripple carry加法器	275 1.6%	19.4 1.4%
☐ 第4週 課堂實習操作展示 - Structure Level Full Adder 操作	271 1.6%	21.8 1.5%
☐ 第5週 課堂實習操作展示 - Multiplexer (MUX)	238 1.4%	13.4 1.0%

圖七：前 15 名高點閱率的影片統計

7. 教師教學反思

這是我們第 2 年的教學實踐研究計畫，對教學實踐研究計畫有更深一層的了解，去年的計劃分享中看到很多老師，羅列出優秀學生的學習成果及參賽表現，主持人曾一度懷疑自己是不是走錯了方向，為何學生參與我們課堂活動的狀況明顯活絡，卻依然無法訓練出表現極為突出的學生，是因為我們的努力不夠嗎？還是因為我們的學生程度平平呢？經過了新的 1 年的教學實踐研究後，我們不僅漸漸的釋懷，也更真切地了解到教學實踐研究計畫的真諦，所有參與計畫的教師是在不同的教育場域，找尋適合各自學校學生的學習方法，學生歷經一門課程的學習成就高低，不應該是唯一的研究成果參考指標，反之應該以學生進步的幅度作為評量依據，方能確實了解所採用的教學方法是否有效，所使用的教學教材是否被學生認同，

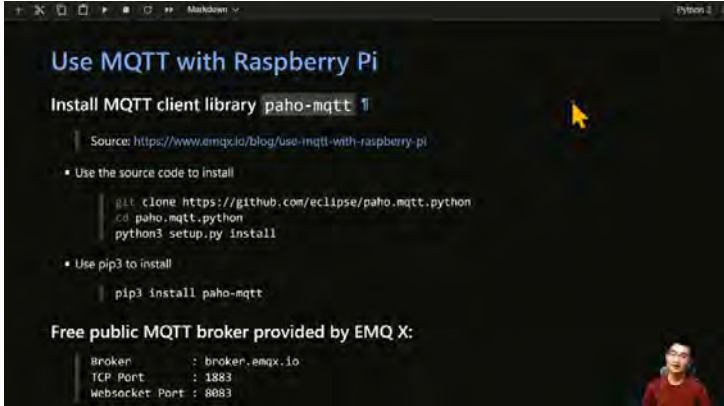
課堂上的教學活動是否提振了課堂學習風氣，我想這些無法攻佔報紙版面的訊息，才是反饋給參與教學研究教師最有效的教學策略調整指引。

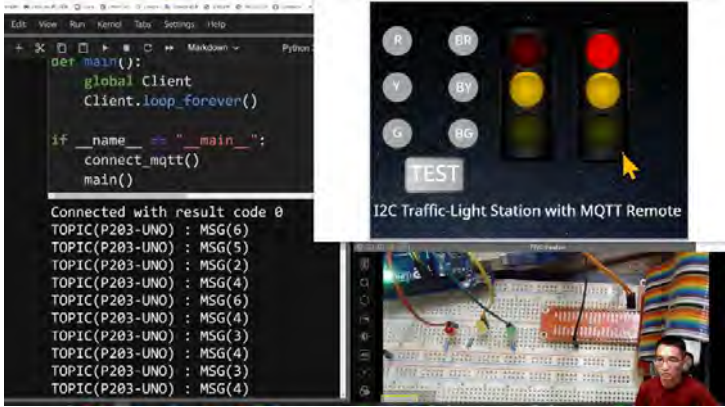
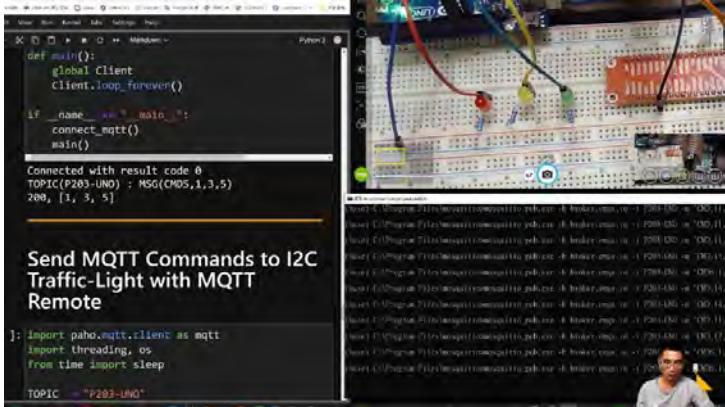
六、參考文獻(References)

