

國立屏東科技大學申請教師升等教授-代表著作

STEM教育應用於機電整合教學-以6E教學模式結合數位多媒體之教學實踐成效分析研究

**Application of STEM Education in Mechatronics
Course Instruction: An Analysis of Teaching
Effectiveness Based on the 6E Instructional Model
Integrated with Digital Multimedia**

著作人： 陳金山 博士

中 華 民 國 114 年 7 月 4 日

摘要

近年來在教授「機電整合」及其先修課程「可程式控制」時，發現學生來源多元、專業背景與程度落差大，一式的教學方式，造成學生在學習成效上差異很大，傳統的教學演示的可視性不足，學生也容易聚集聊天或分心，傳統教學無法引發學習動機，影響整體教學成效。學生學習態度鬆散，缺乏自主學習能力，缺乏參與及深度學習的意願，造成學以致用的能力不足，無法與產業實務接軌。

鑒於教學現場所遭遇的教學困境，本教學實踐打破傳統的教學模式，教學方法使用 STEM 教育理念，教學過程中融入 6E 教學精神，課程教案導入「專案導向單元學習」，打破傳統教學方式，教學活動中引入「問題導向教學」，並開發數位多媒體教材以輔助教學，以提升教學成效與學生學習動機。而教學成效的評估，則採用多元評量機制，以明確檢驗學生學習成效及教學成效。最後藉由教學回饋與反思，持續改進與修正教學方法與教材，進而促進學生學習成效與學習動機。

本教學實踐的執行，完成以下具體成果：(1)實施 6E 教學、問題導向教學、做中學，落實 STEM 教育之「機電整合」課程模組，達成預期教育目標。(2)藉由實務專題製作並組隊參加校內外之專業競賽，更能激勵學生主動學習、團隊解決問題之潛能，展現教學、學習成效之成果。(3)輔導學生取得機電整合技術士證照，使參與學生更有自信，更能肯定自我。(4)採用多元的教學評估方式，及依據學生的行為表現指標，藉此觀察學生的學習成果，反思需要持續改進與修正的地方，進而促進學生學習成效。(5)建置友善的教學環境，讓現場與線上的同步教學都精采。

具體的教學成效：(1)PBL 結合數位多媒體(DM)教學比傳統教學法學生筆試(基本概念)的學習成效非常顯著，平均成長 8.59~10.77 分。(2) PBL 結合 DM 教學比傳統教學法學生在實務技能的學習成效非常顯著，平均約成長 10.74 分。(3)STEM 結合 6E 的教學模式，學生的學習總成績平均成績約成長 5 分。(4)同儕互動得分級距越高對學習成效有正向的影響。(5)師生互動次數(積極度)對學習成效有正向的影響。(6)學生缺席次數級距，對學生理論/實作學習成效會有負面的影響，PBL 結合數位多媒體教學可以降低影響學習成效。(7)授課老師之教學意見滿意度平均成長 5.05 分。

顯然本教學實踐的實施，可激發學生對機電整合課之學習動機、建立正確學習態度、提升學習成效、降低學用落差，培養跨領域團隊合作精神，期望本教學實踐研究的過程，能提供工程相關領域之課程教學參考。

關鍵詞：STEM 教育、6E 教學模式、專案導向教學、問題導向教學、做中學、數位多媒體、虛實整合

Abstract

In recent years, while teaching the "Mechatronics Integration" course and its prerequisite "Programmable Control," it was observed that students came from diverse educational backgrounds and exhibited varying levels of preparedness. A uniform teaching approach led to significant disparities in learning outcomes. Traditional teaching methods often lacked visibility and engagement, resulting in low motivation, inattentiveness, and limited hands-on practice, which ultimately hindered alignment with industry requirements.

To address these challenges, this teaching practice adopted an innovative instructional strategy grounded in STEM education and the 6E learning model. The course design incorporated project-based unit learning and problem-based teaching, supported by digital multimedia materials. A diversified assessment system was used to evaluate student learning outcomes and teaching effectiveness. Continuous feedback and reflection were employed to improve both pedagogy and materials iteratively.

The implementation of this approach yielded the following outcomes: (1) successful integration of 6E, problem-based learning (PBL), and experiential learning into the mechatronics curriculum, achieving targeted educational goals; (2) enhanced student motivation and teamwork through project-based competitions; (3) increased student confidence via support in obtaining mechatronics technician certifications; (4) improved learning effectiveness through diversified assessment and behavioral indicators; (5) creation of a supportive and dynamic hybrid teaching environment.

Key learning outcomes included: (1) PBL with digital media led to a significant improvement in theoretical understanding, with an average increase of 8.59–10.77 points; (2) Practical skills improved by an average of 10.74 points; (3) Integration of STEM and 6E models resulted in an average total grade increase of approximately 5 points; (4) Higher levels of peer interaction scores have a positive impact on learning outcomes; (5) Higher levels of teacher-student interaction engagement positively impacted learning outcomes; (6) Absenteeism negatively affected performance, but PBL and digital media helped mitigate this impact; (7) The average teacher satisfaction with teaching opinions increased by 5.05 points.

This teaching practice effectively stimulated students' motivation, fostered proper learning attitudes, enhanced academic performance, and bridged the gap between theory and practice. It also fostered interdisciplinary collaboration, providing a valuable resource for engineering education in related fields.

Keywords: STEM education, 6E teaching mode, Project-based learning, Problem-based learning, Learning by doing, Digital multimedia, Cyber-Physical.

目錄

摘要	I
Abstract	II
目錄	III
圖目錄	VI
表目錄	VIII
符號說明	IX
壹、研究動機與目的 (Research Motive and Purpose)	1
貳、文獻探討 (Literature Review)	8
參、教學設計與研究方法 (Research Methodology)	15
1. 教學設計與研究設計說明	15
2. 研究步驟說明	31
3. 研究問題/意識	42
4. 研究範圍	44
5. 研究對象與場域	47
6. 研究方法與工具	48
7. 資料處理與分析	51
8. 實施程序	51
肆、教學暨研究成果 (Teaching and Research Outcomes)	53
1. 可程式控制課教學暨研究成果	53
2. 機電整合課教學暨研究成果	62
伍、其他達成成果與學生學習成果	70
陸、教學成果公開發表與分享	72
1. 研討會上公開發表-機電整合虛實整合數位教材研發成果	72

2. 執行教學實踐-改善教學-獲得學校肯定	72
3. 教學經驗分享	73
4. 教學實踐計畫成果發表分享	73
5. 校慶海報展示教學成果發表分享	73
柒、 創新教學之實際應用、具體貢獻與省思	76
捌、 參考文獻	79
玖、 誌謝	84
壹拾、 附件	85
1. 學生學習單之一	85
2. 學生自評表之一	86
3. 學生互評表之一	89
4. 參加校級「107年度學生實務專題製作競賽暨成果展」工程科技類組榮獲第三名	91
5. 指導學生參加全國技能競賽全國/區域銲接職類獲得第三、一名	92
6. 參加校級「109年度學生實務專題製作競賽暨成果展」工程科技類組榮獲第二名	94
7. 「Combine STEM Education with 6E Teaching Mode in Mechatronics Teaching」發表在「the 4th Eurasian Conference on Educational Innovation 2021」國際研討會-獲得最佳會議論文獎	95
8. 組團參加AERC 2023亞洲智慧機器人大賽-榮獲A02 自走車程控障礙挑戰-大專院校組第一名	96
9. 組團參加AERC 2023亞洲智慧機器人大賽，榮獲A05 機器人東奔西跑，大專院校組第二名、第三名	97
10. 教學研究開發合一-虛擬實境控制系統-自動化加工之虛實整合監控系統	98
11. 教學研究開發合一-虛擬實境控制系統-姿勢調整與顏色辨別系統同步監控系統	98
12. 教學研究開發合一-虛擬實境技術應用於材料分揀與加工系統 ...	99

13. 教學研究開發合一- Applying Virtual Reality to the Control System for Status Judgment and Arrangement of Workpiece	99
14. Applying Virtual Reality to the Control System for Status Judgment and Arrangement of Workpiece-發表在 2019 IEEE International Conference of Computation Communication and Engineering (ICCCE 2019 得 Best Conference Paper Award)	100
15. 獲得工學院之106學年度教學特優教師的榮耀	102
16. 獲得校級之107學年度專業教學特優教師之肯定與鼓勵	103
17. 獲得校級之108學年度創新教學優良教師之肯定與鼓勵	104
18. 在學校教師成長營研習會中分享教學經驗-講授主題為「教學特優教師教學經驗分享」	105
19. 在學校教師成長營研習會中分享教學實踐經驗-講授主題為「STEM教育結合6E教學模式於機電整合實務課程之教學實踐研究」	106
20. 在學校教設計思考師成長社群分享教學經驗-講授主題為「教學實踐計畫主題發想」	107

圖目錄

圖1	授課老師講解實習機台和實作實習時之情景	4
圖2	經驗學習模式圖	10
圖3	設定教學目標	15
圖4	虛實整合遠端監控移動機器人取放網球	17
圖5	虛實整合同步監控機電整合邏輯機構系統	21
圖6	荷重分類與整列機電整合機台之虛實整合系統	22
圖7	「數位多媒體輔助可程式控制實習之教學實踐」研究架構圖	33
圖8	PBL的教案與課程設計流程規劃	34
圖9	選擇專案關鍵知能教學設計流程	35
圖10	專案問題導向單元-輸送機正反轉與料件判別之設計流程圖	37
圖11	輸送機正反轉與料件判別實習機台	38
圖12	數位多媒體影音現場、網路同步教學的環境規劃圖	39
圖13	「STEM教育結合6E教學模式實踐機電整合教學」研究架構圖	41
圖14	PLC與DC馬達控制線之配線迴路圖	45
圖15	直流馬達之動力線配線迴路圖	46
圖16	交流馬達之動力線配線迴路圖	46
圖17	氣壓迴路配管圖	46
圖18	數位影音多媒體教學流程圖	47
圖19	友善教學環境的建構	53
圖20	透過數位多媒體科技引導學生學習配線的教學現場	55
圖21	教學活動歷程資料蒐集	56
圖22	學生缺席級距與學生學習成效關係圖	59
圖23	109到111學年度可程式控制的教學意見滿意度調查統計圖	60
圖24	基礎技能實作探索	63

圖25	解釋馬達控制原理	63
圖26	小組討論	63
圖27	擴展機電整合機台控制	63
圖28	深化-參加全國性競賽	63
圖29	自主學習	63
圖30	A班學生自主學習時間統計	64
圖31	B班學生自主學習時間統計	64
圖32	A班學生自主學習與學習成效關係	65
圖33	B班學生自主學習與學習成效關係	66
圖34	A班學生學習動機與學習成效關係	66
圖35	B班學生學習動機與學習成效關係	67
圖36	A班學生前測後測學習成效關係	68
圖37	B班學生前測後測學習成效關係	68
圖38	機電整合歷年學生學期平均成績圖	69
圖39	社團組員在繁華國小陪孩子成長情景之一	71
圖40	數位多媒體輔助PLC教學海報展	74
圖41	創新教學暨PBL課程-機電整合海報展	74
圖42	本團隊成員展示慣性動量動態捕捉成果展	74
圖43	PBL教學課程-機電整合與實習海報展	75
圖44	創新教學暨PBL課程-自動化加工海報展	75

表目錄

表1	可程式控制進度規劃表	18
表2	學習單元主題之教學活動與機電整合STEM規劃	23
表3	PLC傳統上課進度流程表	36
表4	機電整合傳統上課進度流程表	43
表5	111與110學年度期中考評量t檢定分析	57
表6	111與109學年度期中考評量t檢定分析	57

符號說明

A_c	氣缸缸內徑截面積
a	加速度 (m/s^2)
A	印章截面積
D	輸送滾筒直徑 (m)
D_d	鑽頭直徑
D_1	氣壓缸內徑 (m)
D_2	氣壓缸外徑 (m)
d_F	施力臂
D_{th}	真空吸盤直徑
d_w	被測物體力臂
e	空氣壓縮補償係數 (Air Compressibility Factor)
f	交流電的頻率
f_s	控制器送給步進驅動器的脈波頻率(Hz)
F	施加的力(配重的砝碼)
F_a	螺桿驅動平台所產生的推力(N)
F_f	氣壓缸摩擦力
F_{th}	真空吸盤理論吸力 (N)
g	重力加速度 (9.8 m/s^2)
h	凸輪行程最大高度
i	減速機的減速比
i	馬達輸出軸與導螺桿間的轉速比(減速比)
I_a	電樞電流 (A)
K_b	反電動勢常數
K_n	馬達常數
L	導螺桿導程

l	旋轉機械臂的臂長
L_1	連桿輸入端長度 (m)
L_2	連桿輸出端長度 (m)
l_{ead}	螺桿導程 (m/rev)
M	物體質量 (kg)
n	場電樞頻率 (rpm)
n	吸盤數量
N_{rpm}	滾筒轉速 (rpm)
N_{rpm}	滾筒轉速 (rpm)
N_{rpm}	馬達轉速 (rpm)
N_{rpm}	交流馬達的轉速
P	供給壓力
P_v	真空壓力 (Pa)
P	氣壓壓力
P_o	表壓力 (Gauge Pressure)
P_{ole}	馬達內部的磁極對數
Q	瞬間供氣流量
Q_{max}	最大供氣流量
R	工作平台的位移解析度(mm)
R_m	馬達電阻 (Ω)
S	平台移動之距離(mm)
S_{coe}	安全係數
T	馬達轉矩
T_{in}	馬達輸入扭力 (N-m)
T_m	馬達輸出的轉矩(N-m)
V_m	馬達輸入電壓 (V)

W_{load}	載重 (N)
W	被測物體重量
ΔP	容許壓力降
η	減速機的傳動效率
η	氣壓缸效率
η	螺桿效率
η	效率
θ	步進馬達的步進角度
θ	作動角度
θ_{cam}	凸輪旋轉角度 (rad)
μ	摩擦係數
μ	摩擦係數
π	圓周率
Φ	磁通量 (Wb)
ω_m	旋轉機械臂馬達的角速度

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

在近年於職訓中心、大專院校授課，以及服務於產業界的過程中，筆者不斷觀察並聽聞企業面臨諸多用人困境，包括：難以招募合適人才、員工工作態度不佳、抗壓性低、流動率高等。然而，另一面卻常見報導指出社會上求職不易、失業率高、勞工待遇不佳與頻繁跳槽等現象，顯示勞資雙方存在明顯的期待落差與供需錯位。

在實際教授「機電整合」系列課程中的「可程式控制」單元時，筆者發現學生在控制程式設計上常因邏輯能力薄弱、語法不熟悉而學習效果有限。傳統教學模式難以激發學生的邏輯思維與解決問題的能力，當實務應用到實際設備時，更因擔心程式錯誤導致設備損壞而畏懼動手實作。此外，在實習課程中，學生普遍反映由於課堂人數眾多，教師示範配線與操作時難以清楚觀察，等待實作的過程中又無適當資源自學，導致學習動機下降。

上機實習過程中發現：學生在寫控制程式時常無法正確的使用程式語法與指令的使用時機，及邏輯錯誤，造成設計控制程式時無法有效的解決問題。另外，當要機台操作過程中或模組單元實驗時，常因配線及配管錯誤，造成無法完成預期的順序動作，而影響上課進度及教學成果，這進一步凸顯現行教學方式在實務訓練上的侷限，這也促使筆者思考如何導入數位多媒體技術作為輔助教學的方案之一。

2019年後因嚴重特殊傳染性肺炎（Coronavirus disease 2019，COVID-19，新冠狀肺炎），嚴重影響全球人類的生活，甚至傷亡；確診人數高達264,214,736人，死亡人數達5,234,682人(the National Center for High-performance Computing, 2021-12-02 update, https://covid-19.nchc.org.tw/dt_owl.php?dt_name=3)，由於嚴重急性呼吸道症候群冠狀病毒引發的疫情也影響全世界的教育體系，導致各級學校、學院、大學幾乎完全關閉，以遏制COVID-19的傳播。台灣教育部也於2021年5月中宣布台灣各級學校啟動「停課不停學」政策，本校也於2021年5月17日宣布停課不停學，為應對學校停課不停學措施，全校使用遠距教學方式，以避免學生近距離接觸而感染與傳播，並能繼續完成後續的課程。實習課程很難避免同學間的近距離接觸，為了避免學生學習時因群聚而感染，並能兼顧學生學習成效，實習課程受限於無法避免的實體互動，迫使教師尋求更有效的數位教學輔助工具，這也是引發筆者採用數位多媒體的特有功能，以輔助學生學習原因之一。

本研究的其他動機分成產業需求問題、學生學習問題學校的學習環境問題及教師上課問題等四個面向說明：

1. 產業技術人力缺口擴大面：

- 隨著產業自動化與智慧製造的發展，機電整合技術成為提升產品品質與效率的關鍵。只要有設備、有產線就需要機電整合技術，而控制程式設計作為機電整合的核心能力之一，可有效的提升產品品質與解決技術人才短缺問題，目前因社會結構與環境變遷問題，國內產業對機電整合技術人才需求非常殷切，但，卻常常找不到熟悉這方面技術之人才。
- 可程式控制技術為產業自動化機械控制必備之技能，目前因社會結構與環境變遷問題，國內自動化產業對可程式控制技術人才需求非常殷切，亟需能熟悉且有效的運用控制程式的技巧以解決自動化實務技術的人才。
- 傳統教育強調理論分析的傳授，忽略實務技術之訓練，理論與實務脫節，造成產學用落差，導致學生在畢業後難以銜接產業現場需求。
- 產業界常用之自動化設備機台，功能客製化需求高，需要解決自家公司或各個客戶之不同功能需求，因此，各家企業的設備與功能設計各異，各種不同功能機電整合控制技術之能力培訓，學校需加強學生跨領域整合與實際問題解決能力，以培養具有主動學習、主動應用專業知識以解決專業問題之技術人才。

2. 學生學習面問題：

- 目前技職校院之入學方式採用多元入學方式，有繁星計畫入學、技優保送入學、技優甄選入學、甄選入學、聯合登記分發入學、海外聯合招生等方式，對機械系而言，學生來源有高中生、製圖科、鈑金科、汽修科、農機科、外籍學生、非工科背景等等學生，學生背景差異大，因此，學生之專業基礎參差不齊，如授課老師採一式教學模式，學習效果難以均衡，學生學習效果上勢必會有很大的差異，甚至遭遇學習上的困擾，而加上少子化的衝擊，使學生在學習上的問題更加嚴重。
- 教學經驗顯示，多數學生「一步一步教導，看著會做，做完了就忘記」，學習記憶短暫，多數學生學習僅止於模仿與完成任務，缺乏深入理解與熟練應用。
- 學生學習方式隨時代環境更易，學習習慣也跟著轉變，學生習慣使用手機、筆電、電腦、平板電腦等電子裝置學習，喜歡即時互動與視覺刺激，而上網玩自己有興趣電玩遊戲，傳統教學方式難以吸引注意力，學習動機普遍偏低。
- 在教學過程中，發覺學生不喜歡買實體書籍，問他何以不買書，嫌書太貴，卻擁有高階的手機，缺乏善用輔助資源，喜歡滑手機，但不會用它來查相關資料，對不在意事情，卻提不起勁學習，導致學生無心想要自主學習。

3. 學校學習環境面向：

- 近年本人在教授「可程式控制」課時發現一些教學實務現場的挑戰，說明如下：(1)目前台灣技職校院採用多元入學方式，因此，學生之專業知識背景不同，學生程度及學習態度也是多元化，也就是說學生的學習能力與學習的吸收程度，會有相當程度不同，如果採用一式的教學方法，學生之學習成效會有很大的落差，甚至產生學習困擾，而在台灣少子化的衝擊下，使得教學的挑戰更顯得嚴重。(2) 學生學習方式隨時代環境更易也隨著變更，上課時喜歡使用手機、筆電、電腦、平板電腦等電子產品上網玩自己的電玩遊戲等，因此，上課時不專心也不投入，上課時常常提不起勁學習，因此，學習成效也大打折扣。(3) 一般上課學生數眾多(約50位)，而實習機台有限，以往老師講解時學生群聚在一起，站在前面的學生可以看清楚老師實作演示過程，站在後面的學生卻沒辦法看清楚實作的演示細節，如圖1(a, b)所示，因為看不清楚實作演示過程，因此實作演示不久後，學生便分成主動分成幾個群組，有的聊天、有的做自己的事，只剩下幾位學生在看實作演示，如圖1(c)所示，因此，學習效果大大打折，如要完成最後的PLC (Programmable logic Control) 機台配線(圖1(d))，是困難的，而後續的控制程式的設計與編寫更不用談。(4) 從上課經驗得知大部分學生「一步一步教導，看著會做，做完了就忘記」，但，「會做」就有問題，更不用說「熟練」。如何解決以上敘述問題？以提升教學成效是本研究的主要課題。
- 實習空間有限，教學效果受限：因教室空間與人數限制，學生無法完整觀察操作流程，導致理解斷裂與實作障礙。
- 設備資源有限： 教室實習機台數量不足，大班教學下學生輪流實作時間有限，影響學習深度。
- 數位輔助工具欠缺： 面對學生的數位學習需求與疫情影響，尚未建構完善的數位教學平台與資源，無法因材施教與個別輔導。

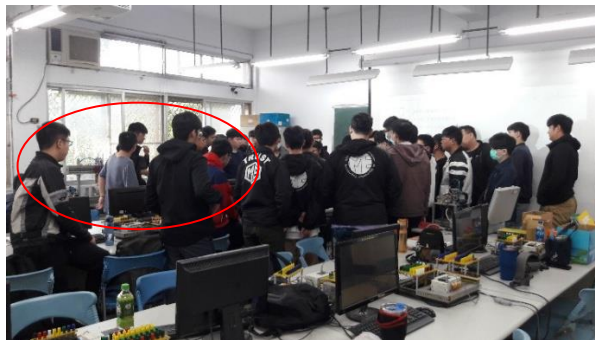
4. 老師上課面向：

- 分組實作時，同樣的過程老師必須重複講(做)一遍，重複教學負擔大。不同實習機台同時有問題時，面對多種機台與學生問題，單一教師難以同時應對各種需求，造成教學效率不彰。
- 課堂上課是短暫的，老師沒有辦法長時間與同學相處。
- 機電整合課，課程內容繁雜，內容涵蓋機械、電子、電機、資訊、控制等領域，理論過多，多數學生沒有興趣，甚至無法吸收，上課內容偏向於實務，學生卻難兼顧基礎知識累積，或是支離破碎之知識。

老師上課演示過程中，如能清楚詳細的紀錄下來，提供學生再學習、自主學習，上述很多問題可以容易的解決。



(a)



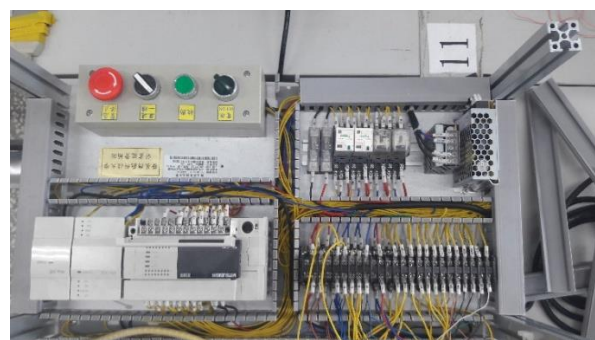
(b)

(a) 業師實務演示講解時，學生群聚在一起聽、看配線技巧

(b) 業師實務演示講解時，後面、遠端學生無法清楚看到配線細節



(c).



(d).