- [1] Ozdamli, Fezile & Aşıksoy, Gülsüm. (2016). Flipped Classroom Approach. World Journal on Educational Technology. 8. 98. 10.18844/wjet.v8i2.640.
- [2] 葉丙成 (2015)。為未來而教—葉丙成的 BTS 教育新思維。台北：天下雜誌。
- [3] ARM Cortex-M official website. 檢自：<https://www.arm.com/products/silicon-ip-cpu>
- [4] STM32 32-bit ARM Cortex MCUs. 檢自：<https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32-32-bit-arm-cortex-mcus.html>
- [5] RISC-V official website. 檢自：<https://riscv.org/>
- [6] STM32 core support for Arduino. 檢自：<https://github.com/stm32duino/wiki/wiki>
- [7] Arduino official website. 檢自：<https://www.arduino.cc/>
- [8] Project Jupyter website. 檢自：<https://jupyter.org/index.html>
- [9] Bolanakis, Dimosthenis & Rachioti, Aikaterini & Glavas, E.. (2017). Nowadays Trends in Microcontroller Education: Do we Educate Engineers or Electronic Hobbyists? Recommendation on a Multi-platform Method and System for Lab Training Activities. 10.1109/EDUCON.2017.7942826.
- [10] T. Yokotani and Y. Sasaki, "Comparison with HTTP and MQTT on required network resources for IoT," 2016 International Conference on Control, Electronics, Renewable Energy and Communications (ICCEREC), Bandung, 2016, pp. 1-6.
- [11] Grasso, Antonio. (2016). MQTT vs HTTP; what is the best protocol for IoT. 10.13140/RG.2.2.19424.89603.
- [12] Guay, F., R. J. Vallerand, and C. Blanchard, On the Assessment of Situational Intrinsic and Extrinsic Motivation: The Situational Motivation Scale (SIMS). Motivation and Emotion 24 3 175-213 (2000).
- [13] 謝東佑 (2021)。透過即時反饋系統提升學習興趣與成效之實踐研究：以電機系大學部課程為例。教學實踐研究，1(1)，1-23。doi:10.7007/JSoTL.202103_1(1).0002
- [14] Dr. Gérard Poitras, Eric Poitras. (2011) A cognitive apprenticeship approach to engineering education: the role of learning styles. Engineering Education 6:1, pages 62-72.
- [15] Design for Change. 檢自：<https://dfcworld.org/SITE>

七、附件(Appendix)

附件一：複習翻轉影音教材 (單元 19 ~ 24)

19.	Raspberry Pi / Arduino I2C 資料讀取程式設計  <pre>Homework 01 Sample Code Raspberry Pi Python • Request the Arduino-UNO to evaluate sum(.): Send [1, n-bytes random numbers] • Receive the result from the Arduino-UNO: Receive 1-byte data [7]: import smbus2 as smbus from time import sleep from random import randrange, random # Arduino-UNO's I2C address I2C_ADDR = 11 # RPi's PORT 1 I2C interface PORT = 1 I2C = smbus.SMBus(PORT) def sum_rand(n): global I2C rn = [randrange(1,10) for i in range(n)]</pre>	 (22 分鐘)
20.	Raspberry Pi / Arduino I2C 資料讀取程式設計實驗  <pre>I2C_ADDR = 11 # RPi's PORT 1 I2C interface PORT = 1 I2C = smbus.SMBus(PORT) # Assign the corresponding length to each command cmds = [12345, 7777] def recv_bytes(cmd): global I2C, cmds n = cmds[cmd] if cmd in cmds.keys() else cmd recv = I2C.read_i2c_block_data(I2C_ADDR, cmd, n) print("received : {recv}") sleep(0.5) if __name__ == '__main__': recv_bytes(123) # command 123 recv_bytes(777) # command 77 recv_bytes(10) # request 10-bytes data # Output # received : [54, 38, 73, 18, 88] received : [74, 64, 30] received : [35, 17]</pre>	 (11 分鐘)
21.	物聯網通訊協定 MQTT 基礎教學  <pre>Use MQTT with Raspberry Pi Install MQTT client library paho-mqtt Source: https://www.emqx.io/blog/use-mqtt-with-raspberry-pi • Use the source code to install git clone https://github.com/eclipse/paho.mqtt.python cd paho.mqtt.python python3 setup.py install • Use pip3 to install pip3 install paho-mqtt Free public MQTT broker provided by EMQ X: broker : broker.emqx.io TCP Port : 1883 Websocket Port : 8083</pre>	 (41 分鐘)