(c) 業師實務演示講解不久後，學生個別群聚在一起做自己的事或聊天

(d) 學習單元核心能力之一:PLC的配線技能

圖1 傳統授課老師講解實習機台和實作實習時之情景

在前述「研究動機與目的」中，我們已詳細探討目前在可程式控制教學實務中所面臨的種種挑戰，包括產學落差、學生基礎差異大、學習動機低落、實作資源不足與教學方式侷限等問題。基於這些現況與挑戰，本研究擬透過創新教學設計，改善現有的教學環境與學習成效，進而培育學生具備實務應用能力與產業所需的控制程式設計邏輯思維。讓學生在學習過程中**避免群聚**，學生也都可以看清楚配線、配管實作演示，提升學習成效，並能運用所學的核心技能，應用於產業界的實務生產控制。

本研究將可程式控制課程作為教學實踐的核心，透過專案導向（Project-Based Learning, PBL）與問題導向（Problem-Based Learning, PBL）的教學策略，搭配數位多媒體教學輔助工具，提升教學互動性與學習成效，尤其針對實作中如配線、配管等環節，利用影音與動畫輔助，讓學生即便在不群聚的情況下，也能清晰觀察與理解操作細節，強化技能學習。

此課程涵蓋之實務技能包括：

- DC/AC馬達的動作控制、

- 單線圈/雙線圈氣壓缸的動作控制、
- 機構的動作控制、
- 感測器之安裝、
- 控制程式之設計、撰寫與實作、
- 推展到自動化設備機台整合控制能力的培養等、

課程設計上特別強調模擬實務應用場域的教學情境，培養學生面對產業問題時能夠有效分析、解決並執行之實務能力，協助銜接學校教育與業界需求，使學生能掌控業界常用之控制程式之相關技能。有鑑於此，創新導入以專案導向設計課程，以問題導向導入教學活動，加入數位多媒體輔助教學學習的概念，以改善可程式控制課程之教學環境，培訓可程式控制之控制程式的邏輯思考，讓學生之學習成效更好。

本教學實踐計畫主題為「數位多媒體輔助可程式控制教學實踐」，目標為解決以下幾項教學痛點：

- 實習設備與場域有限，無法同時讓所有學生有效練習、
- 傳統教學模式難以照顧不同程度學生的學習差異、
- 學生缺乏主動學習動機，學習效果受限、
- 教師面臨人力與時間資源不足，無法即時個別輔導、

科學、科技、工程與數學（Science, Technology, Engineering, Mathematics, STEM）教育已成為全球教育發展的重要方向，其推動不僅關乎未來科技創新人才的培養，也影響著各國的經濟與社會發展。自20世紀末以來，STEM教育的概念逐步演進，並在21世紀迅速普及，成為各國教育改革的重要議題。隨著科技快速發展，人工智慧、數位學習與跨領域整合等新興趨勢進一步促進STEM教育的轉型。

STEM 教育是一種跨學科的教育方法，強調科學、技術、工程和數學的整合，以培養學生的創新能力、批判性思維和解決問題的能力。其核心理念包括：

跨學科學習、問題導向學習、動手實作與設計思維、科技應用與數據分析、協作與團隊合作、與終身學習與適應力等六個教育核心理念。

機電整合（Mechatronics）是一門結合機械（Mechanics）、電子（Electronics）、控制（Control）、感測（Sensing）與計算（Computing）的跨學科領域。機電整合設備本身就是科技、工程、科學與數學的結晶品，因此，機電整合相當的適合引入STEM教育，機電整合的教學，學生需要充分使用科學與數學方面的知識，更需要動手設計、製作機構，挑選合適的材料、致動器、

零組件與光電感測器等，以進行實作，並達到所需要的功能要求，是培養知識、實作、跨學科整合能力與創新應用能力，非常適合的一門課。

鑒於教學過程中教學現場所遭遇的困境，秉持著STEM教育的核心精神，本研究透過以下創新策略加以改善：

(1). **數位多媒體輔助教學**：製作實作步驟之影片、動畫、模擬情境教材，開發虛實整合的教材，以及將上課過程錄製後，製成多媒體影片，上傳數位教學學平台，讓學生可隨時重複觀看，克服「看不到」、「聽不清」的困擾，並能自我調整學習步調，降低學習焦慮。

(2). **導入6E教學模式**：

- Engage（導入概念、引發興趣）：首先定義該專題單元的核心能力、學習目標及重要性。以教學現場成品設備，或搭配自行開發的虛實整合系統展示，並以生活情境或業界問題出發，引起學生好奇與參與動機
- Explore（探索）：教師依據該專題單元的核心能力、學習目標，設計合適的問題，並適時地提問，讓學生親自操作或小組討論，針對問題進行初步探索，提供學生自身學習的機會，已能理解該單元的核心知識與技能。
- Explain（解釋）：先讓學生說明專題單元實作後的現象及意義，教師再補充概念與原理，導入了該單元的作動原理、設計製作原理與數學理念，以及數學的物理意義，並指出學生學習該單元時常犯的錯誤，鞏固學生學習知識與技能基礎。
- Elaborate/Extend（延伸應用）：教師以實境設計該單元進階的問題，讓學生整合所學的知識、能力及設備模組，以能解決當下的問題，過程中教師可以適度的引導學生應用學習內容解決實際問題。
- Enrich（深化拓展）：加入產業實例或跨學科整合，讓學生有更豐富學習內容與練習，教師提供資源讓學生了解如何整合所學知識與能力，以解決更複雜的實務問題。
- Evaluate（評量反思）：採用多元評量方式，評估學習成果，讓師生瞭解學習的成效，並利用學習單與問卷的回饋，讓學生反思學習成效與問題所在，教師則透過觀察與問卷回饋，持續改善教學策略。

(3). **融入STEM教育理念**：本研究以 STEM（科學、科技、工程、數學）教育核心精神為基礎，整合跨領域知識，培養學生的邏輯推理、問題解決與創新設計能力，強化未來就業力與競爭力。

(4). **成果導向的評量制度**：透過專題成果展示、控制程式撰寫實作測驗、模擬設備操作等方式，進行多元化、具體化的學習成效評估，不僅強調學習結

果，也重視過程與態度。

以提振學生學習精神，減少群聚，引起學生學習之興趣，降低學習障礙，學習無時差，以促進學生學習動機與學習成效，協助學生獲得機電整合專業的實務技術，並順利取得機電整合職類專業證照，肯定自我、提升就業力等。細之教學目標、教學方法、課程進度、學習成效評量、學生成績考核方式等，說明如下：

透過研究之實施，期望達成以下成果：

- 提升學生之邏輯思維與控制程式設計能力；
- 縮短產學落差，強化實務技能訓練；
- 提升學生學習動機與自我效能感；
- 改善教學現場群聚與設備不足問題；
- 提升學生取得機電整合技術相關證照。

期望能建立一套具彈性、高互動性、能跨越時空限制之機電整合教學模式，透過多元整合的創新教學設計，激發學生的學習動機，提升實務操作能力與整體學習成效，持續改善教學及課程，提供技職教育更具效能與可持續發展的教學參考。

貳、文獻探討 (Literature Review)

STEM(Science, Technology, Engineering, Mathematics)教育理念為Bybee在2013年所著大作「The Case for STEM Education Challenges and Opportunities」中提出，提供了結合科學、科技、工程、數學之創新教育機制，以培養學生的創新能力、批判性思維和解決問題的能力。其核心理念包括：

1. 跨學科學習 (Interdisciplinary Learning)：STEM 教育強調不同學科的交叉融合，讓學生能夠將科學、技術、工程和數學應用於現實問題解決，因此，特別有利於跨領域的教育方法。
2. 問題導向學習 (Problem-Based Learning, PBL)：透過解決真實世界的問題，學生學會應用知識，而不僅僅是記憶概念。
3. 動手實作與設計思維 (Hands-on Learning & Design Thinking)：透過實驗、工程設計和創新活動，提高學生的實作能力和創造力。
4. 科技應用與數據分析 (Technology Integration & Data Analysis)：利用現代科技工具，如人工智慧、機器人、編程，增強學生的數據素養和計算思維 (Computational Thinking)。
5. 協作與團隊合作 (Collaboration & Teamwork)：培養學生適應科技變革的能力，促進持續學習與創新精神。

美國 National Research Council of the National Academies (2012) 的「A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas」中提出，提供了 STEM 教育的核心框架，影響了美國的《次世代科學標準》。Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (Eds.). (2014)於「STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research」書中探討 STEM 教育的整合方式及其未來發展方向。Freeman, A., Marginson, S., & Tytler, R. (2016). 在「The Age of STEM: Educational Policy and Practice Across the World」書中，分析了全球不同國家的 STEM 教育政策與實踐。

在古今中外的教育思想中，許多教育學家與哲學家皆強調「實作學習」的重要性，認為透過動手做的教學方式，能更有效促進學生的學習與理解。例如：劉曼君(2018)於評鑑雙月刊72期中指出：工程及科技教育認證制度圍繞在「學生學習成果」的核心上，強調應以教育目標、教學成效與評量為主軸，並建議課程中應納入整合性專題或實作課程，例如 Capstone 課程，以培養學生實作與整合能力。

這樣的教學精神可追溯至古代中西方哲人，如孔子在《論語·為政篇》中指出：「學而不思則罔，思而不學則殆」，強調學習需思考與實踐相結合；荀

子在《儒效篇》則說：「不聞不若聞之，聞之不若見之，見之不若知之，知之不若行之，學至於行之而止矣」，顯示學習的最高境界在於實踐。而在西方，美國著名教育哲學家 John Dewey (1930, 1938) 承襲實用主義思想，認為「教育即生活」，主張以學生為中心的教學設計，讓學生透過實作過程獲得真實經驗與學習成效。他強調「經驗學習」的重要性，認為學習應結合做中學的歷程。

近年美國學者William Spady(1994)所提出的「成果導向教育」(Outcomes Based Education: Critical Issues)一書中更明確指出，教學應從界定學生應具備的能力出發，並據此設計課程、教學活動與評量方法，確保學生達到學習成果。本研究的「機電整合」課即以此精神而提出以學生學習為主的四個教學層面，即承襲此理念，針對「機電整合」課程，設計出以學生學習為核心的四個教學層面：設定學習成果、培育學習成果、評量學習成果、持續改善課程與教學(劉曼君，2018)。

6E 教學循環(6E Learning Cycle)是在原本5E模型(Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate)的基礎上，新增加了「Enrich(深化應用)」這一環節，進一步強調用專業知識解決當前的專業實務的應用上，特別適用於工科及 STEM 教育領域。此模型有助於培養學生的工程設計思維與創新問題解決能力。及強化工程設計與應用及現實問題的解決。這一模式廣泛應用於 STEM 教育，以促進學生的探究式學習與創新思維。而6E 教學模型的六個階段簡要說明如下：

1. Engage (引起興趣)：透過提出問題、真實情境或挑戰任務，引發學生的好奇心與學習動機。
2. Explore (探索)：讓學生透過實驗、觀察和資料蒐集等方式，自主探索新概念、新知識及發現新模式。
3. Explain (解釋)：學生對探索所得加以反思，透過討論、講解和建構概念來深化理解。
4. 擴展(extend)：鼓勵學生將所學到之知能，應用解決當前真實問題，提升知識遷移能力。
5. Elaborate (enrich, 深化應用) 學生進一步將所學知能應用於更複雜的問題解決，以加深知識連結。對工科學生而言，即強調工程設計思維(Engineering Design Process)，學生透過設計、測試與修正來創造解決方案，深化學習成果。
6. Evaluate (評估)：以形成性與總結性評量工具，全面評估學生學習成效與問題解決能力，以檢測學生的理解程度，並作為教師調整教學策略的依據。

Bybee 等人(1988)提出學習循環概念，Bybee, R. W. (2014)進而在「The BSCS 5E Instructional Model: Creating Teachable Moments」一書中對原始的5E模式做了詳盡說明，為 6E 模型奠定基礎，而 Burke (2014)則進一步發展為6E模型，以符合STEM領域對設計與探究能力的需求。Capobianco, 等人(2018)在” Characterizing Elementary Teachers’ Enactment of High-Leverage Practices Through Engineering Design-Based Science Instruction”中探討了從工程設計角度，教師如何設計導向科學教學，極探討引導學生進行工程設計教學活動。

經驗學習與多元教學實踐：在培育學生學習成果之教學活動或教學模式中，常常需因應不同的課程、不同的對象、不同的環境，而採用不同的教學模式，除了6E模型外，Kolb(1984)也提出經驗學習理論（Experiential Learning Theory），指出學習應經過四個循環階段：具體經驗（Concrete Experience）→ 反思觀察（Reflective Observation）→ 抽象概念化（Abstract Conceptualization）→ 主動實驗（Active Experimentation）（圖2）。此循環強調從實作經驗中獲得新知，並透過反思與應用，使學習不斷深化。

實際教學應根據學生背景與課程內容，靈活選擇合適的教學模式。例如：

- 常雅珍(2017) 將正向心理與同理心導入學生的服務學習課程，提升情感與價值層面的學習體驗；
- 黃明輝(2017)以漸進式探究教學法用於大學之普通物理實驗課，以提升問題解決能力；
- 林建隆、徐順益(2007)則在國中生之光學教學使用5E教學模式；
- 姚經政、林呈彥(2016)融合STEM教育、6E教學模式及差異化教學，進行國中生對樂高機器人之教學，展現多元教學策略的效益。

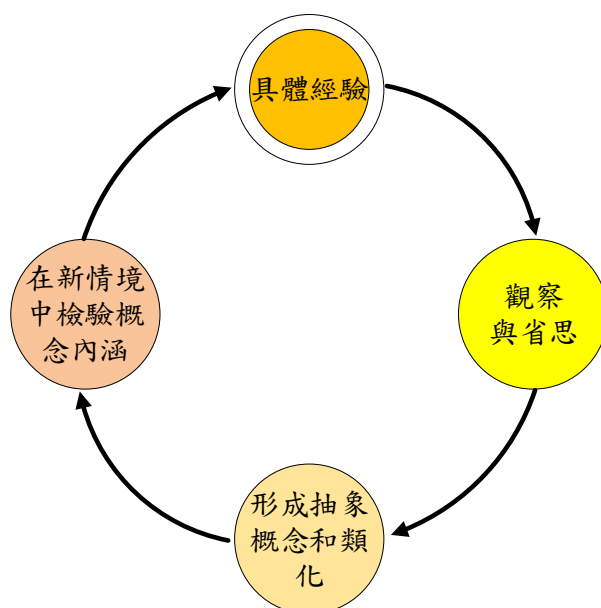


圖2 經驗學習模式圖

本教學實踐強調以學生為本的教學設計，融合成果導向教育理念、6E 教學模式與經驗學習理論，透過有系統的教學流程與實作活動，提升學生在機電整合課程中的學習動機、實務能力與創新思維。最終目標是幫助學生將所學技能應用於真實情境，提升職場競爭力，並實現「學以致用」的教育目標。

PBL（專案導向學習／問題導向學習）教學法之探討：在PBL(專案導向、問題導向)方面的教學法之探討，說明如下：問題導向學習（Problem-Based Learning, PBL）強調以學生為中心的教學設計，致力於培養學生解決真實世界問題的能力。Hmelo-Silver 和 Barrows（2006）、Savery（2006）指出，PBL不僅提升學生對知識的理解與應用能力，更強化其專業技能與批判性思維。

Barrows (1986, 1996)與Charlin et al.(1998)等學者提出PBL的教學設計是隨著教學目標及情境需要而加以設計，PBL有助於：

- 建構廣泛且統整性的知識基礎；
- 激發學習動機與學習興趣；
- 發展自主學習能力；
- 培養團隊合作與有效溝通的技巧。

Hmelo-Silver (2004)與 Savery (2006)等人則總結PBL的五大核心特徵如下：

- 學生為學習過程的主體與問題的直接參與者；
- 教師角色為「認知教練」，引導學生思考與建構知識；
- 教學內容以真實問題為核心；
- 學習過程重視協作與反思；
- 評量以學習過程與成果並重。

Wood等人(1976)提出建構鷹架的概念，之後，Land等人（2012）提出在以學生為本的學習環境中，需設計有效的「鷹架支援」（Scaffolding），幫助學生逐步掌握學習任務。Barrows（1986, 1996）、Charlin 等人（1998）亦認為，PBL的教學設計應依據不同的學習目標與實際情境進行調整，保持彈性與真實性。

在課程設計方面，Duch（2001）、Stepien & Pyke（1997）與Hung(2016)提出PBL課程的規劃流程，強調問題設計的重要性。Schmidt & Moust（2000）則提出設計高品質PBL問題應考慮設計，包括：促進學生討論、知識建構、自主學習等。此外，Baloch（1998）、Jacobs、Power 和 Inn（2002）則探討如何透過PBL引導小組合作學習，並設計適切的教學鷹架，支持學習者在各階段解決問題之能力。Norman等人(1992)則對PBL的實施提出檢驗，並說明PBL的核心效益在促進知識整合、學習動機與自主學習能力。Kolmos等人(2021)則強調學生在大學課程中持續採用系統性的教學，能有效培養學生更高階能力。

多媒體技術在輔助教學中的應用：隨著數位科技的快速發展，多媒體教學技術已廣泛應用於各學科領域，如社會科學、工程學、人文學、生物農學、醫藥衛生學、基礎與應用科學等，特別是在社會科學應用多媒體輔助教學為大宗

約佔58.21%，工程學領域應用多媒體輔助教學約佔9.74%，其他領域則約佔32.05%，廣泛應用多媒體輔助教學，由於電腦與數位多媒體技術的快速發展，數位教材在視覺的多樣性、親和性、可演示性、互動性與情境再現的優勢，有效提升學生的學習興趣與參與度(李輝星、李良英，2005)。

郭芳娥(2014)提出：多媒體教學可以創造豐富教學的情境，提供視覺、聽覺等感官刺激的豐富情境，進一步增強學生的學習動機與實作能力。教師應充分運用數位媒體，提供真實性、功能性、互動性和建設性兼具的教學，以促進學生的技能和學習動機，及深度學習。

相關研究也證實多媒體的多元應用價值，例如：劉加妹等人(2005)探討多媒體教學與傳統教學的互補優勢關係；李建彥(2019)以流行歌曲多媒體為媒介，建構跨領域課程與教學為主題的研究，楊子傑(2014)研究輪機數位多媒體教學，以及人工智慧評核的應用；黃明忠、黃文良等人(2008)提出應用於高職節約能源教育之E-learning教學模式研究，……等等。

合作學習法的實施與成效：合作學習是一種強調小組互動與責任分擔的教學策略，在教學過程中合作學習是常使用的方法之一，透過異質分組方式，教師可創造合作學習情境，使學生在團隊中學習、互助並共同達成學習目標。其核心理念包括：彼此相互依賴、積極互助、資源共享、責任每位成員都共同承擔自己學習成敗。合作學習法常常使用於正式的教學中，例如社會科學、工程學、人文學、生物農學、醫藥衛生學、基礎與應用科學等，而應用領域以社會科學領域之教學約佔73.82%為主，應用到工程學領域之輔助教學亦逐步擴展約佔2.74%，其他領域則約佔23.44%。

根據鄧宜男（2001），合作學習常見的八種教學模式包括：

1. 拼圖法（Jigsaw II）；
2. 小組遊戲競賽法（Team-Game-Tournament）；
3. 合作統整閱讀寫作法（Cooperative Integrated Reading and Composition）；
4. 小組協力教學法（Team Assisted Instruction）；
5. 團體探究法（Group Investigation）；
6. 協同合作法（Co-op Co-op）；
7. 共同學習法（Learning Together）；
8. 學生小組成就區分法（Student's Team Achievement Division, STAD）。

不同的教學模式，會有不同的教學對象或目標，本研究在合作學習教學上

採用共同學習法為主要教學模式，本研究的實施步驟簡要說明如下：(1)確認四大教學目標；(2)依據修課人數分組，每組3至4人；(3)依據學生學號順序分派到各組；(4)安排學習空間位置，4人的組別優先分派到靠近黑板位置的組；(5)設計各實務單元的教材，並規畫該單元所要學習的核心能力，及指派負責認真的組長，促進組員溝通合作無礙；(6)導入虛實整合系統，提供實體例子，及產業實務案例，引發興趣，教學過程中導入STEM的理念，及6E教學的精神；(7)告知學習內容、執行方式及學習績效標準；(8)引入學習單、互評表、自評表、師生互動、同儕互動；(9)教學成效與學習成效的評量。

執行過程中並參考相關文獻如：王金國(2017)強調檢視及調整合作學習的認知框架；張仁家與范素梅(2010)提出合作學習教學法應用於高職美姿美儀課程之學習成效研究；陳又菁(2015)提出學習風格結合行動合作學習環境學習成效之研究；陳信欽(2016)探討使用社交網站結合作學習策略，應用於行動與無所不在學習環境之影響；陳建銘(2011)則探討影響線上學習與合作學習學習成就之各項影響因素，……等等，使合作學習之教學活動的運作更順暢。

學生學習成效之評量：評量是教與學的重要環節，除提供學生學習回饋外，亦為教師調整教學策略的重要依據，常用的評量方式分為：

- 直接評量方式：如測驗、報告、面試等；
- 間接評量：如學習態度、行為表現、出席率、參與度等。

Rubrics（評量尺規）也是常用的學習成效工具之一，透過雙向表格形式明確列出要評量的核心能力項目與評分標準，對提升評分的一致性與公正性有很大的助益。Rubrics評量尺規之評量表分為：橫向為評分標準，及縱向為審查項目之雙向表格，再根據學生之表現水準給予相對應的分數。關於評量尺規的參考文獻如：Glasgow (1997)、Koh (2009)、Torp and Sage (2002)等人探討學習成效上的評量方式，劉曼君(2014)、Stevens and Levi (2013)提出學生學習成果之評量及評分評量表的評量尺規設計。史美瑤(2013)則分析評量設計的要點，強調評量是學習的一環也是進行曲。

本研究採用多元評量策略，包括：

- 筆試測驗：用以評量學生之基本概念及核心科學理論的學習成效；
- 實作測驗：用以評量學生之技術及技術應用的學習成效；
- 學生之自我評量：用以瞭解學生之學習成效，及需要協助解決的困難點、或問題所在；
- 同儕相互評量：用以評量學生間之互動，並藉以促進合作學習成效；
- 師生互動及教師的評量：用以鼓勵學生提問題，活化教學活動，教師綜合觀察學生於教學活動中的行為，做最適切的評量學生之學習成效；

- 學習單回饋:讓學生做學習之後的反思，以加深學習成效，並用以瞭解學生之學習成效，及學習上所遭遇到的困難，以持續改善教學，等六大面向。

本研究整合教學策略之應用：以「機電整合」為例，明確提出以學生學習為核心的四大教學面向：

1. 明確訂定學生學習目標成果；
2. 設計課程以培育學習核心能力成果；
3. 進行多元評量檢核學生真正的學習成效；
4. 依據回饋持續改善課程與教學方式。

鑑於本研究在先前教學實務中發現多項問題（詳見研究動機與目的），因此本課程融合以下教學方式(陳金山，2020, 2022; Chin-Shan Chen, 2021)：

- 導入 6E 教學模式，
- 融入 STEM 教學理念，
- PBLs 專案/問題導向教學精神，
- 數位多媒體技術的輔助教學應用，
- 合作學習策略的導入，以培養團隊合作的素養。

以期透過多元整合的創新教學設計，提升學生的學習動機、實務操作能力與整體學習成效。並期待持續改善教學及課程，使學生之學習成效更好。

參、教學設計與研究方法 (Research Methodology)

本研究的對象以科技大學機械系三年級的學生為主，實施的課程為機電整合及其先修課程-可程式控制，屬於選修課程。

1. 教學設計與研究設計說明

(1) 對先修課程-可程式控制之教學設計與研究設計架構說明

本研究主題為「6E結合數位多媒體輔助可程式控制教學實踐」，首先是設計符合系上的整體教學目標，主要分成四項，如圖3所示，說明如下：

- 培養可程式控制課之基本核心能力；包含機構零組件、電氣零組件、致動器、感測器之認識能力，控制程式撰寫設計之能力。
- 培養可程式控制創新能力；包括學習單元的設備模組整合之後，控制程式之編寫、設計創新之能力。
- 培養主動學習態度能力；包括主動自主學習、主動自主實作能力、及主動解決問題之能力。提供數位教材下載，並課餘時間開放學習空間及設備，以輔助自主學習。
- 培養團隊合作能力；含溝通協調能力，跨領域能力，團隊合作解決問題的能力。以分組及合作學習的教學方式，以培養學生的團隊合作能力

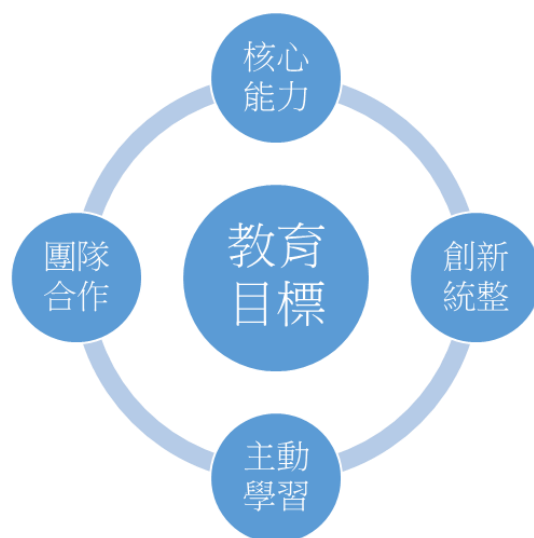


圖3 設定教學目標

其次，根據設定的教育目標而設計數位多媒體教材，及規劃教學活動，包含「可程式控制」課之單元內容教材設計，數位影音教材設計；設計流程為：首先設計課程單元內容與腳本，將配線(配管)迴路圖及程序畫成動畫，而實作的配線步驟與過程詳細講解，並透過實物攝影機及網路攝影機，全程錄影、錄

音，之後剪輯後轉化成影音多媒體教材，上傳教學平台。

上傳數位影音多媒體教材於數位教學平台後，設計網路數位教學平台之資料庫，如學習時間，互動時間與學習單作業繳交等，以了解學生自主學習的情形。

接著教學過程中導入數位多媒體教材，並實施分組的合作學習教學模式之教學，同時時導入問題(單元專題)導向教學和 6E 教學方式，讓學生充分實作實習。

每單元教學過程，設計多元評量方式，以評估作教學與學生學習成效及行為反應指標。

最後，依據學生之回饋機制分析，作教材、教學方法的修正，持續改善。

教學方法融入 STEM 教學理念，使用 6E 教學模式以實踐可程式控制之教學，教學過程中每學習專題單元都是採用問題導向教學，並導入數位多媒體技術以輔助教學。可程式控制課搭配 6E 教學環的教學設計規劃，簡要說明如下：