22.	Raspberry Pi / Arduino I2C MQTT 程式設計實驗  <pre> def main(): global Client Client.loop_forever() if __name__ == "__main__": connect_mqtt() main() Connected with result code 0 TOPIC(P203-UNO) : MSG(6) TOPIC(P203-UNO) : MSG(5) TOPIC(P203-UNO) : MSG(2) TOPIC(P203-UNO) : MSG(4) TOPIC(P203-UNO) : MSG(6) TOPIC(P203-UNO) : MSG(4) TOPIC(P203-UNO) : MSG(3) TOPIC(P203-UNO) : MSG(4) TOPIC(P203-UNO) : MSG(3) TOPIC(P203-UNO) : MSG(4) </pre> I2C Traffic-Light Station with MQTT Remote	 (27 分鐘)
23.	期末上機考複習及題目說明  <pre> def main(): global Client Client.loop_forever() if __name__ == "__main__": connect_mqtt() main() Connected with result code 0 TOPIC(P203-UNO) : MSG(CMD5,1,3,5) 200, [1, 3, 5] Send MQTT Commands to I2C Traffic-Light with MQTT Remote]: import paho.mqtt.client as mqtt import threading, os from time import sleep TOPIC = "P203-UNO" </pre>	 (24 分鐘)
24.	期末微型專題說明  <pre> Grading Rules. • You must complete all required programs (C/C++ and Python) for I2C Traffic-Light and MQTT Remote to get full points. • 50 points : Complete command 1 ~ 6 of LED SET 1 • 60 points : Complete command 1 ~ 6 of LED SET 1 and 2 • 70 points : Complete command 1 ~ 12 of LED SET 1 • 80 points : Complete command 1 ~ 12 of LED SET 1 and 2 • 90 points : Complete all commands (1 ~ 22) of LED SET 1 • 100 points : Complete all commands (1 ~ 22) of LED SET 1 and 2 • If you implement the command (11 ~ 22) in Raspberry Pi instead of Arduino- UNO, 10% will be deducted from the final score. </pre>	 (30 分鐘)

附件二：新工程教育方法實驗與建構「學習動機問卷」統計結果

■ 第 1 次統計結果 (2020-09-30)

109學年度 第一學期 學習動機問卷統計表								
課程：單晶片微處理機實務_四技電子二丁								
應填人數: 43 / 收回: 40 / 回收率: 93% 備註:								
問卷主題：目前的課程(或活動)你覺得？								
填答說明： 本問卷採7分制，分數越高代表題目的描述與實際情形吻合度越高。1分代表題目的描述與實際的情形不吻合，7分代表描述與實情完全吻合。	完全同意	非常同意	同意	中立意見	不同意	非常不同意	完全不同意	滿意度
1 這個課程(或活動)有趣。	7	6	5	4	3	2	1	5.33
2 參加這個課程(或活動)對我有好處。	7	10	13	10	0	0	0	5.35
3 大家覺得是我該做的。	5	8	13	14	0	0	0	5.10
4 也許參加這個課程(或活動)有個好理由，我看不出來就是了。	0	0	2	19	10	4	5	3.23
5 這個課程(或活動)令我覺得愉快。	5	8	12	15	0	0	0	5.08
6 這個課程(或活動)對我有好處。	5	12	14	9	0	0	0	5.33
7 這是我該做的。	5	10	13	12	0	0	0	5.20
8 我參加了，但我不確定值不值得。	0	0	1	18	14	2	5	3.20
9 這個課程(或活動)蠻好玩的。	6	6	15	13	0	0	0	5.13
10 個人決定要參加這個課程(或活動)的。	7	8	13	11	1	0	0	5.23
11 我一定得來參加這個課程(或活動)。	6	7	13	14	0	0	0	5.13
12 不知道耶，就來參加這個課程(或活動)了。	0	1	3	17	13	3	3	3.43
13 參加這個課程(或活動)時覺得蠻好的。	5	8	16	11	0	0	0	5.18
14 我想這個課程(或活動)對我很重要。	7	7	13	13	0	0	0	5.20
15 我覺得我一定得做。	6	9	12	13	0	0	0	5.20
16 我參加了，不過我不確定參加是好的。	0	0	1	21	11	3	4	3.30