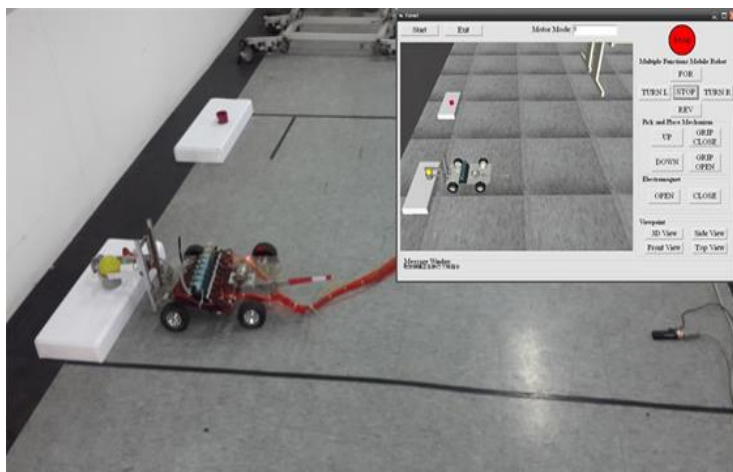
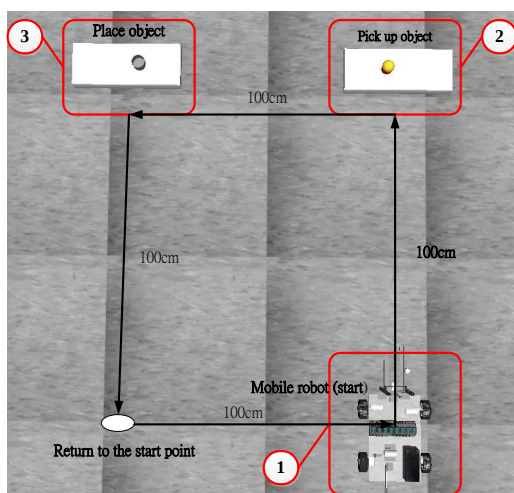
(a) 參與 (engage)：

為提升學生學習動機與參與度，課程設計將結合學校既有的軟硬體資源與實際產業案例，提供貼近實務的學習內容。教學工具包括：

- 軟體部分：如 PLC 程式編輯軟體、人機介面 (HMI) 編輯軟體等；
- 硬體部分：如 PLC 控制模組、PLC I/O 模組、人機介面模組、DC/AC 馬達模組、單線圈電磁閥控制氣壓缸模組、與雙線圈電磁閥控制氣壓缸模組，以及機電整合技術士技能檢定用標準機台。

此外，也會展示團隊自行研發的虛實整合系統，如虛擬實境遠端監控移動機器人(Chin-Shan Chen 等人，2017)，這套系統可以讓學生體驗，在虛擬實境輔助裝配現場(如圖 4(a)所示)，使用虛實整合技術，透過虛擬實境遠端即時監控實境機器人(控制器為可程式控制器)取放物件作業，圖 4(b)顯示虛實整合遠端監控移動機器人取放網球之情景，實務上可以應用操作人員透過虛擬實境遠端虛實整合介面，操作處於危險環境的取放物件的工作，避免作業人員處於危險環境。

虛實整合的機台監控系統，以及數位多媒體影音教材，作為課程引導，幫助學生理解課程目標與核心概念，並激發學習興趣與投入。



(a) 虛擬實境場景規劃

(b) 虛實整合遠端監控移動機器人取放網球

圖 4 虛實整合遠端監控移動機器人取放網球

(b) 探索(explore)：

可程式控制技術是機電整合技術之控制核心技能之一，控制的對象可運用於各領域，學生可透過現有的不同教具、教材，探索認識各種自動化機構、零組件、感測器、致動器等，併經由可程式控制程式的設計與撰寫，實現所要的動作功能需求，反映出可程式控制在設計與程式撰寫上的多樣性與彈性。每個單元的教學設計思考，都會融入該單元的核心能力，併結合多學科知識(如液氣壓學、機動學、機械設計、感測器等等)的簡單問題情境，讓學生透過實作與反思，建構屬於自己的學習經驗，進而加深對基礎技術與知識的理解。

(c) 解釋(explain)：

在完成各單元教學後，學生需進行知識的回顧與解釋，說明所學內容與應用成果，並試著提出改良方案。教師則透過適合的時機引導式提問(例如，如何控制 DC 馬達的扭矩?轉速?，如何控制氣壓缸的出力大小?氣壓缸的作動速度?PLC 的單一/連續作動、自動連續作動的 STL 控制程式如何設計?SFC 的緊急停止控制程式如何設計?.....等)，與分組討論，協助學生整理與表達學習成果，並透過書面或口頭報告來檢視其理解程度。最後由教師統整課程內容，導入作動原理(科學原理)，數學的描述與應用，以及控制程式設計撰寫的方法，強化學生的系統性與結構性認知，以即時釐清學生的迷思概念或誤解。

(d) 擴展(extend)：

學生需整合前述所學知識與技能，實際應用於當前問題解決情境。課程安排學生分組進行更深入專題控制程式設計與撰寫(如，基礎馬達正反轉控制單元學習後，會加入馬達正反轉時間/次數的控制，以導入計時器、計數器與近接感測器的認識與使用，……等等)，從中體現跨領域整合能力，並透過實務

控制操作(如應用到輸送機的控制，X-Y 平台的控制……等等)，深化其理解與應用能力。

(e) 深化(enrich)：

為拓展學生知能的深度與廣度，鼓勵其進一步挑戰更高層次的任務。例如，專題單元與人機介面的設計的結合控制，機電整合機台的控制程式設計與撰寫等，或設計撰寫現實產業的實際案例，以解決產業實務的技術問題，讓學生將所學知識應用於真實情境，累積面對複雜問題的經驗與能力。

(f) 評量(evaluate)：

本課程採用 SMART 原則（具體、可衡量、可達成、成果導向、具時效性）作為評量基準，搭配多元化評量策略來檢驗學習成效：

- 直接評量：如筆試測驗、實作測驗、學習單或作業、小組專題報告、參與技術士技能檢定學科、術科考試等；
- 間接評量：設計 Rubrics 評分表，針對學生的參與度、同儕互動、師生互動、創新能力、問題解決能力與團隊合作等層面進行綜合評估，具體衡量其在機電整合領域的綜合表現與進步幅度。

可程式控制課之各週的教學單元名稱，每一週進度、使用設備，及基礎核心能力之設計規劃，如表 1 所示。

表 1 可程式控制進度規劃表

課程名稱	可程式控制	開課單位	☒ 主辦學校，系科名稱：機械工程系 ☐ 法人企業，企業名稱：_____，部門名稱：_____			
授課教師	陳金山 副教授 單位:機械工程系		技術人員	單位(職稱)		
實作場地	機械工程系-機電整合與機器人應用實驗室(MW108 教室)					
開課規劃	開課時間	每週上課時數	修習總週數	修習總時數	學分數	操作方式
	____學年，第 2 學期 ☒ 學期周間 ☐ 學期周末 ☒ 寒暑假 ☒ 其他(彈性開放學習)	3	18	54	3	☐ 個人操作 ☒ 每組 <u>4</u> 人為原則
課程內容						
實作學習單元		時	操作設備		核心能力/技術項目	
序號	名稱					
1	分組、教學模式簡介及 PLC 控制介紹	3	可程式控制(PLC)模組，PC		PLC 控制架構與發展趨勢	
2	PLC 控制程式語言設計	3	PLC 模組，PC，PLC 之 I/O 模擬模		PLC 控制程式/5 種語言特色	

	與燈號控制		組	
3	PLC 控制程式語言設計與燈號控制	3	PLC 模組，PC，PLC 之 I/O 模擬模組	PLC 控制程式/5 種語言特色
4	控制程式應用於 DC 馬達作動控制	3	PLC 模組、PC、PLC 之 I/O 模擬模組、繼電器模組、DC 馬達模組	DC 馬達之科學、技術概念，DC 馬達之配線及控制程式應用
5	控制程式應用於近接感測器與 DC 馬達作動控制	3	PLC 模組、PC、PLC 之 I/O 模擬模組、繼電器模組、AC 馬達模組	DC 馬達之科學、技術概念，DC 馬達之配線及控制程式應用
6	控制程式應用於近接感測器與 AC 馬達作動控制	3	PLC 模組、PC、PLC 之 I/O 模擬模組、繼電器模組、AC 馬達模組	AC 馬達之科學、技術概念，AC 馬達之配線及控制程式應用
7	控制程式應用於單線圈電磁閥氣壓缸控制	3	PLC 模組、PC、PLC 之 I/O 模擬模組、單線圈電磁閥、氣壓缸模組	單線圈電磁閥、氣壓缸作動之科學、技術概念，其在產業上之控制程式應用
8	控制程式應用於單線圈電磁閥氣壓缸進階控制	3	PLC 模組、PC、PLC 之 I/O 模擬模組、單線圈電磁閥、氣壓缸模組	單線圈電磁閥、氣壓缸作動之科學、技術概念，其控制程式設計及在產業上之應用
9	可程式控制期中評量	3	綜合實作評量	綜合負載控制程式之應用
10	控制程式應用於雙線圈電磁閥氣壓缸控制	3	PLC 模組、PC、PLC 之 I/O 模擬模組、雙線圈電磁閥、氣壓缸模組	雙線圈電磁閥、氣壓缸作動之科學、技術概念，其控制程式設計及在產業上之應用
11	控制程式應用於雙線圈電磁閥氣壓缸進階控制	3	PLC 模組、PC、PLC 之 I/O 模擬模組、雙線圈電磁閥、氣壓缸模組	單線圈電磁閥、氣壓缸作動之科學、技術概念，其控制程式設計及在產業上之應用
12	控制程式應用於步進馬達作動控制	3	PLC 模組、PC、PLC 之 I/O 模擬模組、步進馬達模組	步進馬達之作動之科學、技術概念，其控制程式的設計，與在自動化產業之應用
13	控制程式應用於伺服馬達作動控制	3	PLC 模組、PC、PLC 之 I/O 模擬模組、伺服馬達模組	伺服馬達之作動之科學、技術概念，其控制程式的設計，與在自動化產業之應用
14	控制程式應用於伺服馬達進階作動控制	3	PLC 模組、PC、PLC 之 I/O 模擬模組、伺服馬達模組	伺服馬達之作動之科學、技術概念，其控制程式的設計，與在自動化產業之應用
15	控制程式應用於螺桿機械臂控制	3	螺桿機械臂與輸送機控制系統	螺桿機械臂與輸送帶控制系統之拆裝能力/配線、配管
16	控制程式應用於螺桿機械臂與輸送機控制	3	螺桿機械臂與輸送機控制系統	螺桿機械臂控制實務之能力/螺桿機械臂在產業上應用
17	可程式控制綜合應用-專題製作報告分享	3	機電整合自動化設備	自動化設備機台/在產業控制程式應用能力
18	實作測驗	3	實驗之相關模組，及機電整合自動化設備	綜合實作學習成效評量
彈性開放空間(MW108)、時間(事先於群組申請)、設備，提供練習。				

(2) 對機電整合課之教學設計與研究設計說明

針對機電整合之研究主題「STEM教育結合6E教學模式實踐機電整合教學」，其教學目標設計主要共有四項：

- A. 培養機電整合課之基本核心能力；主要包含自動化設備機構、感測器、致動器之選用能力，機構及電氣元件拆裝之能力，機電整合控制程式設計之能力。
- B. 培養機電整合課創新統整能力；主要包含機電整合設備之機構創新構想，機電整合之控制程式設計創新，機電整合多機的整合監控。
- C. 培養主動學習態度能力；主要包含主動自主學習能力，主動自主實作能力，主動解決問題之能力－彈性開放空間、時間、設備，提供練習。
- D. 培養整合團隊合作能力；主要包含溝通協調能力，跨領域能力，團隊合作解決問題之能力－導入分組合作學學習。

教學方法融入STEM教育理念，教學方法融合6E教學及PBL精神，以實踐機電整合之教學，所以每單元專題(PBL)之教學過程溶入問題導向教學。學習成效的評量方式採用多元評量方式，包含直接評量與間接評量。直接評量有：筆試測驗、實作測試、小組專題報告、機電整合技術證照考試等。間接評量除了同儕評量、學生自評、同儕互動、師生互動、作業或學習單外，評量學生學習成效有：解決延伸問題之技能程度、創新實作程度、解決機電整合競賽問題之能力等。

機電整合課之STEM-6E的教學環之教學內容設計規劃如下：

● 參與 (engage)：

上課時搭配學校現有之軟、硬體設備，以及產業案例設計合適的課程內容。軟體教學工具有：PLC程式編輯軟體，人機介面程式編輯軟體等；硬體教學工具有：PLC模組、人機介面模組、馬達模組、氣壓模組，機電整合技術士術科檢定用機台等，展示虛實整合移動機器人平台、體驗團隊自行研發的虛實整合監控機電整合機台系統成品等(Chin-Shan Chen等人，2018, 2019, 2021, 2022)，以激發學生學習的興趣動機，與融入教學之學習目標及概念。圖5展示自行研發的虛實整合監控機電整合機台系統成品之一：虛實整合同步監控機電整合邏輯機構系統，可以讓學生體驗，搭配數位多媒體技術－讓虛擬實境輔助機械手臂取放工件現場逼真的顯現出來，再應用虛實整合的人機介面設計技術，實現虛擬實境與實體機台實境同步監控取放工件作業，透過高親和力虛實整合系統的體驗，提升學習興趣與動機，再導入機電整合相關知識與技能。圖6則顯示荷重分類與整列機電整合機台之虛實整合系統，其中(a)圖顯示虛擬實境及網

路遠端操作人員，圖(b)則顯現作業現場的荷重分類與整列機台及人機介面。

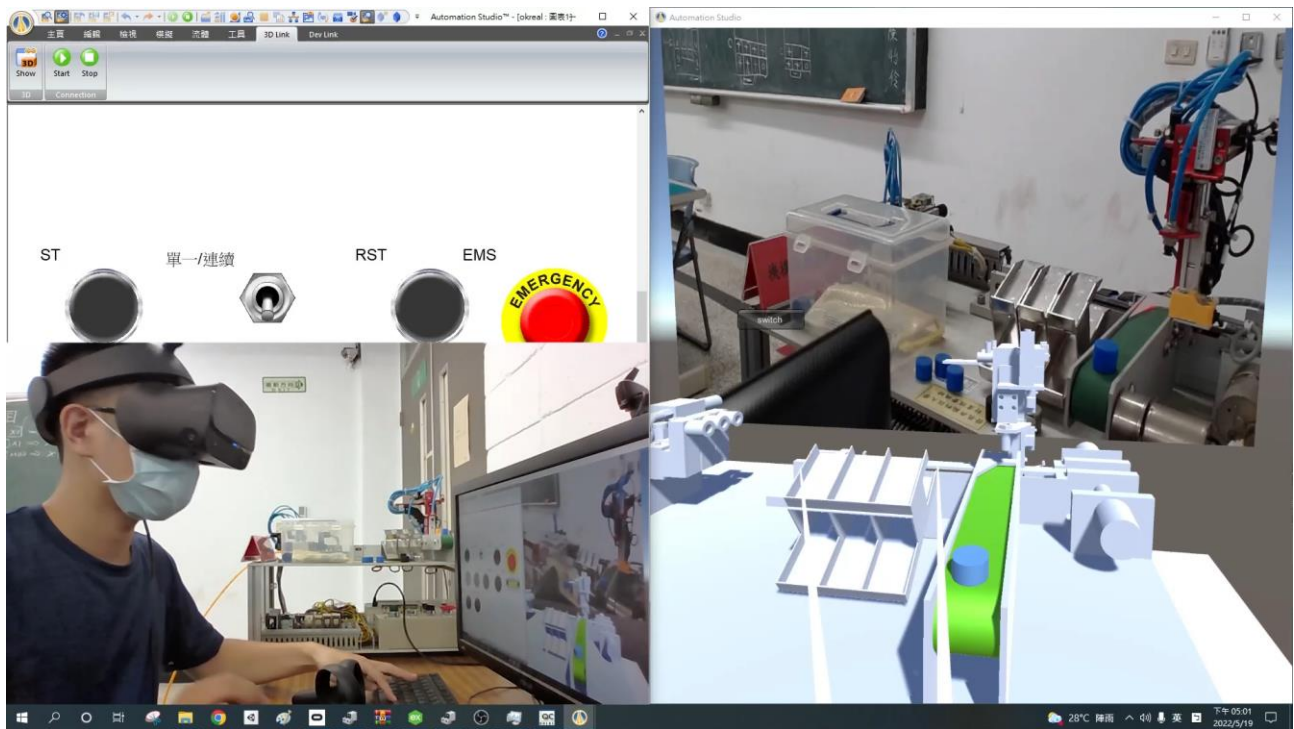
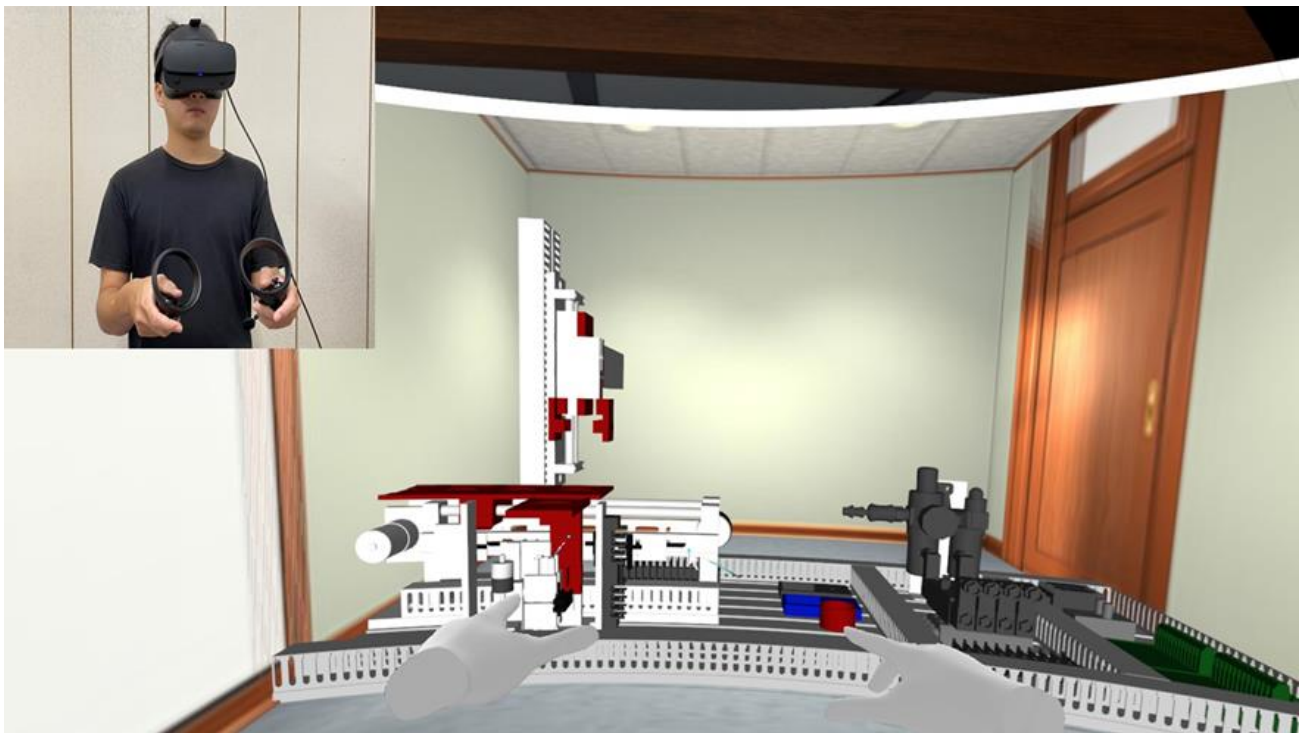
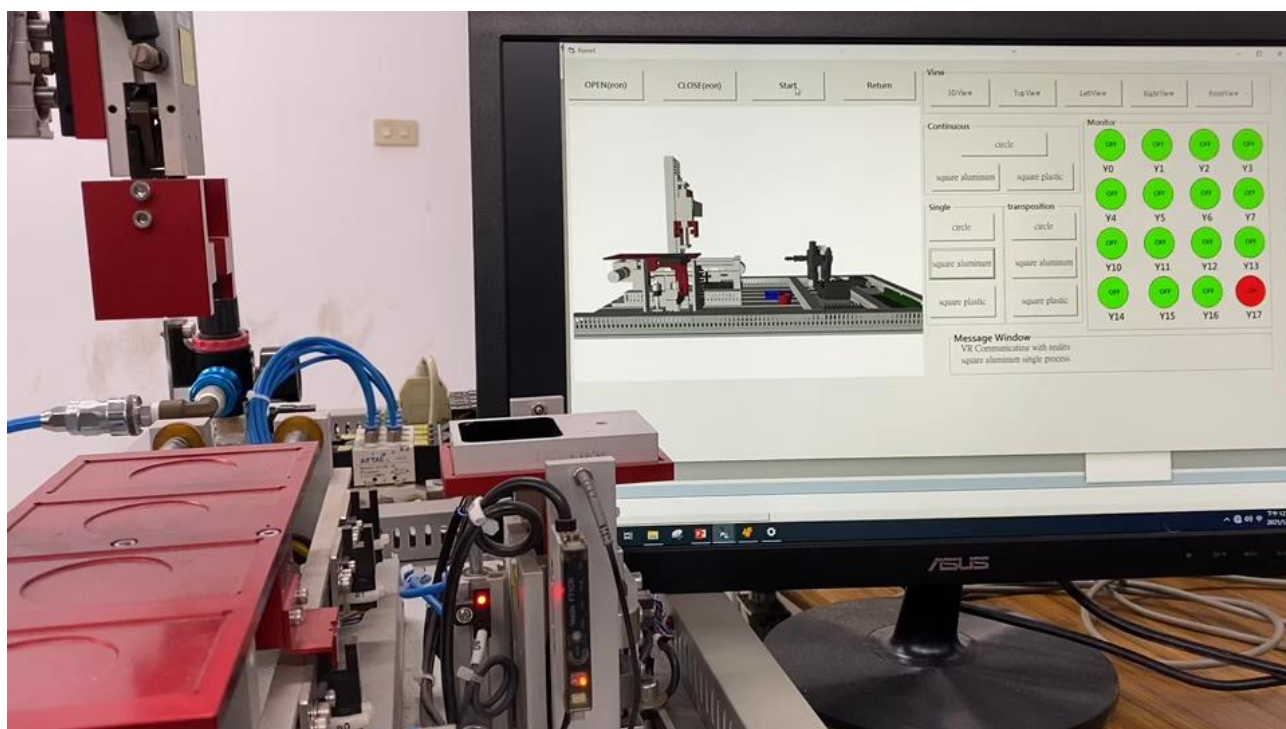


圖5 虛實整合同步監控機電整合邏輯機構系統



(a) 荷重分類控類與整列之虛擬實境場景及網路遠端操作人員



(b) 作業現場之稱重分類與整列機台及人機介面

圖6 荷重分類與整列機電整合機台之虛實整合系統

- 探索(explore)：

機電整合課之課程內容具有跨領域特質，內涵機械領域技術、電子電機技術、光電感測技術、及資訊、控制技術等領域，要完成相同動作與功能，可選用或設計多樣性的機構來達成，同樣的控制器、控制程式的設計也是具有多樣性的選擇，因此，運用現有的機電整合設備，設計各類不同的學習單元，擺脫傳統的教學方式，並且讓學生學會機電整合的核心目標與核心能力，設計規劃的學習單元主題、教學活動與STEM理念，如下表2的說明。其中設計規劃的每一單元都會導入多領域不同的科學原理，工程技術、數學概念與應用，教學過程中先會讓學生實作與探索，並適度的提出相關領域之核心設計問題，促進學生自身學習經驗的機會，並透過學習單之反思，加深學生對基礎知識及技術能力的認知。

- 解釋(explain)：

每單元實習過程中或完成後，學生在該學習單元中，已經有經歷實作的探索，教師適時透過提出核心能力的相關問題，激發學生分組討論，並提出報告，以確認學生對該單元之核心能力掌握度，最後教師綜合組織該單元之系統性、結構性的認知，解釋說明該單元所學的科學原理或數學概念或工程技術知能，如表2所示，並指出學生對課程單元學習概念之迷失，加深學習正確的核心知能。

- 擴展(extend)：

學生整合所學到的知識與技能，應用此知識與能力解決現實的問題，如擴展所學知識與技能應用到實體的機電整合機台，或更深入的機電整合乙級機台的控制，並分組完成各學習單元所設計的實務專題，使學生更能深入理解所學的知識與技能。

- 深化(enrich)：

引導鼓勵學生將所學知識與技能做更深更廣的探究，鼓勵參加機電整合技術士檢定，鼓勵參加全國性的競賽，如全國大專校院創意設計與製作，或協助解決產業界之案例，以應用所學的專業技能解決更複雜的問題。

- 評量(evaluate)：

本計畫衡量評量方法後，為了能明確的檢驗學生學習成效，採用多元評量方式含直接評量與間接評量。直接評量含期中之學科測驗、期末之實作測試、機電整合技術證照考試之學科及術科測驗等。間接評量有：出席率、學習動機、同儕互動、師生互動、報名參加競賽、檢定考試，取得機電整合專業技術證照、問卷調查及學習單回饋，解決延伸問題能力等。

為了達到學生學到核心能力的知識及技能及教學的目標，將課程教學設計分成10個主要學習單元為：DC/AC馬達控制、單線圈/雙線圈氣壓缸控制、機電整合檢定五站之設備，控展延伸之技能則為設計人機介面控制機電整合機台，機電整合乙級檢定設備，各學習單元主題及其教學活動與STEM理念設計規劃，如表2所示。