■ 第 2 次統計結果 (2020-10-28)

109學年度 第一學期 學習動機問卷統計表								
課程：單晶片微處理機實務_四技電子二丁								
應填人數: 43 / 收回: 42 / 回收率: 98% 備註:								
問卷主題：目前的課程(或活動)你覺得？								
填答說明： 本問卷採7分制，分數越高代表題目的描述與實際情形吻合度越高。1分代表題目的描述與實際的情形不吻合，7分代表描述與實情完全吻合。	完全同意	非常同意	同意	中立意見	不同意	非常不同意	完全不同意	滿意度
1 這個課程(或活動)有趣。	7	6	5	4	3	2	1	5.33
2 參加這個課程(或活動)對我有好處。	11	7	14	8	2	0	0	5.40
3 大家覺得是我該做的。	12	4	16	10	0	0	0	5.43
4 也許參加這個課程(或活動)有個好理由，我看不出來就是了。	2	0	6	15	11	1	7	3.48
5 這個課程(或活動)令我覺得愉快。	10	6	12	13	1	0	0	5.26
6 這個課程(或活動)對我有好處。	12	7	14	8	1	0	0	5.50
7 這是我該做的。	11	8	12	10	1	0	0	5.43
8 我參加了，但我不確定值不值得。	1	0	4	18	10	2	7	3.33
9 這個課程(或活動)蠻好玩的。	8	6	15	11	2	0	0	5.17
10 個人決定要參加這個課程(或活動)的。	9	6	16	9	2	0	0	5.26
11 我一定得來參加這個課程(或活動)。	9	7	12	12	2	0	0	5.21
12 不知道耶，就來參加這個課程(或活動)了。	0	0	4	18	11	2	7	3.24
13 參加這個課程(或活動)時覺得蠻好的。	9	6	16	9	2	0	0	5.26
14 我想這個課程(或活動)對我很重要。	12	5	13	10	1	1	0	5.33
15 我覺得我一定得做。	12	6	12	11	1	0	0	5.40
16 我參加了，不過我不確定參加是好的。	1	0	3	17	10	4	7	3.21

■ 第 3 次統計結果 (2020-11-25)