表2 學習單元主題之教學活動與機電整合STEM設計規劃

學習單元主題	教學活動	S (科學原理)	T(科技應用)	E(工程程序)	M(數學概念)
DC馬達控制	6E+ DM	1. DC馬達轉速調整 2. DC馬達轉矩	控制器 DC馬達 感測器	控制器設計 DC馬達設計 控制程式設計	1. $n = K_n(V_m - R_m I_a) / \Phi$ 2. $T = (1/2\pi) K_b I_a \Phi$
AC馬達控制	6E+ DM	1. AC馬達轉速 2. AC馬達配減速機轉矩	控制器 AC馬達 感測器	控制器設計 AC馬達設計 控制程式設計	1. $N_{rpm} = 120f/P$ 2. $T_G = T_m * i * \eta$
步進馬達控制	6E+ DM	1. 步進馬達平台移動速度 2. 步進馬達控	控制器 步進馬達	控制器設計 驅動器設計	1. $v = R * f = \theta L f / (360i)$ 2. $N_{pulses} = 360 i S / (\theta L)$

		制命令	感測器	步進馬達設計 控制程式設計	
單線圈 電磁閥 氣壓缸 控制應用	6E+ DM	1. 氣壓缸作動 速度 2. 氣壓缸出力 大小 3. 電磁閥截面 大小	控制器 電磁閥 氣壓缸 感測器	電磁閥設計 氣壓缸設計 控制器設計 控制程式設計	1. $Q_{\max} = A v_{\max} e = A v_{\max} (1.033 + P_o) / 1.033$ 2. $F = \eta A P$ 3. $A_s = Q / (0.37 * (\Delta P * P)^{1/2})$
雙線圈 電磁閥 氣壓缸 控制應用	6E+ DM	1. 氣壓缸流量 與作動速度 2. 氣壓缸出力 大小 3. 電磁閥截面 大小	控制器 電磁閥 氣壓缸 感測器	電磁閥設計 氣壓系統及其 組件 控制程式設計	1. $Q_{\max} = A v_{\max} e = A v_{\max} (1.033 + P_o) / 1.033$ 2. $F = \eta A P = A P - F_f$ 3. $A_s = Q / (0.37 * (\Delta P * P)^{1/2})$
螺桿機 械臂與 輸送控 制	6E+ DM	1. 螺桿機械臂 移動平台推力 2. 平行氣壓夾 爪出力 3. 輸送帶轉速 及出力	控制器 輸送帶 氣壓夾 爪 螺桿機 械臂 感測器	輸送帶分析設 計 平行氣壓夾爪 分析設計 螺桿機械臂分 析設計 控制程式設計	1. $F_a = 2\pi\eta T_{in} / l_{lead}$ 2. $F_{out} = \frac{L_2}{L_1} \times \frac{\pi}{8} P (D_2^2 - D_1^2) \cos \theta$ 3. $v = (\pi D N_{rpm}) / 60 (m/sec)$ $T1 = \mu \times W (D/2) / \eta l$
旋轉機 械臂與 顏色辨 別控制	6E+ DM	1. 旋轉機械臂 轉速 2. 真空吸盤吸 力	控制器 旋轉機 械臂 翻轉機 構 感測器	旋轉機械臂設 計 氣壓吸盤設計 控制程式設計	1. $v = \omega_m t$ 2. $F_{th} = (M/\mu) (g + a) S_{coe}$
凸輪機 械臂與 進下料 控制	6E+ DM	1. 凸輪機械臂 行程 2. 真空吸盤直 徑	控制器 凸輪機 械臂 氣壓吸 盤	凸輪機械臂設 計 真空吸盤設計 控制程式設計	1. $S_u = h [(\theta/\pi) - (1/2\pi) \sin (2\theta)]$ $S_d = (-h) [((\theta - \pi)/\pi) - (1/2\pi) \sin(2(\theta - \pi))] + h$ 2. $D_{th} = (9.8M S_{coe})$

			感測器		$1000/\pi n P)^{1/2}$
沖壓與鑽孔加工控制	6E+DM	1. 沖壓蓋印力量 2. 鑽孔速度	控制器 沖壓蓋印機構 分度機構 鑽孔機構感測器	蓋印機構設計 鑽孔機構設計 分度盤機構設計 控制程式設計	1. $F=\eta AP=AP-F_f$ 2. $v_c=(\pi D N_{rpm})/1000$
荷重分類與整列	6E+DM	1. 槓桿原理與重量 2. 平行氣壓夾爪出力	控制器 荷重分類機構 整列機構 感測器	荷重分類設計 整列機構設計 直角座標機械臂設計 控制程式設計	1. $d_F \times F = d_w \times W$ 2. $F_{out} = \frac{L_2}{L_1} \times \frac{\pi}{8} P(D_2^2 - D_1^2) \cos \theta$

註:DM (Digital Multimedia, 數位多媒體)

本研究的教學方式，應用做中學的理念，因此先讓學生**參與**專題單元、**探索**專題單元，即專題單元實作後，學生於實作過程中發現的現象，並讓學生說明、**解釋**現象及所代表意義，教師再補充**解釋**概念與原理，導入了該單元的作動原理、設計製作原理、科學原理與數學理念，以及數學的物理意義，例如，氣壓缸的作動控制單元中，先讓學生實作、調整節流閥後，觀察到氣壓缸的作動行為，再讓學生提出看法及為什麼？教師再導入解說氣壓缸的作動速度與氣體流量關係之科學原理(公式7)，學生自然對該單元的核心能力之一的科學原理概念，會有深入的體會，其它學習單元教學方式也類似如此的教學運作，而其它各專題單元的物理意義及數學符號說明如下：

(1) 直流馬達作動原理中兩個重要的動作參數是馬達扭矩(torque, T)，以及馬達轉速(n)，分別可以以下方程式(1)、(2)表示：

$$\bullet \quad n = K_n (V_m - R_m I_a) / \Phi) \dots\dots\dots (1)$$

$$\bullet \quad T = (1/2\pi) K_b I_a \Phi \dots\dots\dots (2)$$

其中

n : 場電樞頻率 (rpm) ；

K_n ：馬達常數；

V_m ：馬達輸入電壓 (V) ；

R_m ：馬達電阻 (Ω) ；

I_a ：電樞電流 (A) ；

Φ ：磁通量 (Wb) ；

T ：馬達轉矩；

K_b ：反電動勢常數；

- (2) AC馬達的兩個重要的動作參數是馬達扭矩，本研究所使用的教材是AC馬達配減速機轉矩(torque, T_G)，以及交流馬達轉速(N_{rpm})，分別可以以下方程式(3)、(4)表示：

$$\bullet \quad N_{rpm} = 120 f / P_{ole} \dots\dots\dots (3)$$

$$\bullet \quad T_G = T_m i \eta \dots\dots\dots (4)$$

其中

N_{rpm} ：交流馬達的轉速

f ：交流電的頻率

P_{ole} ：馬達內部的磁極對數

T_m ：馬達輸出的轉矩(N-m)

i ：減速機的減速比

η ：減速機的傳動效率

- (3) 步進馬達於產業上常用的兩個重要的動作參數是：步進馬達搭配平台移動速度(v)，及步進馬達控制命令(N_{pulses})，本研究所使用的教材是步進馬達搭配導螺桿之移動平台速度(v)，以及下達控制馬達轉速的指令參數(N_{pulses})，分別可以以下方程式(5)、(6)表示：

$$\bullet \quad \begin{aligned} v &= R f \\ &= \frac{\theta L}{360i} f \dots\dots\dots (5) \end{aligned}$$

$$\bullet \quad N_{pulses} = 360 i S / (\theta L) \dots\dots\dots (6)$$

其中

R ：工作平台的位移解析度(mm)

f ：控制器送給步進驅動器的脈波頻率(Hz)

θ ：步進馬達的步進角度

L ：導螺桿導程

i ：馬達輸出軸與導螺桿間的轉速比(減速比)

S ：平台移動之距離(mm)

(4) 單/雙線圈電磁閥氣壓缸控制應用

液氣壓系統廣泛應用於各產業及日常生活上，液氣壓系統在控制上最常搭配的方向控制閥是電磁方向控制閥(簡稱電磁閥)，本研究的教材是：單/雙線圈電磁閥控制氣壓缸作動及應用，規劃讓學生學會的科學原理為：氣壓缸作動速度($v_{\max}$)、氣壓缸出力大小(F)、電磁閥截面大小(A_s)的選擇，並比較單/雙線圈在控制程式的設計的異同。氣壓缸作動速度、出力大小(F)、及電磁閥截面大小(A_s)的方程式，分別可以用下方程式(7)、(8)、(9)表示：

$$\bullet \quad Q_{\max} = A \ v_{\max} \ e = A \ v_{\max} (1.033 + P_o)/1.033 \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$\bullet \quad F = \eta \ A \ P = AP - F_f \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$\bullet \quad A_s = \frac{Q}{0.37 \sqrt{\Delta P * P}} \quad \dots\dots\dots (9)$$

其中

$Q_{\max}$ ：最大供氣流量

Q ：瞬間供氣流量

A ：氣缸缸內徑截面積

e ：空氣壓縮補償係數 (Air Compressibility Factor)

P_o ：表壓力 (Gauge Pressure)

η ：氣壓缸效率

F_f ：氣壓缸摩擦力

P ：供給壓力

ΔP ：容許壓力降

(5) 螺桿機械臂與輸送控制

螺桿是一種將旋轉運動轉換為直線運動的元件，廣泛應用在工業自動化、工具機、半導體設備等領域，常常搭配線性滑軌使用，可應用於耐衝擊、高精度、高負載等產業，本研究之教材為螺桿機械臂搭配氣壓夾爪，及輸送機，完成送料、判別料件，再傳送至定位區的完整系統，其中關注幾個產業核心的技術能力：螺桿驅動移動平台所產生的推力(F_a)、氣壓驅動的平行氣壓夾爪出力(F_{out})、及輸送機的轉速(v)與出力(T_1)大小，其相對應的數學公式(概念)，如方程式(10)至(13)所示：

$$F_a = 2\pi \eta T_{in} / l_{ead} \dots\dots\dots (10)$$

$$F_{out} = \frac{L_2}{L_1} \times \frac{\pi}{8} P (D_2^2 - D_1^2) \cos \theta \dots\dots\dots (11)$$

$$v = (\pi D N_{rpm}) / 60 \dots\dots\dots (12)$$

$$T_1 = \frac{\mu W D}{2\eta} \dots\dots\dots (13)$$

其中

F_a ：螺桿驅動平台所產生的推力(N)

η ：螺桿效率

T_{in} ：馬達輸入扭力 (N-m)

l_{ead} ：螺桿導程 (m/rev)

L_1 ：連桿輸入端長度 (m)

L_2 ：連桿輸出端長度 (m)

D_1 ：氣壓缸內徑 (m)

D_2 ：氣壓缸外徑 (m)

θ ：作動角度

D ：輸送滾筒直徑 (m)

N_{rpm} ：滾筒轉速 (rpm)

μ ：摩擦係數

W ：載重 (N)

(6) 旋轉機械臂與顏色辨別控制

旋轉機械臂與顏色辨別控制之機電整合設備，包含旋轉機械手臂其一端搭配氣壓真空吸盤，翻轉機構，配合感測器與控制程式的設計與撰寫，可達到辨別入料的顏色，並將所有的入料翻轉成正確的面相後，再由旋轉機械臂取料、再送到出料區。本教材的規劃核心科學原理為：真空吸盤吸力(F_{th})、及旋轉機械臂轉速(v)，分別如下說明：

- 真空吸盤吸力原理

$$F_{th} = (M/\mu) (g + a) S_{coe} \dots\dots\dots (14)$$

- 旋轉機械臂轉速原理：

$$v = \omega_m l \dots\dots\dots (15)$$

其中

F_{th} ：真空吸盤理論吸力 (N)

M ：物體質量 (kg)

μ ：摩擦係數

g ：重力加速度 (9.8 m/s^2)

a ：加速度 (m/s^2)

S_{coe} ：安全係數

ω_m ：旋轉機械臂馬達的角速度

l ：旋轉機械臂的臂長

(7) 凸輪機械臂與進下料控制

凸輪機械臂與進下料控制之機電整合設備，包含凸輪機械手臂其一端搭配氣壓旋轉缸真空吸盤，氣壓旋轉缸真空吸盤機構，配合感測器與控制程式的設計與撰寫，可達到辨別入料的方位，並將所有的入料旋轉成正確的方位後，再由凸輪機械臂向下取料、再送到出料區。本教材的規劃核心科學原理為：吸取（向上 S_u ）行程、釋放行程（向下 S_d ）原理、及真空吸盤直徑(D_{th})原理，分別如下說明：

- 吸取行程（向上 S_u ）原理：

$$S_u = h [(\theta/\pi) - (1/2\pi) \sin (2\theta)] \dots\dots\dots (16)$$

● 釋放行程（向下 S_d ）原理：

$$S_d = (-h)[((\theta-\pi)/\pi) - (1/2\pi)\sin(2(\theta-\pi))]+h \dots\dots\dots (17)$$

● 真空吸盤理論直徑原理

$$D_{th} = (9.8M S_{coe} 1000/\pi n P)^{1/2} \dots\dots\dots (18)$$

其中

θ ：凸輪旋轉角度（rad）

h ：凸輪行程最大高度

D_{th} ：真空吸盤直徑

N_{rpm} ：滾筒轉速 (rpm)

n ：吸盤數量

P ：真空壓力（Pa）

π ：圓周率

(8) 沖壓與鑽孔加工控制

沖壓與鑽孔加工控制之機電整合設備，包含分度盤、氣壓沖壓裝置、鑽孔裝置，配合感測器與控制程式的設計與撰寫，可分辨金屬料工件與非金屬料工件，正規流程規劃為：入料後判別料是金屬料則分度盤轉90度做蓋印的動作，完成蓋印後，再轉90度到鑽孔區做鑽孔的工作，完成鑽孔後，分度盤再轉90度至出料區。入料如辨別為非金屬料則分度盤轉90度做蓋印的工作，完成蓋印後，轉180度到出料區。因此，本單元教材的規劃核心科學原理為：蓋印的力量(F)、及鑽孔的速度(v_c)，分別如下(19)、(20)之方程式說明：

$$F = \eta A P = A P - F_f \dots\dots\dots (19)$$

$$v_c = (\pi D N_{rpm}) / 1000 \dots\dots\dots (20)$$

其中

A ：印章截面積

η ：效率

P：氣壓壓力

N_{rpm} ：馬達轉速 (rpm)

D：鑽頭直徑

(9) 荷重分類控類與整列

荷重分類控類與整列之機電整合設備，包含槓桿式秤重裝置（技巧性的荷重分類）、氣壓缸機械手臂搭配氣壓夾爪、整列盤裝置，配合遮斷式感測器與控制程式的設計與撰寫，可分辨最重重量之金屬料工件、中重量非金屬料工件、最輕重量的圓形工件、之後再經由整列盤輸送到不同的定位之格位。因此，本單元教材的規劃核心科學原理為：槓桿原理、及氣壓驅動的平行氣壓夾爪出力(F_{out})，分別如(21)、(11)之方程式說明：

槓桿原理： $d_F \times F = d_w \times W$ (21)

其中

d_F ：施力臂

F：施加的力(配重的砝碼)

d_w ：被測物體力臂

W：被測物體重量

2. 研究步驟說明

(1) 可程式控制課之研究架構

本研究旨在提升「可程式控制」課程之教學效能，結合PBL（問題導向學習與專案導向學習）策略與數位多媒體輔助教學資源，進行創新教學實踐。其整體研究架構如圖7所示，核心理念為：「以學生為中心，促進主動學習、實務應用及團隊合作能力的全面發展」。主要的設計規劃步驟為：設計規劃可程式控制各單元要學習的核心能力、控制程式統整能力、主動學習實作能力、團隊合作解決問題的能力，教學過程導入6E教學與專題導向/問題導向教學，並使用數位科技的技術，以數位多媒體輔助教學，最後採用多元的教學成效評估方式，以能正確有效的評量學生的學習成效，以及教學的成效，並隨時回饋教學，持續改善教學。

A、教學設計流程與目標規劃（如圖8所示）

本教學實踐設計包含六大主要步驟：

- 訂定教學目標
- 選擇專案所需關鍵知能
- 構思具情境性的問題
- 建構數位學習資源
- 導入合作學習
- 設計多元評量方式

依據系所之教育宗旨與核心能力指標，課程設定以下四大教學目標：

- 培養學生對「可程式控制」的基本知識與學習興趣
- 強化學生的創新整合與應用能力
- 提升學生的主動學習與自我探究能力
- 建立良好的團隊合作精神與解決問題能力

透過上述教學目標，設計以學生學習為導向的專題學習模組。學生將在個別或小組形式中，透過「做中學、學中做」的歷程，針對核心問題進行深入探究與解決。這樣的設計不僅讓學生熟悉可程式控制相關知識與技能，還進一步強化其邏輯思維與創意整合能力，並透過合作學習培養有效的團隊協作能力。

此外，本研究亦建立了以學生為中心的數位多媒體教學環境，提供影音教材與同步網路課程平台，支援學生課後自主學習、資源重複利用與進階探究，有效提升整體學習成效與教學互動性。

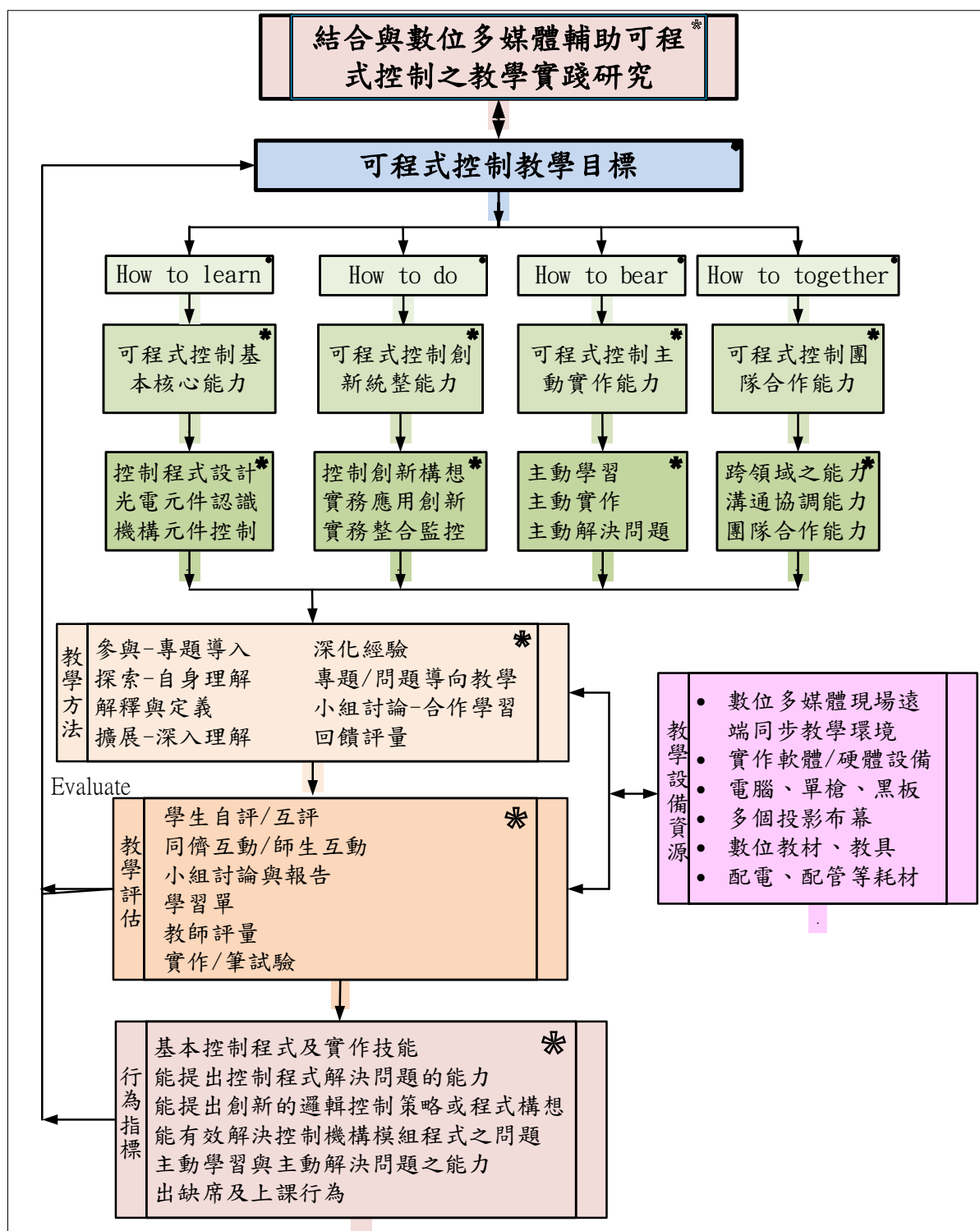


圖7 「數位多媒體輔助可程式控制實習之教學實踐」研究架構圖

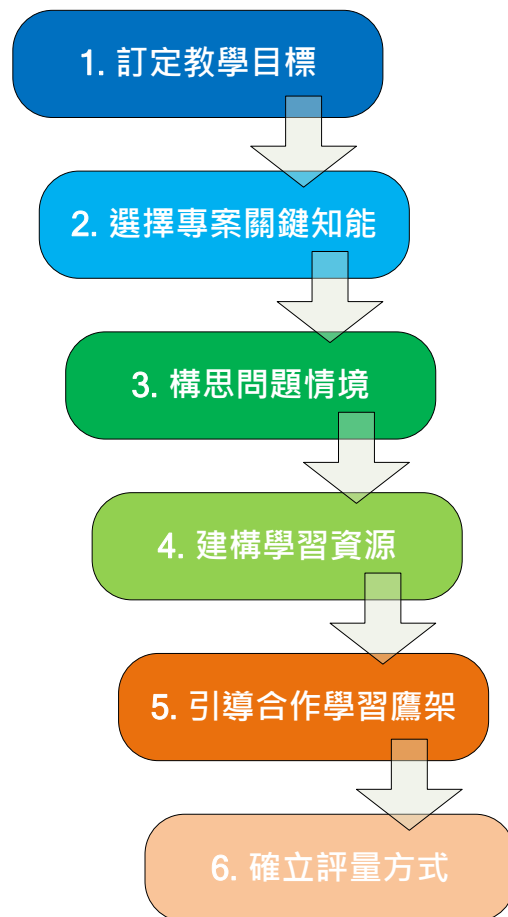


圖8 PBL的教案與課程設計流程規劃

B、專案導向學習設計與實作流程（如圖9所示）

根據所訂教育目標與學習需求，設計具體且明確的專案式教學流程，步驟如下：

- (a) **明確設定學習目標**：確定學生需學會之各專題單元的核心能力、控制語法、基本與應用指令、迴路邏輯與元件操作。
- (b) **設計專案任務**：設定具挑戰性的專案問題，需涵蓋控制流程與實體應用。
- (c) **問題分析與流程繪製**：學生需分析專案的動作邏輯與控制步驟，繪製流程圖與時序圖，並定義輸入與輸出。
- (d) **轉換成圖形化控制語言**：由流程圖轉化為Grafcet圖形語言，進一步延伸至SFC（Sequential Function Chart）語言，作為可程式控制的標準化工具。
- (e) **語言擴展與實作**：進階學生可進一步轉換為C語言或VB語言程式撰寫，以強化程式應用能力。

(f) **模擬與實體測試**：在完成模擬測試確認正確性後，再進行實體設備的測試驗證，提升學生實務應用的信心與能力。

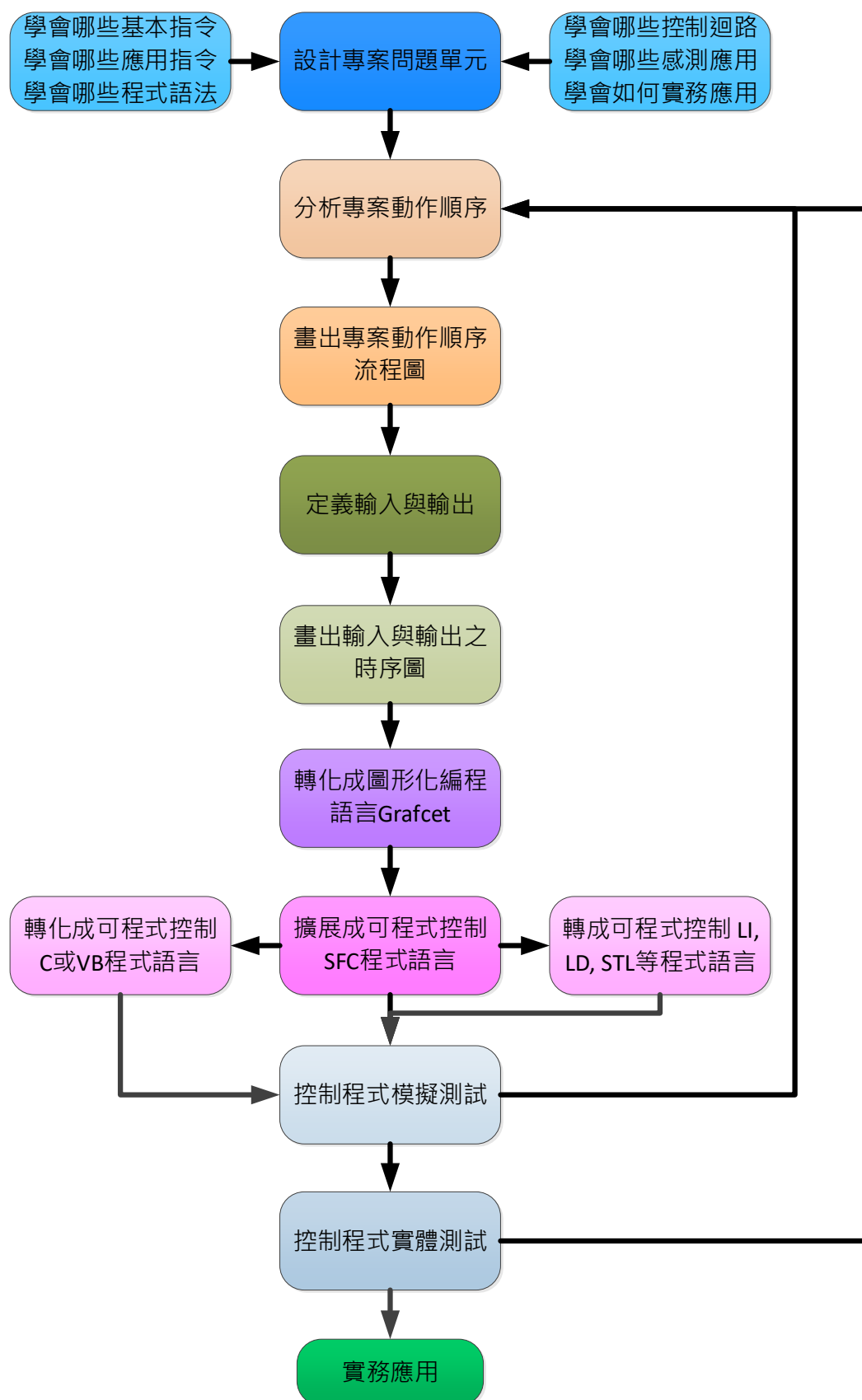


圖9 選擇專案關鍵知能教學設計流程

C、傳統與創新教學法比較與實施成效

傳統的「可程式控制」教學模式多半依序介紹控制器架構、基本指令與應用指令、邏輯迴路、控制迴路設計、PLC程式設計(階梯圖、步進階梯圖、順序功能流程圖等語言)，與應用實習等，目前市面上PLC教科書的編寫方式，大多也是用上述的順序編寫，如表3所列。依據以往教學經驗發現，這種以教師為主的被動學習方式，學生往往難以理解抽象概念，上完基本指令、應用指令之後，等要實務模組控制時，所有指令都已經忘記，學習動機低落，學後也難以靈活運用所學於實務應用中，因此，思考是否有比較好的教學方式?解決上述教學困境。

相較之下，本研究提出的專案導向與問題導向結合之學習模式，強調「學中做、做中學」的實作歷程。學生在各設計規劃的學習單元中，自然學會基本指令、應用指令，控制迴路，配線實務技巧，控制程式的設計與應用，學生不再僅是知識的接收者，而是透過解決真實問題，內化控制邏輯與指令知能，並藉由模擬測試強化學習信心，再應用至實體設備上完成操作驗證，徹底打破傳統的教學方式，與改變傳統被動學習模式，實踐以學生為主體、任務為驅動的創新教學法。

表3 PLC傳統上課進度流程表

	PLC傳統上課進度流程
1	可程式控制器概論
2	基本指令介紹
3	應用指令介紹
4	控制迴路設計
5	階梯圖及步進階梯圖程式設計
7	順序功能流程圖程式設計
8	可程式設計與應用實習

以控制DC馬達學習單元為例，說明如下:此為產業於廢棄物中分離雜物的實務案例，教案設計過程的目標，主要訓練學生學會該單元之核心能力，及分析專案動作順序的邏輯思考，除了學會基本指令、應用指令:上下微分指令PLS、PLF外、復置指令RST、ZRST之功能與應用，也學會特殊內部輔助繼電器M8000、M8002的功能與應用，以及撰寫計時器(T)、計數器(C)的方法及功能，其他對控制上的互鎖迴路、光電感測器，實務應用等也會深入的了解。

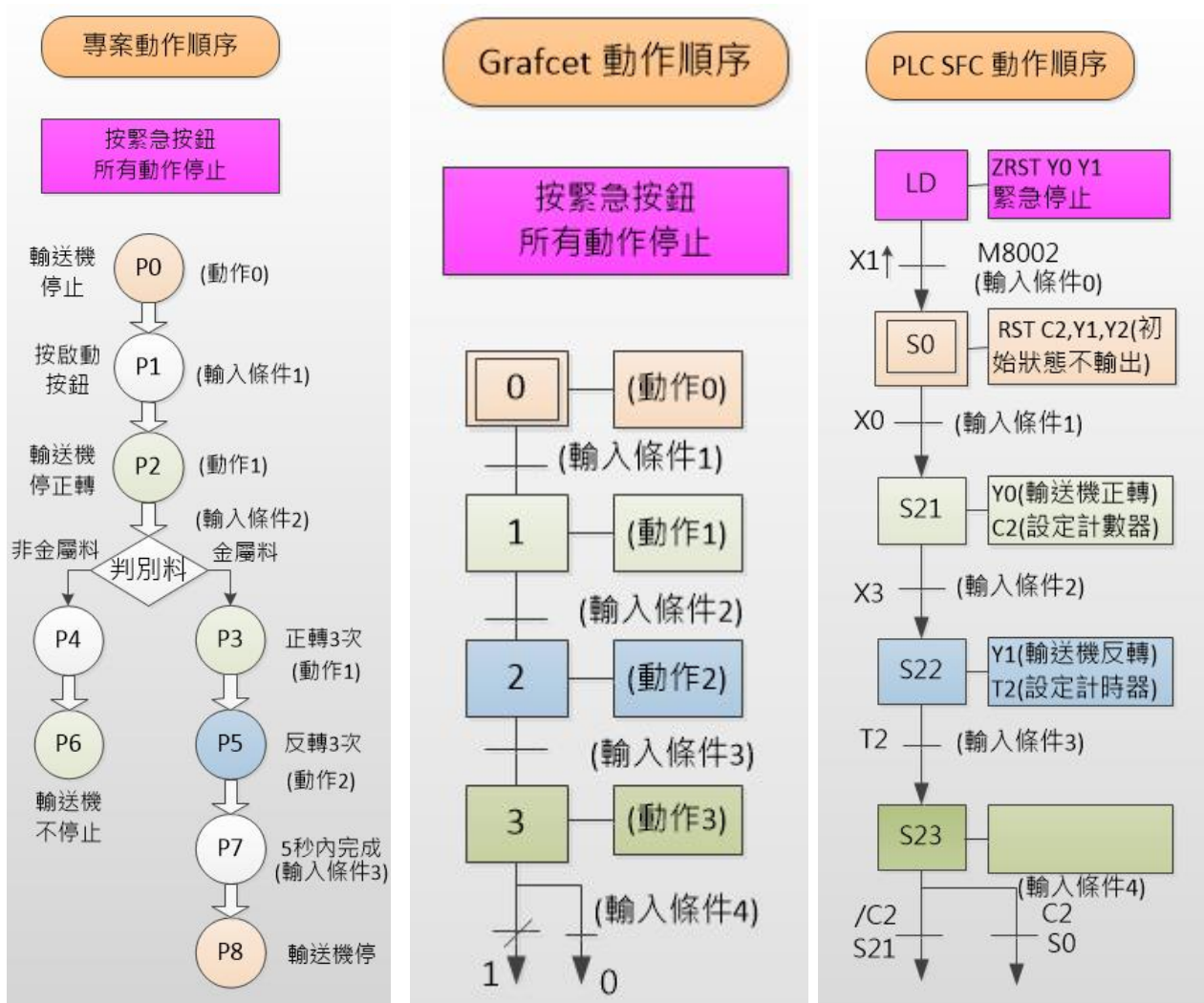
「輸送機正反轉與料件判別」之專案單元設計，與Grafcet、PLC之SFC程式轉換技巧，其規劃流程，如圖10之(a)、(b)、(c)所示。簡要說明如下：

首先需要學習核心能力之一為；控制馬達作動的控制線迴路、動力線迴路、與輸送機機台的配線技巧，而輸送機機台、配線線標及端子，如圖11所示。

其次核心能力是；學生需詳細了解及規劃專案動作順序，並畫出完整的邏輯順序動作，如P0-P8(圖10 (a))所示，分析定義專案的詳細動作順序所需要輸入/輸出條件，之後將輸入條件及輸出動作，並畫出其輸入/輸出時序圖，很快就可將專案動作順序並轉化成Grafcet之邏輯動作順序(圖10 (b))，並了解馬達作動的科學原理。

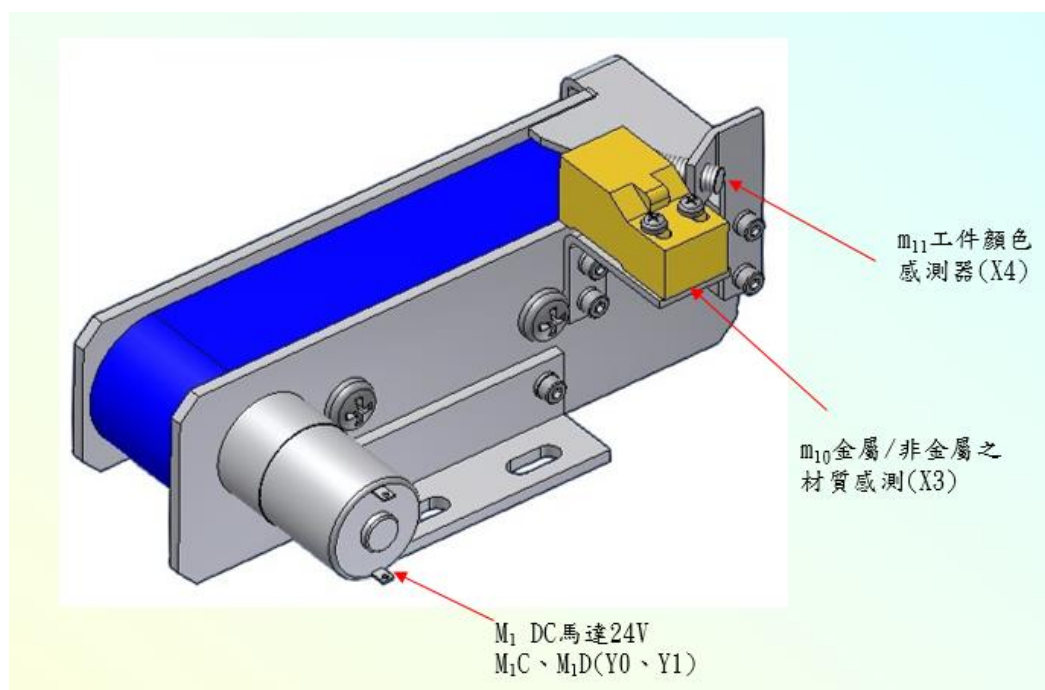
緊接選擇Grafcet動作順序之輸入條件及輸出動作之適合元件，並規劃成PLC的所對應之輸入/輸出位置點的編碼，如X0、X1、Y0、Y1等，並順利將Grafcet動作順序圖，轉化成PLC之SFC程式的邏輯動作順序圖，如圖10 (c)所示。最後依據規劃的PLC之SFC圖，將PLC之SFC程式輸入可程式控制器，經模擬沒問題後，即可安全的與實體機台結合測試。

藉由這一套有系統的實務的邏輯訓練，學生可深刻體會邏輯觀念，並所學會該單元的核心能力：撰寫控制程式時所需的基本指令、應用指令語法、控制迴路，及馬達控制實的配線技巧等，並能有效的應用到現實面上產業實務。

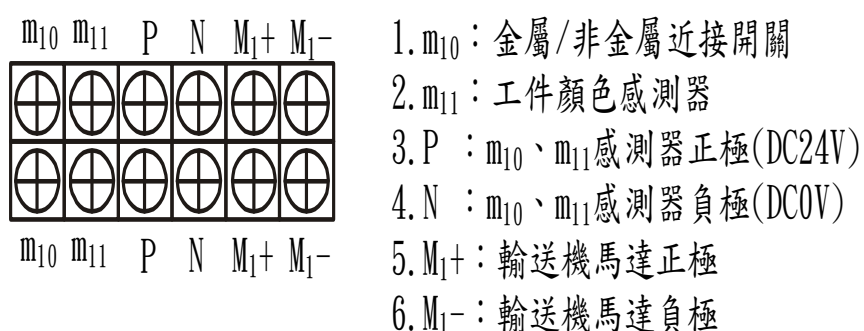


(a)專案動作順序流程圖 (b) Grafcet 動作順序流程圖 (c) PLC SFC 動作順序流程圖

圖10專案問題導向單元-輸送機正反轉與料件判別之設計流程圖



(a) 輸送機機台示意圖



(b) 配線之線標及端子

圖11 輸送機正反轉與料件判別實習機台：(a) 輸送機機台，(b)配線線標及端子

PBL教案設計過程中接著是構思PBL教學的問題情境，建構良好的學習環境與資源，因此規劃建構數位多媒體影音現場、網路同步教學的環境，學生可以透過現場清清楚楚觀看教學演示，也可透過多布幕顯示，藉由現場或遠端的電腦螢幕顯示、手機顯示、平板電腦顯示等清楚詳細的觀看完整的教學演示，其規劃的架構，如圖12所示。完整的教學演示歷程錄製檔案，上傳到學校數位教學平台(Moodle)系統，學生可隨時下載，提供學生學習無時差的自主學習環境與自主學習所需要的詳細參考資料。

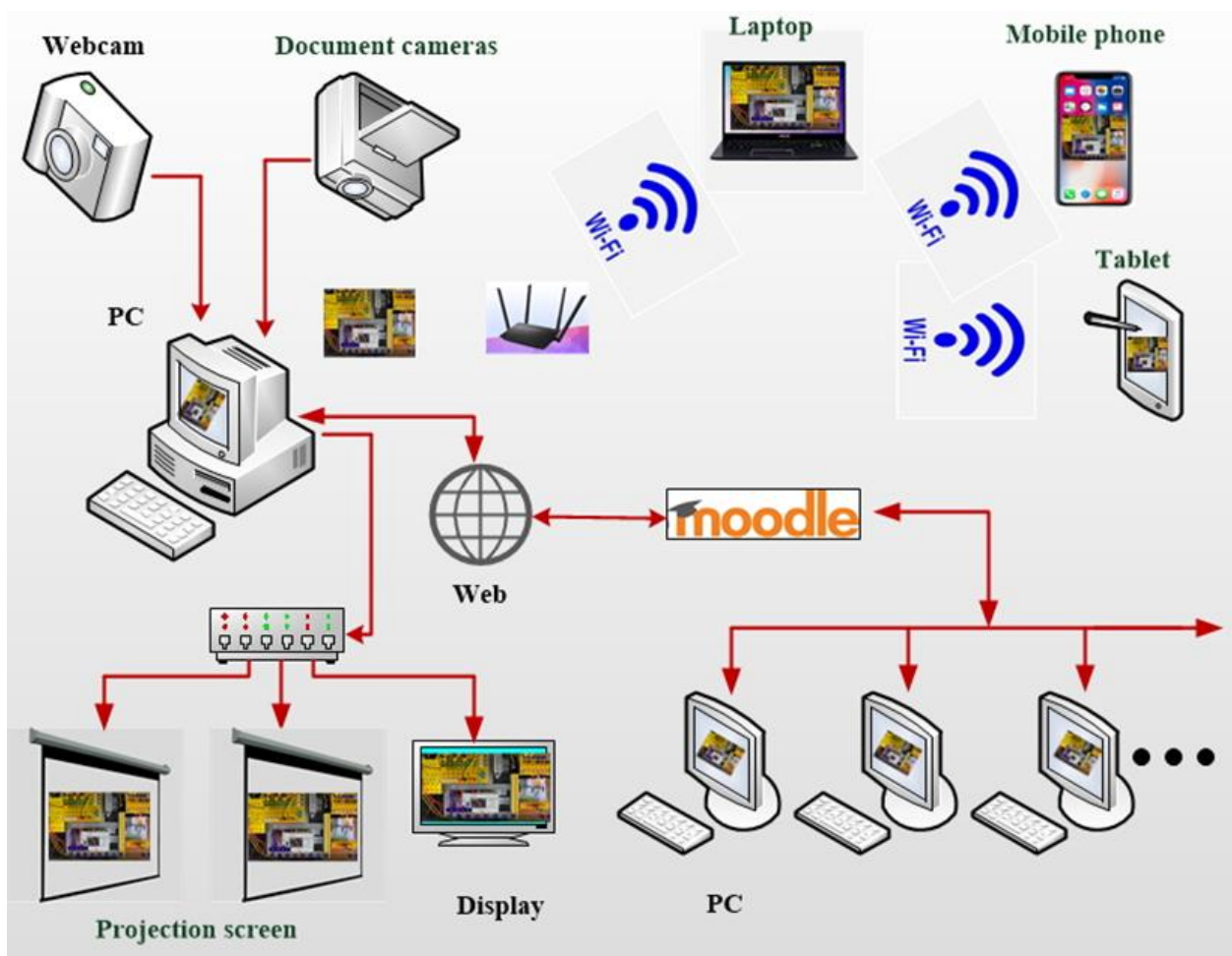


圖12 數位多媒體影音現場、網路同步教學的環境規劃圖

PBL教案設計導入合作學習過程中，採用每組3-4人為原則，建立組員角色與責任，利用抽籤方式促進平等參與及發言，最後提供發問、回饋、示範、提示等認知鷹架以支持小組的合作學習。

PBL的教學活動過程，首先需確認教育目標要符合本系的4個教育目標的前提下，規劃各個以專案導向的專案學習單元內容，適時的提出核心能力的專案問題，並激發學生學習動機，深化核心能力的學習。讓小組發揮團隊精神，規劃解題的邏輯程序，蒐集資料與分析，經自主學習與小組討論後，解決專案問題，並展現學習成果。專題單元時學習後，藉由組員間的互評、學生自評、與教師的講評，以提升每一學習專題單元的學習成效。最後，每門課於期中考後的3個星期，邀請業界專家協同教學，分享機電整合(或可程式控制)在產業界的實務應用案例，及解決案例的技術與技巧。

學生學習成效的評量：有效的學習成效評量，可以給學生學習上適當的回饋，也能提供老師教學上的回饋，提供教學上持續改善的依據。學習成效評量方式常常採用間接評量與直接評量：直接評量；如期中考的筆試、期末考的實作測驗、報告等。間接評量常常採用Rubrics之評量尺規，其評量要點為依據核心學習要項，設計水平軸及縱軸之量表，再依據學生之表現水準給予相對應的

分數。本計畫使用多元評量方式：包含同儕互評、學生自評、及教師評量等三大面向。間接評量則蒐集以下資料：每單元學習完成後每位學生都需要填寫的學習單(如附件1)，師生互動資料，小組組員學習自評表(如附件2) 及互評表(如附件3) 資料，學生上課時的表現資料，學生上課出缺席資料，作業。直接評量：有筆試測驗，上機實作測驗，期中筆試測驗，及期末綜合上機實務測驗等，以能有效、明確的真正檢驗學生的學習成效。

本研究的學習單、自評表、互評表設計概念說明如下：

本研究的學習單設計主要概念與目的是：引導學生學習後自我反思、整理與統整，以加深學生對該單元的學習目標與核心能力的素養。並藉由學生的回饋，教師可以反思如何協助學生解決學習所遭遇的問題，持續改善教學方式，提升學生的學習成效。設計學習單時會因不同單元的核心能力、目標而有多樣形式的差異，以可程式控制之DC馬達控制單元而言，此單元的學習單的設計單元分成四個要項：寫出「DC馬達控制」實習中，學習到的重要單元(主題)名稱；寫出「DC馬達控制」實習中，學習到的主要技術內容(含控制理論)；寫出「DC馬達控制」實習過程中所遇到的問題或困難；寫出「DC馬達控制」實習中的心得。學生的學習單反應回饋之一(如附件1)。

本研究的自我評量表設計的主要概念與目的是：幫助學生反思學習過程，提升自我調整與學習責任感。自評表之內容設計項目共八項如下：我提供了點子或事實、我提出了一些學習議題、我使用了各種資源來幫助我研究或解決問題、我有認真深入思考問題、我提供了新資訊、我有幫助小組規劃解決問題、這學期我的出席情形、整體表現。學生的自評反應回饋很精采(如附件2，可以觀察到每位學生大概的人格特質與學習風格，值得深入探討的另一個領域)。

本研究的同儕互相評量表設計的主要概念與目的是：促進學生合作學習與回饋。互評表之內容設計項目共八項如下：有提供了點子或事實、有提出了一些學習議題、有使用了各種資源來幫助小組研究或解決問題、討論問題時有認真深入思考問題、有幫助小組規劃解決問題、整學期的出席情形、整體表現。學生的互評反應回饋也很精采(如附件3，可以查覺到每位組員更細微的互動情形)。

(2) 機電整合課之研究架構

「STEM教育結合6E教學模式實踐機電整合教學」研究的整體架構，如圖13所示。首先明確訂定「機電整合」課之主要教學目標：

1. 培養機電整合課之基本核心能力；含自動化機構選用能力，設備拆裝與維護電氣裝配之能力，機電整合設備之控制程式設計之能力。
2. 培養機電整合課創新統整能力；含機電整合設備之機構創新構想，機

電整合控制程式設計創新，多機的整合監視控制之整合能力。

3. 培養主動學習態度能力；含主動自主學習能力，主動自主實作能力，主動自主解決問題之能力。
4. 培養團隊合作能力；含溝通協調能力，跨領域能力，團隊合作解決問題之能力。

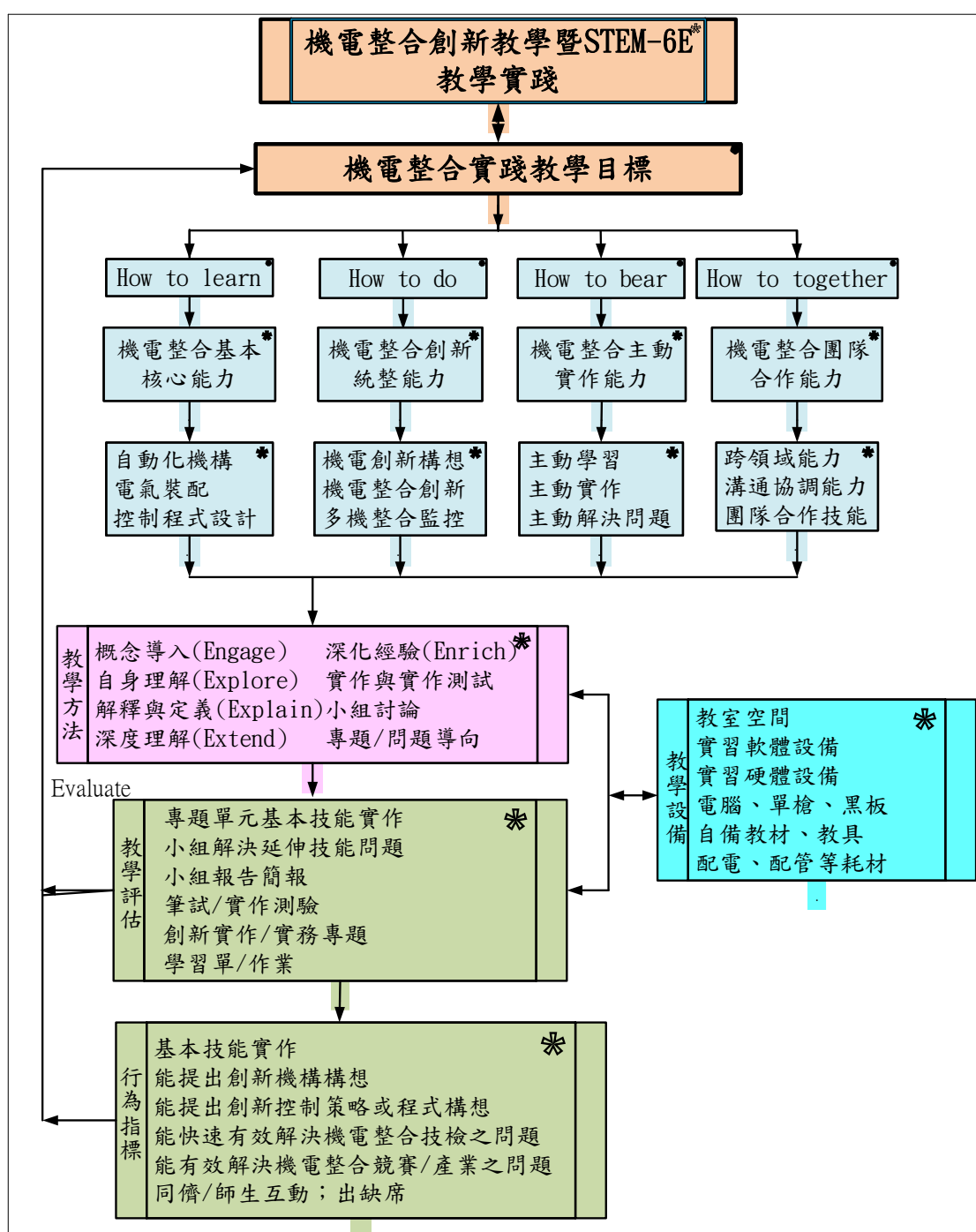


圖13 「STEM教育結合6E教學模式實踐機電整合教學」研究架構圖

教學方法使用STEM教育理念，教學模式使用6E教學模式以實踐機電整合

之教學，每單元教學過程都是採用問題導向(專案單元導向)教學。學習成效評量使用多元評量方式包含直接評量與間接評量。直接評量如：實作測驗、筆試測驗、小組報告、機電整合技術證照考試等。間接學習將設計Rubrics評量表，評量學生學習成效如：解決延伸問題之技能程度、創新實作程度、解決機電整合競賽問題之能力，以及師生互動、同儕互動等。