109學年度 第一學期 學習動機問卷統計表								
課程：單晶片微處理機實務_四技電子二丁								
應填人數: 43			/ 收回: 37			/ 回收率: 86%		備註:
問卷主題：目前的課程(或活動)你覺得？								
填答說明：	完全同意	非常同意	同意	中立意見	不同意	非常不同意	完全不同意	滿意度
本問卷採7分制，分數越高代表题目的描述與實際情形吻合度越高，1分代表题目的描述與實際的情形不吻合，7分代表描述與實情完全吻合。	7	6	5	4	3	2	1	
1 這個課程(或活動)有趣。	9	6	12	9	1	0	0	5.35
2 參加這個課程(或活動)對我有好處。	9	6	11	11	0	0	0	5.35
3 大家覺得是我該做的。	6	7	10	14	0	0	0	5.14
4 也許參加這個課程(或活動)有個好理由，我看不出來就是了。	0	0	4	14	9	1	9	3.08
5 這個課程(或活動)令我覺得愉快。	8	6	11	11	1	0	0	5.24
6 這個課程(或活動)對我有好處。	9	7	10	10	1	0	0	5.35
7 這是我該做的。	9	7	9	11	1	0	0	5.32
8 我參加了，但我不確定值不值得。	1	0	2	15	11	0	8	3.19
9 這個課程(或活動)蠻好玩的。	9	5	10	12	1	0	0	5.24
10 個人決定要參加這個課程(或活動)的。	9	7	8	13	0	0	0	5.32
11 我一定得來參加這個課程(或活動)。	10	7	9	11	0	0	0	5.43
12 不知道耶，就來參加這個課程(或活動)了。	0	0	2	15	8	3	9	2.95
13 參加這個課程(或活動)時覺得蠻好的。	8	5	11	12	1	0	0	5.19
14 我想這個課程(或活動)對我很重要。	9	6	12	10	0	0	0	5.38
15 我覺得我一定得做。	9	6	9	11	1	1	0	5.22
16 我參加了，不過我不確定參加是好的。	0	0	3	13	10	1	10	2.95

■ 第 4 次統計結果 (2020-12-23)

109學年度 第一學期 學習動機問卷統計表								
課程：單晶片微處理機實務_四技電子二丁								
應填人數: 43			/ 收回: 37			/ 回收率: 86%		備註:
問卷主題：目前的課程(或活動)你覺得？								
填答說明：	完全同意	非常同意	同意	中立意見	不同意	非常不同意	完全不同意	滿意度
本問卷採7分制，分數越高代表题目的描述與實際情形吻合度越高，1分代表题目的描述與實際的情形不吻合，7分代表描述與實情完全吻合。	7	6	5	4	3	2	1	
1 這個課程(或活動)有趣。	10	8	9	9	0	0	1	5.41
2 參加這個課程(或活動)對我有好處。	9	11	9	8	0	0	0	5.57
3 大家覺得是我該做的。	9	8	10	10	0	0	0	5.43
4 也許參加這個課程(或活動)有個好理由，我看不出來就是了。	0	0	0	13	13	3	8	2.84
5 這個課程(或活動)令我覺得愉快。	8	8	11	9	0	0	1	5.30
6 這個課程(或活動)對我有好處。	10	8	12	7	0	0	0	5.57
7 這是我該做的。	9	11	8	9	0	0	0	5.54
8 我參加了，但我不確定值不值得。	0	0	1	14	12	1	9	2.92
9 這個課程(或活動)蠻好玩的。	9	8	12	7	0	0	1	5.41
10 個人決定要參加這個課程(或活動)的。	8	11	8	10	0	0	0	5.46
11 我一定得來參加這個課程(或活動)。	7	9	12	8	1	0	0	5.35
12 不知道耶，就來參加這個課程(或活動)了。	0	0	2	11	12	2	10	2.81
13 參加這個課程(或活動)時覺得蠻好的。	8	10	11	7	0	0	1	5.41
14 我想這個課程(或活動)對我很重要。	10	9	10	8	0	0	0	5.57
15 我覺得我一定得做。	10	10	9	8	0	0	0	5.59
16 我參加了，不過我不確定參加是好的。	0	0	1	13	11	2	10	2.81

附件三：學習成效學生自評 Google 表單

109 創新教學成效問卷

表單說明

這份表單會自動收集 南臺科技大學 使用者的電子郵件地址。 [變更設定](#)

1. 此課程是否有提升你的學習興趣? *

☐ 是

☐ 否

2. 此課程是否有提升你的實作能力? *

☐ 是

☐ 否

3. 此課程是否有提升你解決問題的能力? *

☐ 是

☐ 否

4. 此課程是否有提升你和不同領域團隊的合作能力? *

☐ 是

☐ 否

5. 此課程是否有提升你自主學習能力? *

☐ 是

☐ 否

本創新教學之特色 (複選題) *

☐ 翻轉教室授課方式

☐ 依進度錄製教學影音教材

☐ 教師及助教對課堂上課氣氛的掌控

☐ 隨堂助教的即時輔助