3. 研究問題/意識

隨著多元入學政策的推行，目前本課程學生的入學管道呈現多樣化，包括：技優保送入學所佔比例為1.92%、技優甄選入學所佔比例為7.69%、甄選入學所佔比例為25%、聯合登記分發入學所佔比例為55.77%、海外聯合招生所佔比例為1.92%所佔比例為、轉學生所佔比例為7.69%，此外，學生的學科背景也高度異質，來自高中普通科、製圖科、鈑金科、汽修科、農機科、甚至包含外籍生及非工科領域的學生，學生之專業背景明顯不一，授課老師如使用一式或一貫的教學方法，學生在學習成效上一定會有很大差異，甚至遭遇學習上的困擾而辦理休退學。特別是技職體系學生普遍偏好「實作導向」的學習方式，對數理、理論性強的內容（如數學、物理、力學）較缺乏興趣，部分學生更是明顯排斥。課堂上經常出現學生滑手機、不帶課本或筆記本、精神不濟等狀況，也有學生因工讀作息紊亂，甚至無法正常上課。

「機電整合」課程涵蓋機械、電子、電機、資訊與控制等多學科知能，其理論性強，對技職體系學生而言較難引起學習動機。然而，若過度偏重實作，又可能導致學生缺乏完整的基礎知識結構，僅學得片段技能，無法應用於真實產業情境。

上述困境凸顯出一個核心問題：學用落差與學習動機不足。因此，教師在課程設計與教學策略上，必須重新思考如何兼顧理論與實務，並能激發學生的學習興趣與自主學習能力。因此，希望藉由6E教學模式在課程教學設計、學生學習方式、學生學習成效評量上，建立創新的模式，以引起學生學習之興趣，進而促進學生自主學習與學習成效。

有感於學用落差、學生來源多元、專業背景與程度落差大、實習機台數量不足、實習空間受限制、實習之時間有限制、學生學習之特性、學生等待實習的空檔時間太長、同儕學習、老師教材分享、及老師無法普遍照顧所有上課學生等問題，綜合上述問題與教學現場觀察，歸納出數項急需解決的問題，以激發學生學習動機，促進學生學習之興趣，提升學生學習成效，減少學習障礙，學習無時差等。

(1) 教學演示的可視性不足：

老師實作演示過程，學生群聚，站在前排的學生看得清楚演示過程，而後排學生則經常無法觀看細節，甚至看不到演示過程，導致學習落差加劇。實務演示講解不久之後，學生也容易聚集聊天或分心，影響整體教學成效。如何改善實作演示的可視性與參與度，是首要課題。

(2) 傳統教學無法引發學習動機：

目前市面上有關機電整合的教科書，其內容編排大多數如表4所示，即介紹機電整合、控制器及控制原理、機械系統、感測器原理、電力致動器(直流馬達、感應馬達、同步馬達、伺服馬達、步進馬達、…)、動力傳動系統及液氣壓系統(機械動力傳動系統，有時會安排在機械系統)、最後為機電整合系統之應用，上課常常依據課表內容安排順序授課，或著重(剔除)一些章節授課，經由教學經驗，技職體系學生而言，喜歡實做而對理論課室厭煩的，因此，採用傳統式教法偏向理論的講授，及照章教學方式，學生沒興趣學習，或學生所學零散片段，難以整合與應用。因此，在這教學情境下，思考如何設計更具情境與挑戰的學習任務，以培養學生學習興趣、學生邏輯思考與技能整合的能力，這也是需要研究解決的問題之。

表4 機電整合之傳統上課進度流程表

	機電整合傳統上課進度流程
1	機電整合概論
2	控制器及控制原理
3	機械系統
4	感測器原理
5	電力致動器(馬達)
7	動力傳動系統及液氣壓系統
8	機電整合系統之應用

(3) 學生學習態度鬆散，缺乏自主學習能力：

大部分學生「一步一步教導，看著會做，做完了就忘記」。部分學生無積極學習意願，課堂中滑手機、不記筆記、缺乏動力。須探討如何設計課程以強化學生學習責任感，提升其參與與深度學習的意願，深化專業核心知能，是第三個要探討的問題。

(4) 學以致用的能力不足：

學生即便學會了基本技能，卻無法將知識延伸應用至實際產業環境。課程如何串接產業實務需求，是評估教學成功與否的關鍵。乃是課程設計的重要考驗。

本研究結合三年來「問題導向教學」的實務經驗，導入「專案導向學習（PjBL）」與「6E教學模式」的理念，輔以數位多媒體資源，打破傳統的教學進度流程、與教學方法教學，以提升教學成效與學生學習動機。

教學創新實施重點如下：

- 成果導向教育目標（OBE）：先明確課程目標與學生能力指標。
- 導入 PjBL 與 PBL 教學法：以真實問題情境驅動學習，促進學生探索與應用。
- 數位多媒體輔助教學：利用影音教材、線上平台輔助實作操作與重複學習。
- 多元評量機制：結合教師評量、學生自評、同儕互評，三方面整合回饋。
- 教學反思與持續改善：依據學生學習歷程與回饋，動態調整教材與教法。

4. 研究範圍

本研究以「數位多媒體輔助可程式控制教學」為主，因此研究的課目為可程式控制，研究對象範圍為選修可程式控制課之大學生，教學之課程範疇，如表1所示。訂定「可程式控制」課的主要教學目標：培養機電整合之基本核心能力、培養機電整合創新統整能力、培養主動學習態度能力、培養團隊合作能力，如圖3所示。主要的教學場域為：國立屏東科技大學機械系機電整合與機器人技術應用實驗室(MW108)，所配備的主要的教學設備與資源包括：

- 教學硬體設備：為PC、PLC控制模組、實物錄影機、馬達模組、投影機組、氣壓缸模組、機電整合丙級檢定設備、機電整合乙級檢定設備等為主；
- 軟體工具：PLC程式編輯軟體、人機介面編輯軟體、影音編輯與播放軟體、數位教學平台等；
- 教材資源：教師自編教材與影音教材，結合動畫配線迴路圖面、實作步驟與操作示範。

評量方式為使用多元評量方式含直接評量與間接評量。直接評量如：筆試測驗、實作測試、小組報告、機電整合技術證照考試等。間接學習設計 Rubrics 評量表，評量學生學習成效如：解決延伸問題之技能程度、創新實作程

度、解決機電整合競賽問題之能力等，師生互動、同儕互動、學習單回饋、專題完成度與競賽表現等等。

因為彈性開放空間、時間、設備讓學生自主學習，所以會對選修學生建立Line群組，以及學生網路數位教學平台，提供數位多媒體教材線上學習或下載，公告事項，實驗室使用、問題提問與回答等。

數位教材與平台建置：為解決學生「看不到」、「學不會」、「記不住」的問題，及學生自主學習時所需教材，特別建立數位多媒體教材與線上學習平台：

- 教材內容：實習課程單元之一的PLC與馬達控制配線圖(圖14)、圖15為系統之直流馬達之動力線配線迴路圖、圖16系統為之三線式可逆交流馬達(附剎車功能)之動力線配線迴路圖等，圖17系統之氣壓迴路配管圖，圖18數位多媒體影音教學流程製作「可程式控制」數位影音教材，包含課程的腳本設計、錄製及編輯數位影音檔、課程應用與上傳數位教學平台、學生回饋、與修正數位教材。
- 教學流程：依教學目標撰寫腳本 → 現場與遠端同步教學(詳細講解與實作過程並錄影、錄音)→ 剪輯教學影片 → 上傳至教學平台供學生線上學習與複習。
- 數位教學平台功能：紀錄點閱次數、學習時間與互動頻率，建立學生學習歷程與成效分析。
- 輔助機制：設立LINE群組、Q&A回應區、公告欄與預約實驗室系統，提升課後支援與即時互動。

教學過程中適時導入問題導向教學，STEM教育理念和6E教學精神。每專題單元教學過程依據學生之回饋機制，以提供老師對教材、教學方式的反思、修正，持續改善，增進學生學習成效。

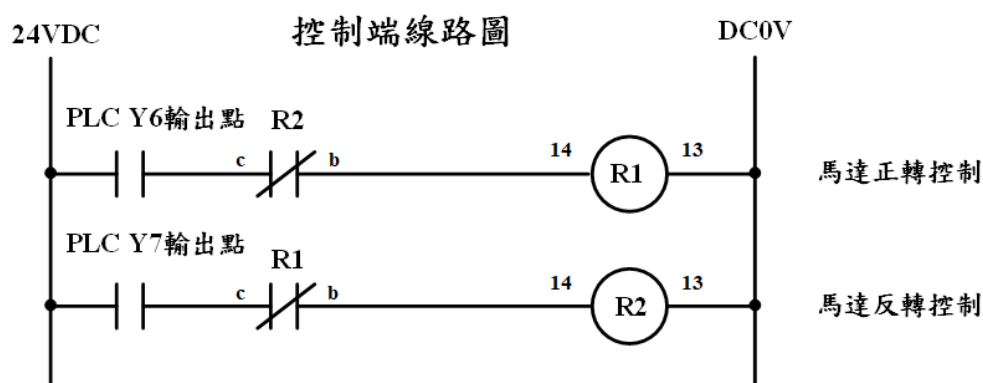


圖14 PLC 與DC馬達控制配線圖

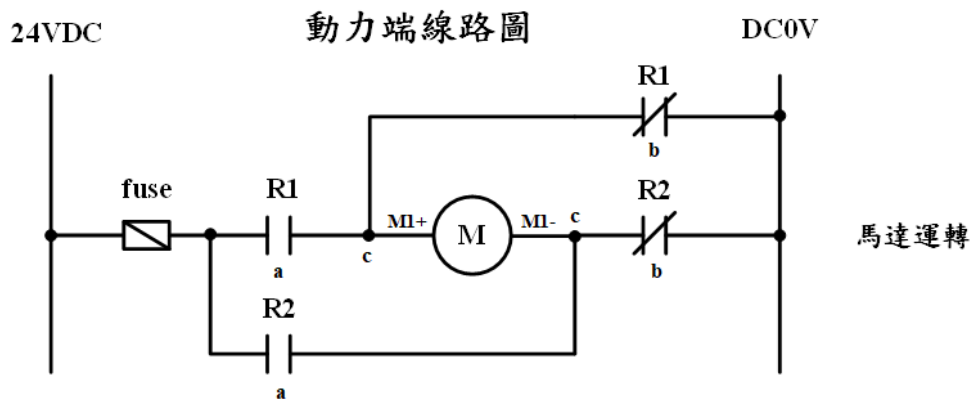


圖15 直流馬達之動力線配線迴路圖

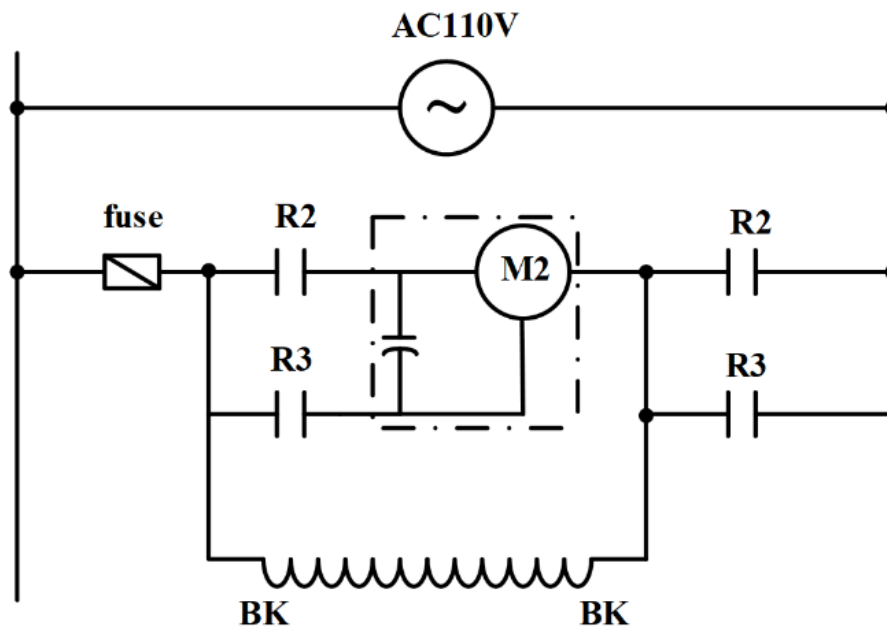


圖16 交流馬達之動力線配線迴路圖

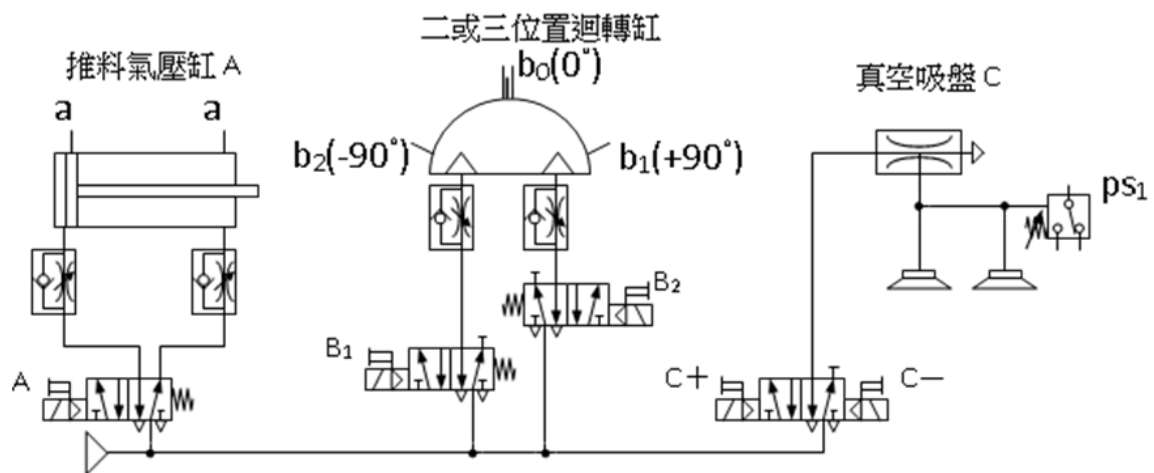


圖17 氣壓迴路配管圖



圖18 數位影音多媒體教學流程圖

5. 研究對象與場域

本研究的對象為屏科大機械系三年級的學生為主，研究的課目為可程式控制，是屬於選修課程，43位學生選修，學生入學的方式有：技優甄選入學(8.11%)、甄選入學(35.14%)、聯合登記分發入學(43.24%)、轉學生(13.51%)等方式，學生來源背景有：機械科、製圖科、鈑金科、汽修科、農機科、資料處理科等學生，學生之專業知識背景明顯不一，老師上課時如果採一式之教學方法，學生的學習成效將會有很大的差異，甚至會遭遇到學習上的困擾。依據最近3年來的教學觀察：大部分的學生喜歡動手做，對工程數學、物理、工程力學、材料力學、分析等學科不喜歡，少數對數理科目選擇討厭或放棄。不少學生上課時會滑手機，極少數學生上課時不帶課本、筆等，甚至只帶手機來學校上課。也有少數學生可能是屬於弱勢族群，以打工為重，上課常常缺席或遲到。

本研究針對國立屏東科技大學機械系「可程式控制」及「機電整合」兩門課程進行探討，對象為日間部四技三年級學生，具體如下：

(1) 可程式控制課：

- 109 學年度學生人數：44 位；
- 110 學年度學生人數：48 位；
- 111 學年度學生人數：39 位；
- 課程性質：3 學分、每週 3 小時、完整學期選修課程；

- 授課地點：機電整合與機器人技術應用實驗室；
- 教學資源：數位教學平台（Moodle）、臺灣學術網路、Wi-Fi 系統、EverCam 螢幕錄影工具、實物與網路攝影機、投影機及投影布幕(2組)、筆記型電腦及桌上型電腦(教師用)等設備；
- 軟體資源：可程式控制編輯軟體、人機介面編輯軟體、虛擬實境相關軟體；
- 教學設備：主要的設備模組如下：PC(48 台)、PLC 實習模組(17 組)、PLC I/O 模擬模組(12 組，含有開關及燈號)、5/2 位單線圈電磁閥控制氣壓缸模組(12 組，含光電感測器)、5/2 位雙線圈電磁閥控制氣壓缸模組(12 組，含光電感測器)、DC 馬達模組(12 組，含光電感測器)、AC 馬達模組(12 組，含光電感測器)、DC 繼電器模組(12 組)、DC 繼電器模組(12 組)、人機介面模組(12 組)、計時器模組(12 組)、計數器模組(12 組)、步進馬達模組(12 組)、伺服馬達模組(12 組)。

(2) 機電整合課：

- 109 學年度學生人數：43 位；
- 課程性質：3 學分、每週 3 小時、完整學期選修課程；
- 實習場域：機電整合與機器人技術應用實驗室；
- 教學資源：數位教學平台（Moodle）、臺灣學術網路、Wi-Fi 系統、EverCam 螢幕錄影工具、實物與網路攝影機、投影機及投影布幕(2組)、筆記型電腦及桌上型電腦等設備；
- 軟體資源：可程式控制編輯軟體、人機介面編輯軟體、虛擬實境相關軟體；
- 教學設備：PLC、PC、投影機、機電整合丙級(10 套)與乙級檢定設備(五套)、邏輯機構系統(二套)

本課程共有12組基本實習模組，平均每組3至4人，實作密度尚屬合理。然而乙級與丙級機電整合檢定設備僅5組，需8人共用一組，導致學生等待時間過長、實作機會稀少，嚴重影響學習效率。因此，本研究嘗試引入數位多媒體輔助教學，及開放自主學習的場域空間、時間與設備，作為突破限制的重要策略。

6. 研究方法與工具

本研究關注於解決下列教學現場所面臨之挑戰：

- 學生來自不同入學途徑與背景，學習程度差異大
- 實習設備數量不足，導致學生實作機會有限
- 學生特性傾向實作、不好理論，學習動機偏低
- 課堂中滑手機、不帶教材、學習被動現象普遍
- 實習空間與時間受限，學習效果受影響
- 教師難以顧及全班學生需求，教材分享不易

為有效改善以上問題，教學過程中容入STEM之教育理念，以及6E教學的精神，教學活動過程中採用「問題導向學習（PBL）」與「合作學習STAD（Student Teams Achievement Division）」為核心教學策略，結合數位多媒體技術及數位多媒體教材輔助教學，強調學生主動參與、分組互助、學用合一的學習模式。

本研究運用教學行動研究法（Action Research）精神，針對可程式控制實習課程進行教學創新與改善，透過課堂實施、持續觀察、資料分析與反思調整，期望解決當前技職教學現場所面臨的多重挑戰，包括學生來源多元、學習動機不足、實習資源有限、學生能力差異大與教學資源分配不均等問題。整體研究方法規劃如下：

（1）研究設計架構：

本研究依據STEM教育理念與6E教學模式（Engage、Explore、Explain、Engineer、Enrich、Evaluate）進行課程設計，核心教學策略為結合「問題導向學習（PBL）」與「合作學習STAD（Student Teams Achievement Division）」的混合教學模式，搭配數位多媒體教材與教學平台，建立以學生為中心的互動學習環境。

（2）教學策略與實施步驟：

（a）課程目標設定：明確訂定可程式控制/機電整合課程之教學目標與學習成果指標，聚焦於實作能力、創新應用、主動學習與團隊合作等核心能力。

（b）課程設計與教材建置：

- 編寫教學腳本：以 PLC 與馬達控制、氣壓控制及機電整合設備等為主軸，製作配線與操作說明，以及控制程式的邏輯設計。

- 錄製教學過程：內容涵蓋 PLC 控制指令、配線圖解、模組操作，而教學過程含實體操作、講解、配線步驟及控制程式之撰寫等，經過剪輯整理後製成影音教材。
 - 整合教學平台：將教材上傳至 Moodle 平台，並建立學習紀錄資料庫，記錄學生點閱次數、學習時間、互動頻率等。
- (c) 導入教學策略：
- 以「問題導向學習」引導學生思考生活或產業真實問題，設計專案進行解決。
 - 採用「STAD 合作學習」模式進行異質分組，透過分組討論、任務分工與成果展示，強化學生互動與學習責任。實施流程為：設定明確教學目標與教材、實施異質分組，全班統一教學後，分組進行合作實作與學習任務、鼓勵主動學習、同儕互助、組內分工與成果報告、透過正向獎勵機制提升學習參與度。
- (d) 教學評量機制：
- 採用多元評量策略，依據 SMART 原則（具體、可衡量、可達成、相關性強、有時限）設計具體評量項目。
 - 直接評量：包括實作測驗、筆試測驗、小組報告、控制程式編寫與模組操作成果、機電整合證照考試等。
 - 間接評量：同儕互動、師生互動，學生自評與同儕互評，而設計 Rubrics 評量表，評估學生之學習態度、創新實作能力、問題解決能力及團隊合作表現，並進行課程與教學滿意度問卷調查。課程意見與滿意度調查，探討課程核心能力與系所核心能力的關聯性。
- (e) 資料蒐集與分析：
- 使用問卷、教學平台後台數據（如學習時間、點閱次數）、學習作品與考核成績等多元資料來源。
 - 整理學生學習紀錄，刪除填答不全或異常資料，編碼建檔。
 - 資料清理後以 Excel 與 SPSS 進行統計分析，使用描述性統計、t 檢定等方式比較不同教學策略對學生學習成效之影響。
 - 整合直接與間接評量結果，交叉比對學生學習成果與教學成效。
- (f) 持續反思與修正：

- 教師根據學生回饋與教學觀察進行自我反思，修正教材內容與教學方法。
 - 每階段課程結束後進行成效評估，並滾動式修正下一階段教學策略。
- (g) 課後支持機制：
- 學生可透過 LINE 群組進行線上提問、預約實驗室設備等。
 - 學生可透過教學平台進行線上提問、下載教材、預約實驗室設備等。

7. 資料處理與分析

本研究應用 SMART 原則，衡量評量方法，以明確的檢驗學生學習成效，使用多元評量方式含直接評量與間接評量。直接評量如：筆試測驗、實作測試、小組報告、機電整合技術證照考試等。間接學習將設計 Rubrics 評量表，評量學生學習成效項目：解決延伸問題之技能程度、創新實作程度、解決機電整合競賽問題之能力等。

因此，直接評量上的實作測試、筆試測驗需作成績分析，小組報告內容需作深度、廣度分析，機電整合技術證照考試的成績分析。間接評量上做 Rubrics 評量表之分析，教學意見調查分析，本課程核心能力與本系的核心能力的關聯性、本課程核心能力與上課內容之關聯性、學生自評達核心能力之程度等分析，學生對課程意見調查分析，學生學習態度分析，學生學習成效分析，及解決問題能力分析等。

蒐集的資料，先將資料填寫不全或明顯偏離問題者剔除，並將每筆資料編碼建檔，最後以 SPSS 統計產品與 Excel 軟體，進行資料之統計分析處理。其中預期以百分比表示學生之基本資料分布，以獨立樣本 t 檢定表示機電整合之基礎素養之差異性，以獨立樣本 t 檢定之平均數及標準差表示學生對教學模式之滿意度等。

8. 實施程序

本計畫之實施程序為：首先確認「機電整合、可程式控制」之教學目標。接著，編制數位多媒體教材，涵蓋課程內容教材數位化，設計課程內容與腳本，錄製「機電整合、可程式控制」數位影音教材(將上課過程中之配線(配管)圖之配線步驟，控制程式撰寫與過程，詳細講解與實作過程錄影、錄音、剪輯後轉化成影音多媒體教材)。

接著規劃網路數位教學平台之資料庫內容：涵蓋點閱次數、學習時間、互

動時間與次數等，再將影音多媒體教材安置於網路數位教學平台上。

其次上課前先分組，上課中導入數位多媒體教材，運用合作學習之教學模式教學，引導分組實習實作，同時適時融入問題導向教學和6E教學方式，讓學生充分實作實習。

每專題單元教學過程作教學的評估與觀察學生之行為反應指標，使用多元評量方式，包含直接評量與間接評量，以評量學生學習成效。

最後，依據學生之回饋機制與資料，統計分析，作教材、教學方法的修正，持續改善。

本研究旨在透過數位多媒體教學與合作學習策略的整合，改善技職學生在學習過程中常見的被動、分心、學用落差等問題，進而：

- 提升學生學習動機與興趣
- 強化其專業核心技能與創新應用能力
- 培養其溝通合作與問題解決素養
- 鼓勵參加機電整合相關競賽並取得技術士證照
- 提升自我效能與未來就業競爭力

未來亦將依據學生學習行為與回饋持續優化教材設計與教學流程，建構永續的創新技職教學模式。

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

1. 可程式控制課教學暨研究成果

(1) 完成友善教學環境的建構

規劃完成友善教學環境的建構，完成架構如圖 19 所示，建構歷程如下說明：首先建置可程式控制所需的實驗模組，如 DC 馬達控制模組、AC 馬達控制模組、感測器、單/雙線圈控制氣壓缸模組、繼電器模組等等以充足教學設備。增置實物攝影機、數位相機、網路相機、個人電腦、顯示器、投影機及投影機布幕，以建置數位學習的環境，學生現場上課時，可選擇現場實體教學，觀看布幕，觀看顯示器，觀看各類移動顯示裝置之現場直播，同時運用 EverCam 應用軟體，將上課的所有過程，同步錄製教學過程的影像、聲音、講解畫面、滑鼠游標等，之後編輯錄製影音之數位多媒體教材，快速上傳至 moodle 數位學習平台，或匯出成 MP4 的功能，直接分享到 YouTube。善用學校的數位教學平台，結合充足教學設備、數位教學相關設備、數位學習之教學教材及教學活動的設計，建置友善教學環境，以能促進學習成效。

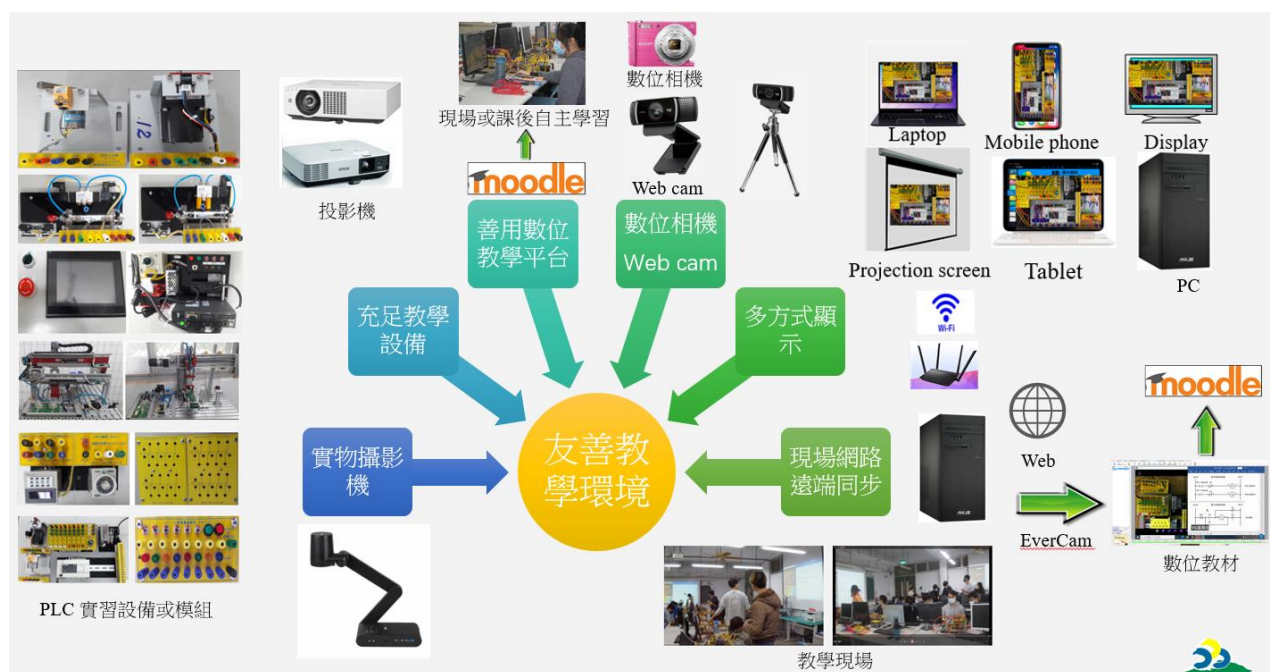


圖 19 友善教學環境的建構

(2) 現場線上精彩的同步教學

專題教案學習單元設計過程中，首先設計專題學習單元的核心能力的數位教材，其次構思 PBL 教學的情境，並善用已建好的友善學習環境與資源。教學

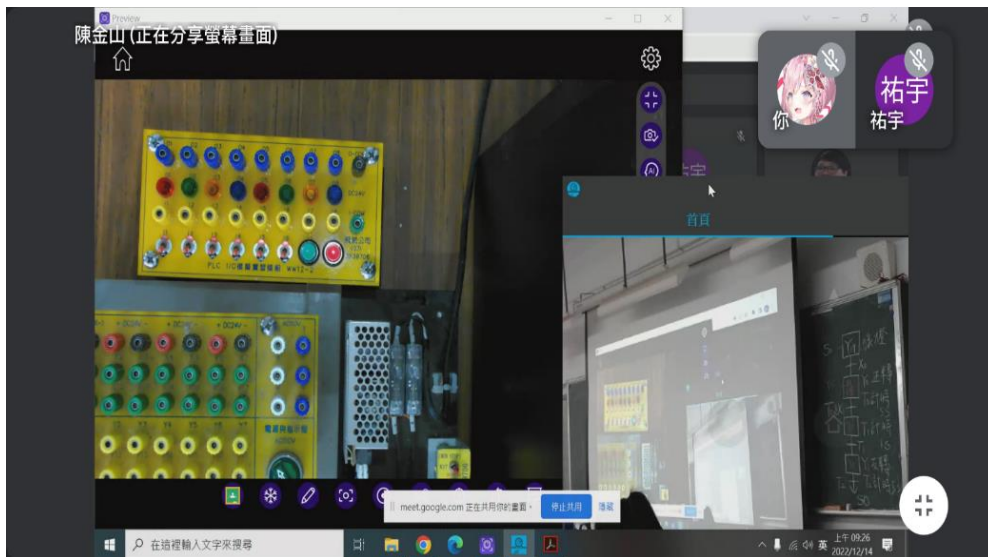
過程中同步使用數位多媒體影音現場，及網路同步教學的環境與設備，學生可以藉由多布幕顯示，透過現場或遠端的電腦螢幕顯示、自己的手機、平板電腦顯示教學現場長之教學活動，學生可清楚且詳細的觀看到完整的教學演示，教學中融入問題導向教學，以活絡教學活動，並發現教學現場學生於學習過程中不再群聚聊天，且能專心學習每一個教學歷程，**完全改善傳統實務演示教學時的學生聚集的現況，再也不會看不清楚的困境**，如圖 20 所示，圖(a)顯示學生觀看投影布幕配線，圖(b)則顯示有學生觀看顯示器作配線。圖(c)顯示學生透過 Google Meet 平台教學直播，在電腦顯示器上，可以很清楚的觀看演示現場的配線細節。圖(d)是學生學習 AC 馬達監控單元後，上傳學習單的成果之一。當上完專題單元課之後，再將完整的教學演示歷程錄製檔案做適度的編輯，並上傳到數位教學平台(Moodle)系統，學生上網可隨時下載上課過程之教材，因此學生可無時差的自主學習。



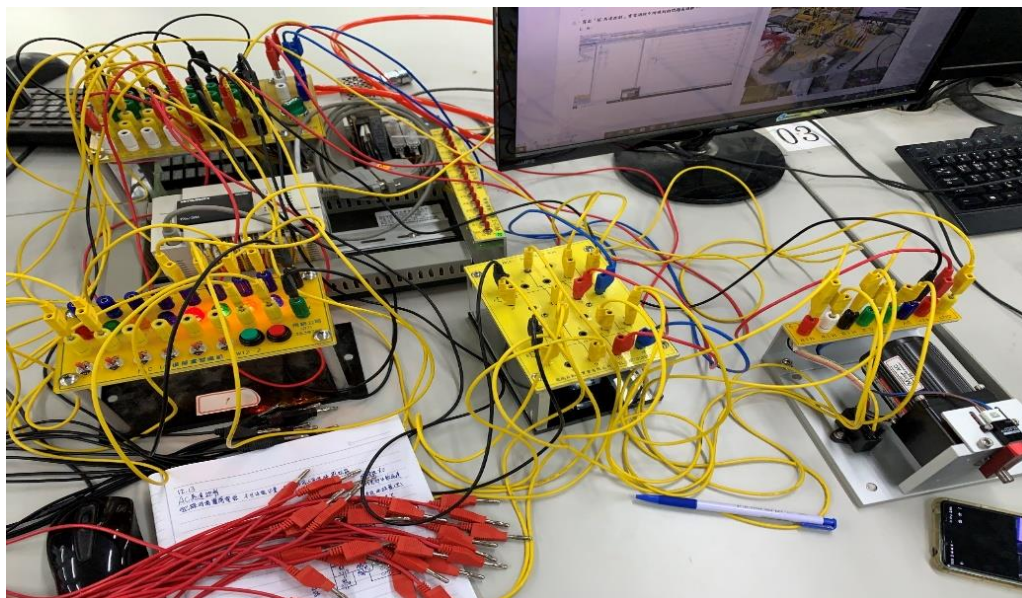
(a) 配線實務演示教學時，學生觀看最近的投影布幕上的配線演示



(b) 配線實務演示教學時，學生觀看顯示器或投影布幕上的配線演示



(c) 學生透過 Google Meet 平台觀看現場電腦顯示器的教學直播



(d) 學生上傳學習單的學習成果之

圖 20 透過實物攝影機引導學生學習配線的教學現場

(3) 完整的教學活動歷程資料蒐集

教學實踐的教學成效分析及教學的反思分析所需要的資料，必須於整個教學歷程中蒐集，總共蒐集六大項的資料，如圖 21 所示，詳細說明如下：

- 單元學習單資料：在專題單元教學後，學生須上傳學習單，老師則於預定時間蒐集學生繳交的學習單。學生透過學習單可以反思單元學習的內容，加深單元學習之核心知能，老師透過學習單可了解學生的學習成效，知道學生學習困難的所在原因，做為教學的反思及持續改善教學。

- **互動次數資料：**互動次數資料分成師生互動資料，與同儕互動資料兩種；教學過程中，老師適時提問核心問題，讓學生思考與回答，藉此點出單元學習的核心能力外，並能活絡教學現場。另外同儕互動資料透過組員的互相評量，及老師上課過程中的觀察而得。
- **學習反思資料：**整個教學過程中，設計 1 次的深度學習反思，及 1 次期中教學評量學習反思，促進學生深入思考問題，解決問題，並反思學習方法是否得宜？
- **筆試評量資料：**可程式控制之基本指令學習評量，及期中的可程式控制之基本指令與理論評量。機電整合則以機電整合課之基礎概念與理論為主。
- **實務技能實作評量：**實務技能實作資料則分成三項；傳統教學之專題單元下的實作技能評量，PBL 結合數位多媒體教學之專題單元下的實作技能評量，以及期末的綜合實作技能評量等。
- **問卷調查資料：**問卷調查資料的蒐集有；授課教師期中教學滿意度意見調查，授課教師期末教學滿意度意見調查，及業界專家協同教學滿意度意見問卷調查。

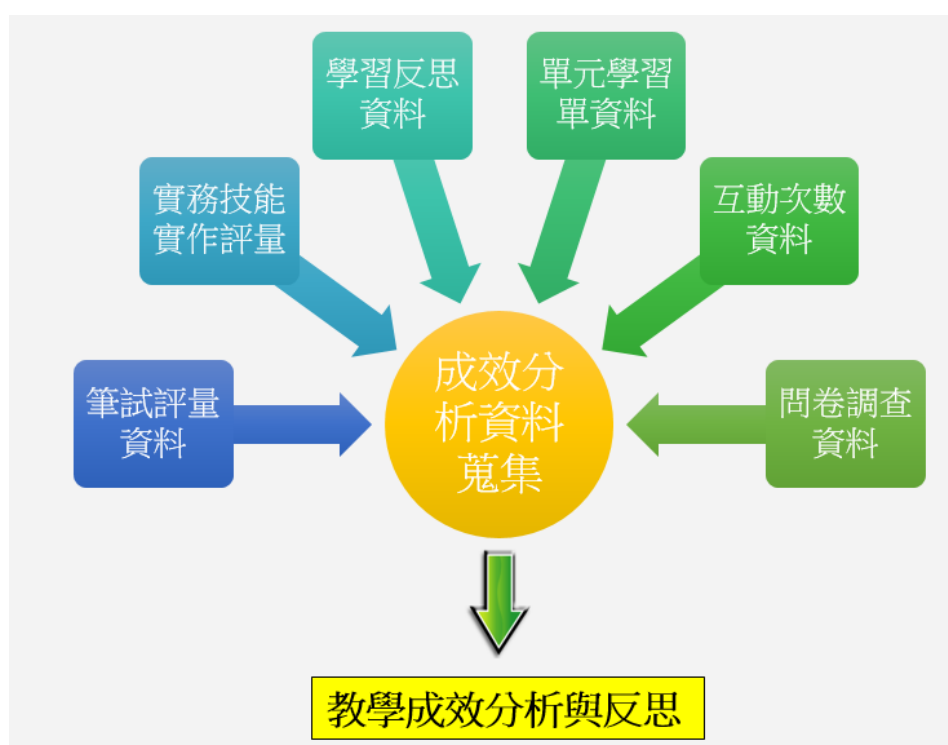


圖 21 教學活動歷程資料蒐集

(4) PBL 結合數位多媒體(Digital Multimedia, DM)教學比傳統教學法學生筆試

(基本概念)的學習成效非常顯著

透過 109 學年度蒐集選修可程式控制課之 44 位學生的期中考筆試成績，110 學年度蒐集選修可程式控制課之 48 位學生期中考筆試成績，及 111 學年度蒐集選修可程式控制課之 39 位學生期中考筆試成績，使用 t 檢定分析，學習成效之分析結果如表 5、表 6 所示，由分析顯示，使用 PBL 結合 DM 教學比傳統教學法，學生在可程式控制的基本概念與理論基礎上，整體的學習成效非常顯著(P 值為 0.020631, 0.005518)，平均約成長 8.59~10.77 分。

表 5 111 與 110 學年度期中考評量 t 檢定分析

t 檢定：兩個母體平均數差的檢定，假設變異數不相等		
	111 期中考成績(傳統 PBL)	110 期中成績(傳統)
平均數	47.38462	38.79167
變異數	364.1377	181.9131
觀察值個數	39	48
假設的均數差	0	
自由度	66	
t 統計	2.371724	
P(T<=t) 單尾	0.010315	
臨界值：單尾	1.668271	
P(T<=t) 雙尾	0.020631	
臨界值：雙尾	1.996564	

表 6 111 與 109 學年度期中考評量 t 檢定分析

t 檢定：兩個母體平均數差的檢定，假設變異數不相等		
	111 期中考成績(傳統 PBL)	109 期中成績(傳統)
平均數	47.38462	36.61364

變異數	364.1377	212.1031
觀察值個數	39	44
假設的均數差	0	
自由度	71	
t 統計	2.86262	
P(T<=t) 單尾	0.002759	
臨界值：單尾	1.6666	
P(T<=t) 雙尾	0.005518	
臨界值：雙尾	1.993943	

(5) PBL 結合 DM 教學比傳統教學法學生實務技能的學習成效非常顯著

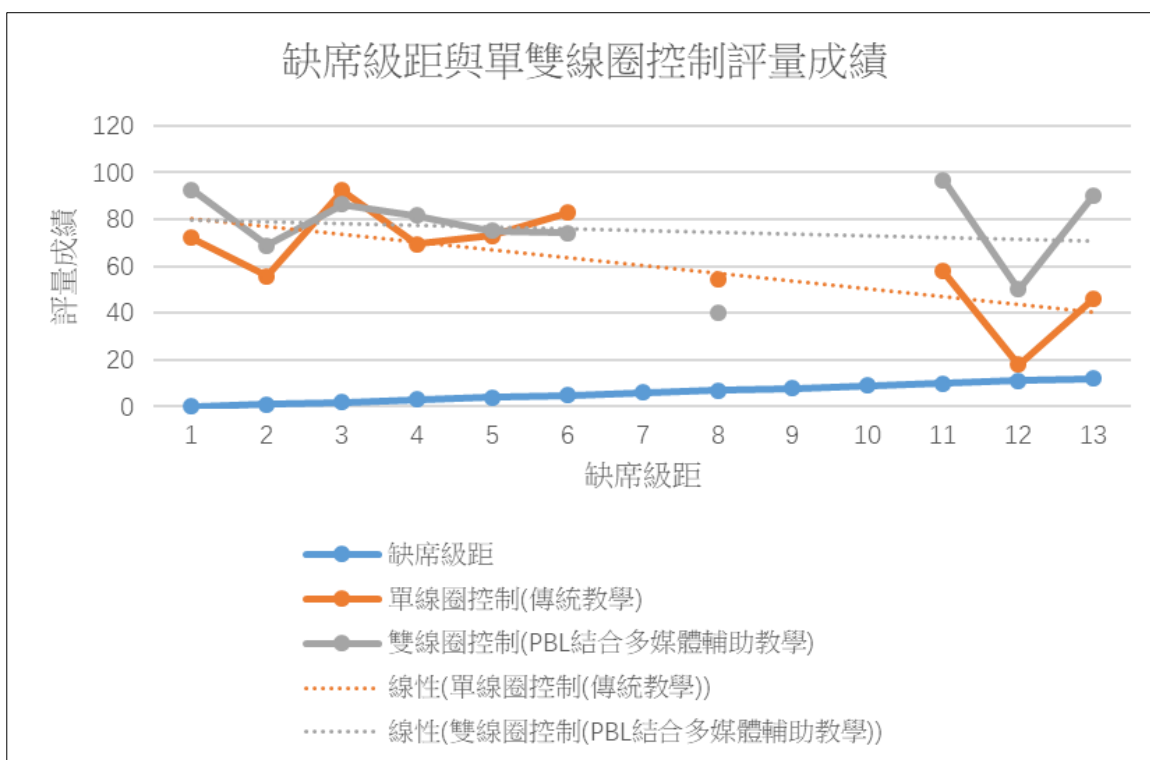
蒐集 111 學年度 39 位學生的單線圈控制氣壓缸作動單元(傳統教學)，及採用 PBL 結合 DM 教學之雙線圈控制氣壓缸作動單元的實作學習評量成績，使用 t 檢定分析，經由分析顯示，採用 PBL 結合 DM 教學比傳統教學法，學生在可程式控制的實作技能上，學習成效非常顯著(P 值為 0.008257)，平均約成長 10.74 分。

(6) 學生缺席次數(積極度)對學習成效有負向的影響

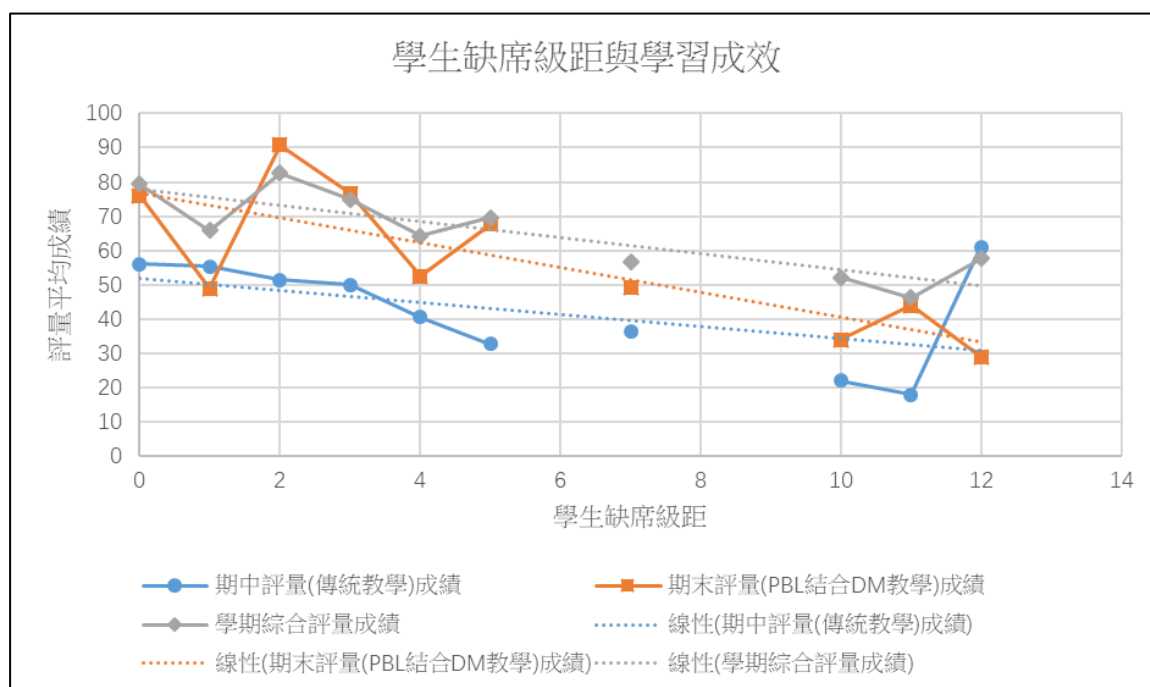
經統計 111 學年度 39 位學生的上課出缺席與學生學習成效的關係，如圖 19 所示，由圖 22 顯示學生缺席次數對實作技能、理論/實作學習成效都有負向的影響：

圖 22(a) 顯示實施 PBL 結合 DM 的輔助教學(雙線圈電磁閥控制氣壓缸的實作技術教學)對學生的學習成效，比使用傳統的教學(單線圈電磁閥控制氣壓缸的實作技術教學)的負向影響比較小。(雙線圈電磁閥控制氣壓缸之黑色虛線斜率(-0.72)比單線圈電磁閥控制氣壓缸之紅色虛線斜率(-3.34)小)

由圖 22(b)顯示學生缺席次數對理論/實作學習成效都有負向的影響，而 PBL 結合 DM 的實作技術教學對學習成效，比使用傳統的基礎概念理論教學的負向影響比較小。(黑色虛線之斜率(-1.75)比紅色虛線斜率(-3.62)小)



(a) 學生缺席級距與學生實作學習成效關係圖



(b) 學生缺席級距與學生理論/實作學習成效關係圖

圖 22 學生缺席級距與學生學習成效關係圖

(7) 學生學習回饋

在「結合 PBL 與數位多媒體於可程式控制之教學實踐」的教學歷程中，學

生的學習在量與質的回饋說明如下：

- A. 結合 PBL 與數位多媒體的教學比往年的傳統教學法，學生學習成效顯著成長，其平均約成長 8.59~10.77 分。
- B. 學生的教學意見滿意度比往年成長。由 109 到 111 學年度學生在可程式控制該門課教師的教學滿意度統計分析，結果顯示 A、B 兩班分別由 (89.76, 86.12) 成長到 (94.3, 91.68)，109 到 111 學年度可程式控制的教學意見滿意度調查統計分析圖，如圖 23 所示。

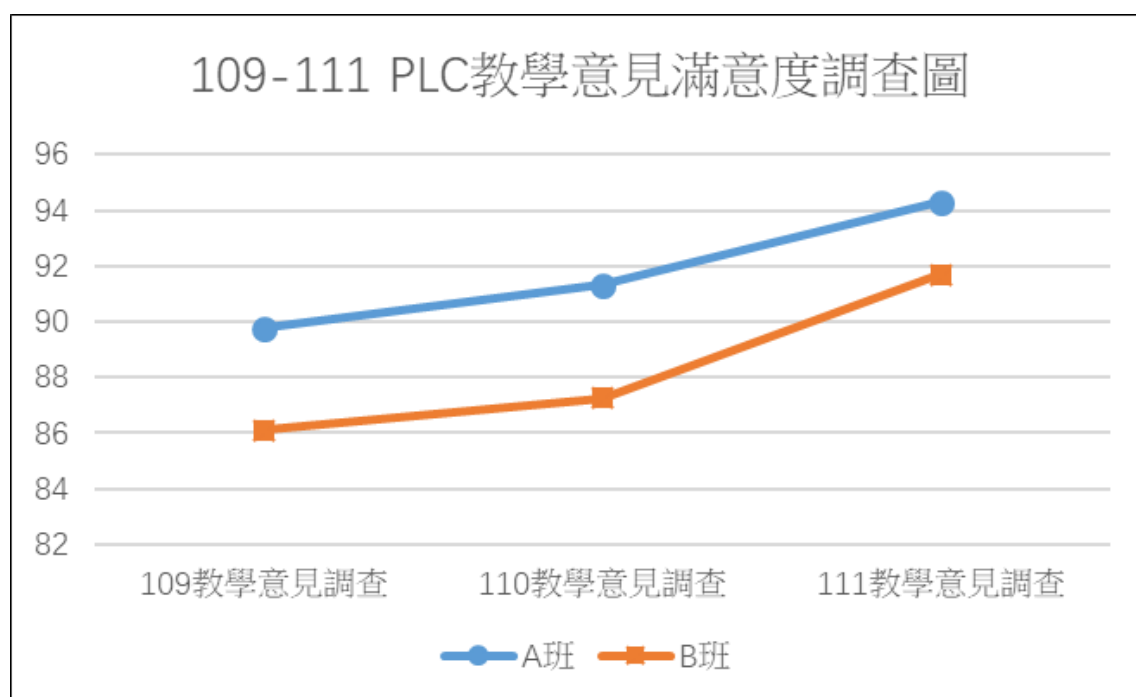


圖 23 109 到 111 學年度可程式控制的教學意見滿意度調查統計圖

(8) 111 學年度可程式控制課學生的教學意見之建議：張貼如下：

- | 學生意見 |
|----------------------------------|
| 老師很棒 很有教學熱忱 教學用心且能將複雜的課程簡化使學員們吸收 |
- | |
|--|
| 可程式控制是我第一次接觸到，雖然一開始對於配線或是各類程式都很難看得懂很難理解，但經由反覆的練習與老師的協助，我也更加進步了，期許之後有機會能在更精進~ |
|--|

老師上課認真，受益良多

教學用心

● 老師上課很認真，都不遲到，講解也非常清楚

● 老師都會不定時小考一下，關心同學學習進度，好評！

● 老師上課很認真，同學如果有問題會親自教導。25

● 老師教學認真，細心教導每一位同學，同學即時反應的問題老師都會協助解決。

● 教師授課認真，且耐心與學生討論問題，幫助學生成長，讓沒有基礎的我也能學習到東西！

● 57：是一堂很有幫助的課，希望老師可以繼續保持教學的熱誠，感謝老師的教導，讓我們學到許多不一樣的知識

● 老師上課時浪費太多時間在不必要的地方，像是實習的時候時常有太多空閒時間。

(9) 教師教學反思

歷經「結合 PBL 與數位多媒體於可程式控制之教學實踐」的教學歷程，藉由學生的學習反饋，促進教師教學的反思，持續善教學方式與方法，以下是執行本計畫後的省思：

- A. 整學的教學過程中，共蒐集 14 次(週)的學習單、1 次期中評量反思單、1 次深度思考題之評量、1 次期中測驗評量、1 次期末測驗評量、4 次實作技能測驗評量等，18 週的授課過程中，師生雙方都過得相當充實，學生的回饋，促進教學的成長。
- B. 課後的數位教材編輯時間花得比課堂上課時間多更多，至少 2 倍以上。
- C. 良好的師生互動是促進教學相長重要的橋梁。
- D. 2 個組的所有組員，學習成效低落，甚至 2 次全組未到，合適的分組、合作學習的執行方式與學習成效關係，可再作深入探討。
- E. 完成友善教學環境的建構，以及學生學習成長是最大的鼓勵。

2. 機電整合課教學暨研究成果

(1) 教學過程與成果

教學過程：教學過程設計每週的教學單元內容，使用STEM教育理念，採用6E教學模式教學，教學過程都是採用問題導向教學。教學方法分述如下：(1)設計每單元引起學習動機之內容或說明實務應用，含電氣元件輸入/輸出配電法、配管方法，控制程式之寫法等。(2)基礎技能實作探索(圖24)：每次給一個或兩個實務主題實習實作，實作完成後再解釋其原理(圖25)。(3)進階主題、小組討論(圖26)：完成基礎主題實習實作後，給進階實作主題之專題，經由各小組討論，實作測試，完成專題，順利完成者加分鼓勵。(4)給參考答案：如無法如期完成，再給參考答案，完成進階實作主題，實作完成後再說明其原理。(5)擴展所學之知能到機電整合機台控制(圖27)。(6)參加校內外之比賽(圖28)，及參加機電整合職類技術士檢定，以完全發揮所學、深化學習、自主學習(圖29)。相關留影相片(圖24至圖29)如下：

教學成果說明如下：

本計畫以落實 STEM 教育之「機電整合」課教學為主，確認「機電整合」課之教育目標，採用6E教學模式，輔以問題導向教學及做中學、學中做的理念，進行教學活動，以培養學生在「機電整合」基本知能素養、創新統整能力、主動學習態度能力、跨領域團隊合作精神。完成以下成果：

- (1)實施6E教學、問題導向教學、做中學，落實 STEM 教育之「機電整合」課程模組，達成預期教育目標。
- (2)藉由實務專題製作並組隊參加校內外之專業競賽，更能激勵學生主動學習、團隊解決問題之潛能，展現教學、學習成效之成果。
- (3)輔導18位學生取得機電整合技術士證照，使參與學生更有自信，更能肯定自我，促進學生深化學習成效。
- (4)採用多元的教學評估方式，及依據學生的行為表現指標，藉此觀察學生的學習成果，反思需要持續改進與修正的地方，進而促進學生學習成效。
- (5)開放MW108實習室回應學生彈性空間、彈性時間學習，讓學生於課堂或課後討論及實作使用，培養學生自主學習習慣。A、B班學生在各站之機電整合機台上自主學習時間軸統計，如圖30(A班)、31(B班)所示。
- (6)設置教學促進者，建立學生教學助理團隊，培養種子教學助理，協助課後輔導機制。

本研究之教學實踐，引發學生對機電整合課之學習興趣、建立正確學習態度、提升學習成效、降低學用落差，培養跨領域團隊合作精神，提升就業力，提供工程相關領域之課程教學參考。



圖24 基礎技能實作探索



圖25 解釋馬達控制原理



圖26 小組討論



圖27 擴展機電整合機台控制



圖28 深化-參加全國性競賽



圖29 自主學習

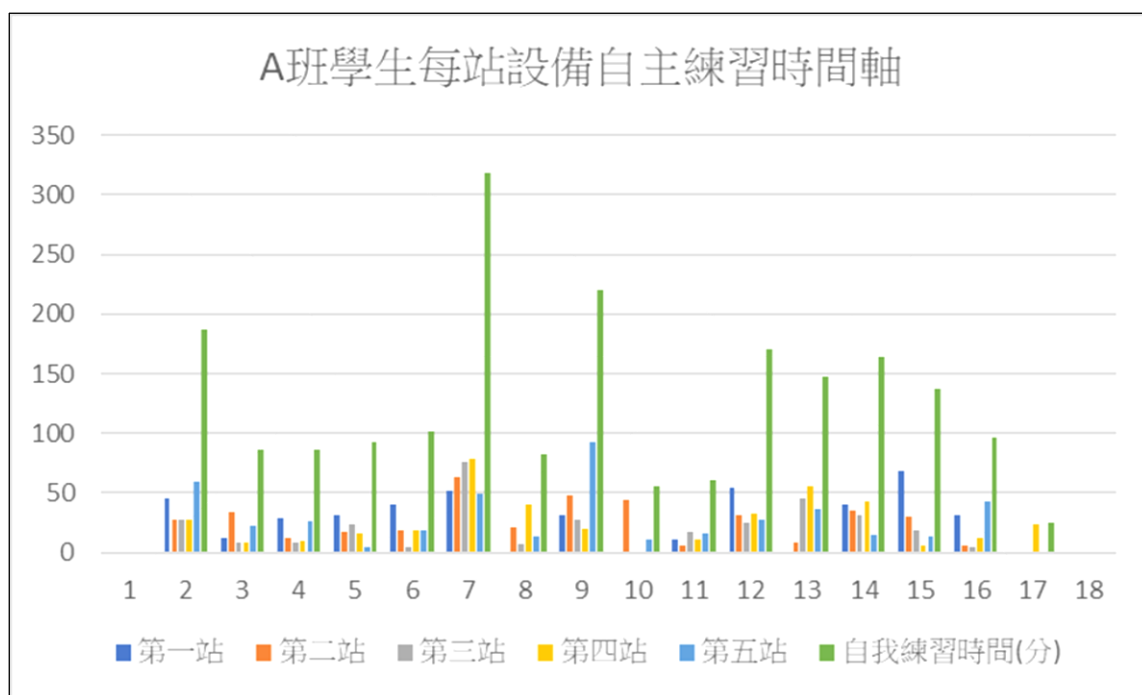


圖30 A班學生自主學習時間統計

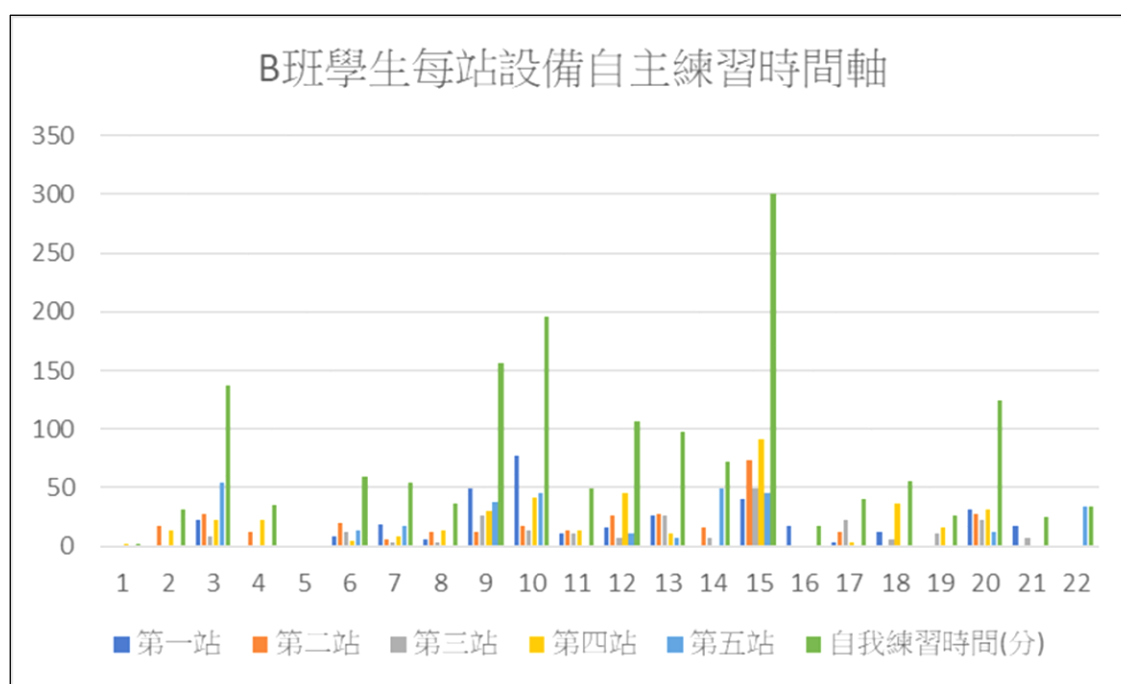


圖31 B班學生自主學習時間統計

(2) 教師教學反思

經由教學過程中發現反思以下：

- 依學號序分組，發現有些學生遇問題時會去問自己較熟悉的同學，而

不是自己的組員，合適的分組、執行方式與學習成效關係，可再作深入探討。

- 多元評量設計，可有效促進學習動機，提升學習成效。
- 主動學習可彌補課堂時間不足，培養自主學習之能力。
- 學生問卷調查回饋，教學滿意度明顯提升。

(3) 學生學習回饋（包含學生學習成果評估、教學歷程之評估、研究成果之分析評估）

- 主動學習與學習成效分析

本研究採用預約開放使用實驗室空間與時間，以回應學生彈性空間、彈性時間學習，讓學生於課外或課後討論及實作使用，培養學生自主學習習慣。由A、B班之學生自主學習時間(分鐘)與學習成效統計圖，如圖32、33所示，經由分析發現，學生之學習成效與學生自主學習時間，有正向的相對應之關係(皮爾森線性關係係數A班為0.465474，B班則為0.409977)，即自主學習較強的學生，其學習成效也較佳。

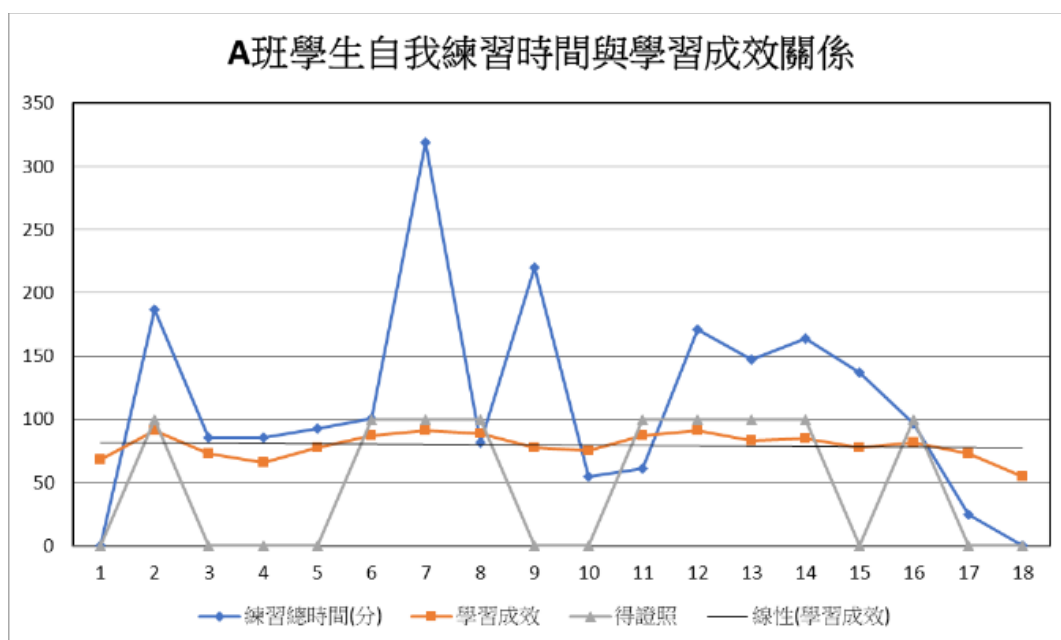


圖32 A班學生自主學習與學習成效關係

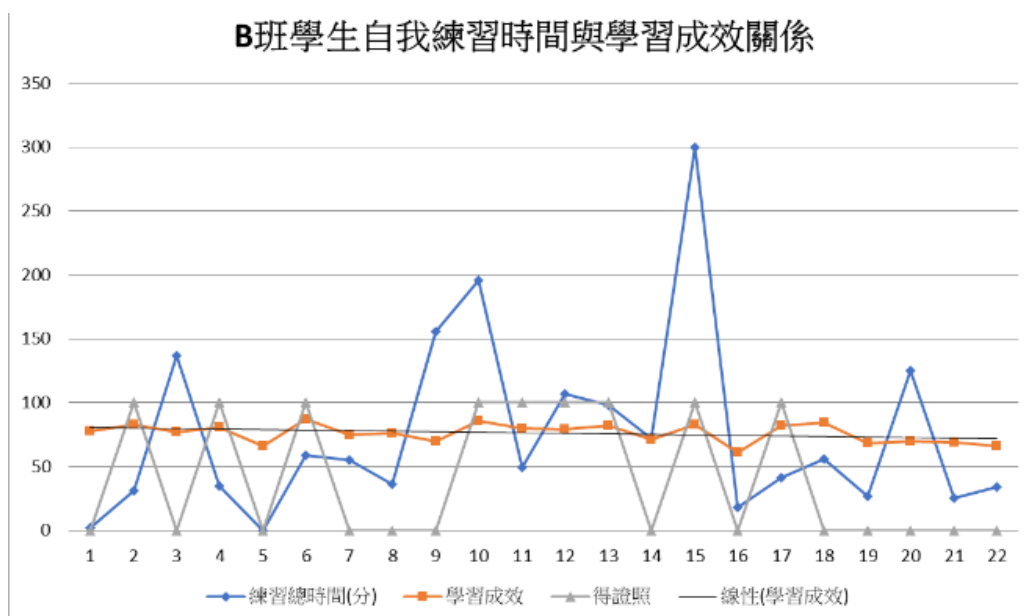


圖33 B班學生自主學習與學習成效關係

● 學習動機與學習成效分析

本研究之學習動機因素內含：是否曾選修過相關課程、參加輔導機制、師生互動情形、同儕互動情形、是否參加校內外競賽、是否參加技能檢定考試等六項因素，分析學習動機時採百分制，由圖34、35之A、B班學生學習動機總分數與學習成效關係圖，發現學生學習動機與學生學習成效幾乎是相對應之趨勢(皮爾森線性關係係數A班為0.7698，B班則為0.7440)，即學習動機越強得學生其學習成效越好。

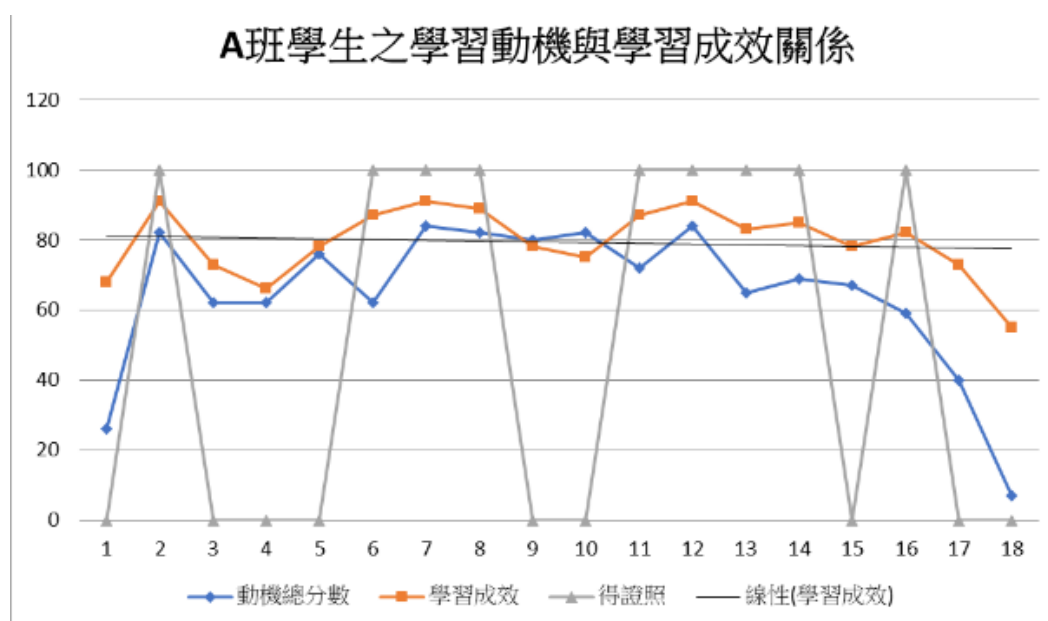


圖34 A班學生學習動機與學習成效關係

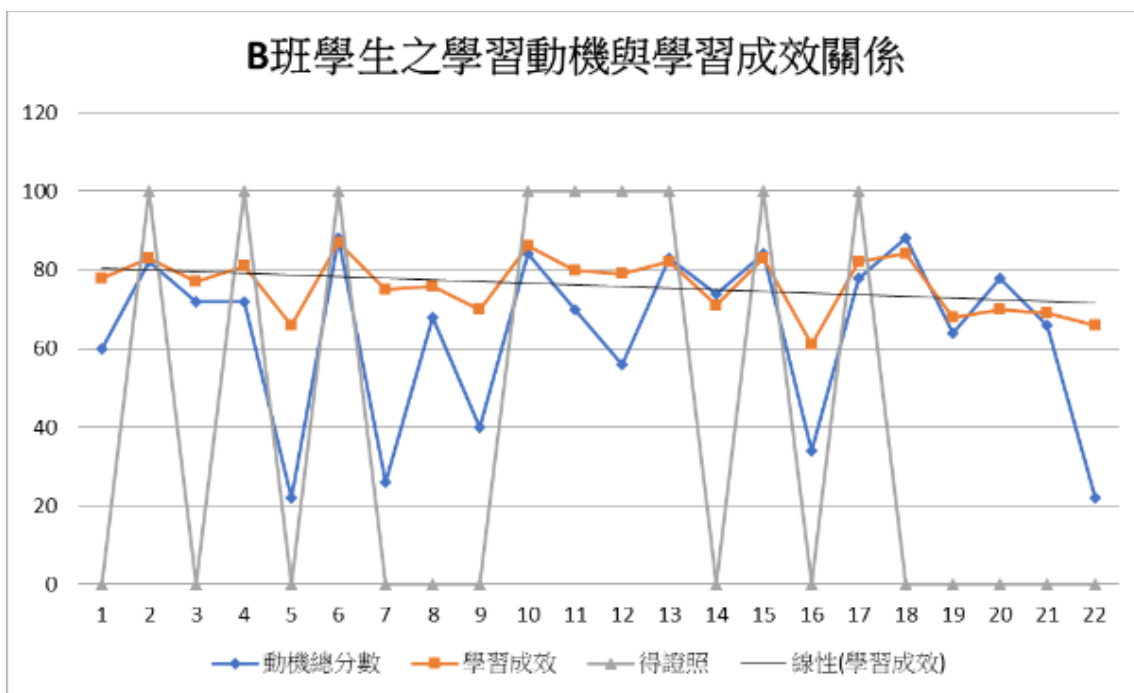


圖35 B班學生學習動機與學習成效關係

● 機電整合基本概念之前測與後測學習成效分析

本研究於期中考時從機電整合題庫中抽出50題測試(前測，機電整合之基本概念)，其考試成績如圖36、37中藍色曲線所示，經由STEM結合6E教學後之參加檢定考試時之學科成績(後測，也是從機電整合題庫中抽出50題測試)，如圖36、37中橘色曲線所示，其中有4位學生沒有報名參加技能檢定考試(0分者)，A班學生之後測成績平均比前測成績提升約18.84分，而B班學生之後測成績比前測成績平均增加約18.98分，顯然STEM結合6E教學對學生的學習成效都有顯著長足的進步(1位例外，A班4號失常)。

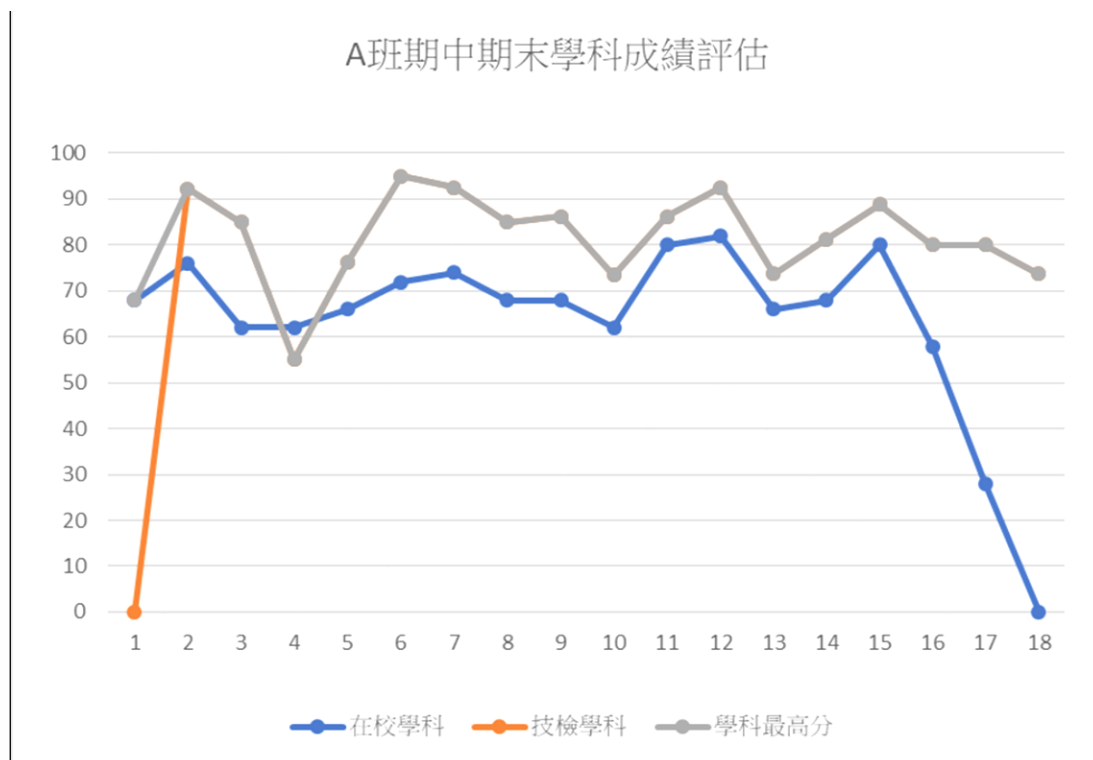


圖36 A班學生前測後測學習成效關係

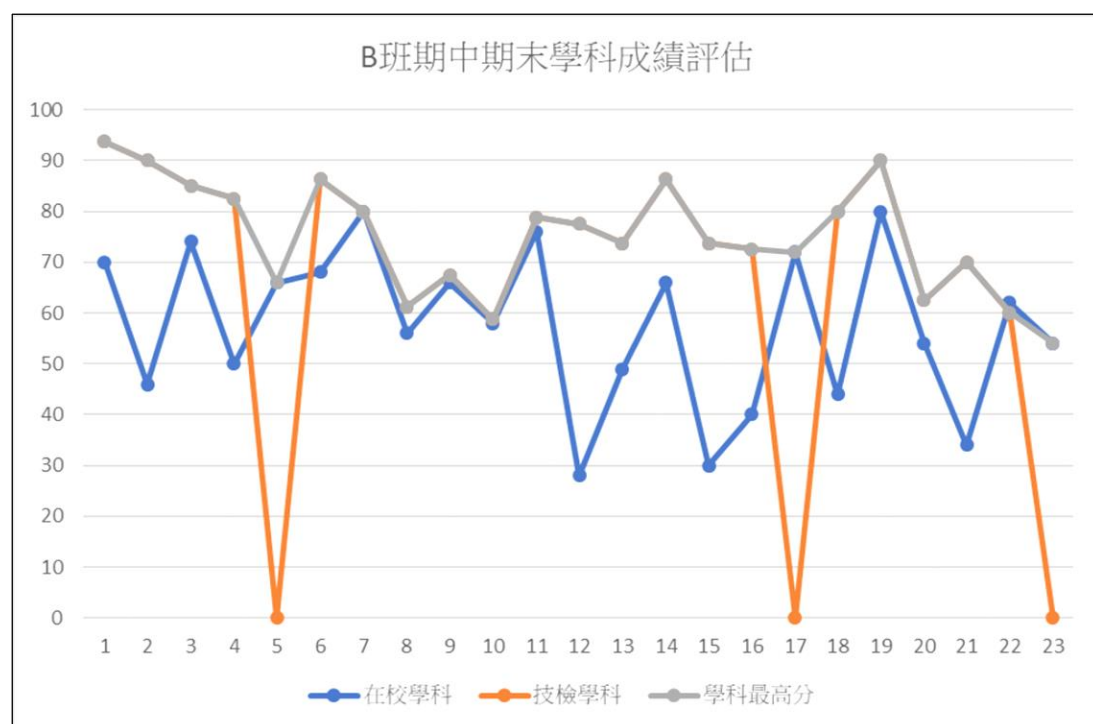


圖37 B班學生前測後測學習成效關係

- 機電整合科目之歷年學生平均成績比較

本人於105學年度起任教「機電整合」，108學年實施「STEM教育

結合6E教學模式實踐機電整合教學」計畫，發現108學年度學生之機電整合學期成績之總平均成績約成長5分，如圖38所示。

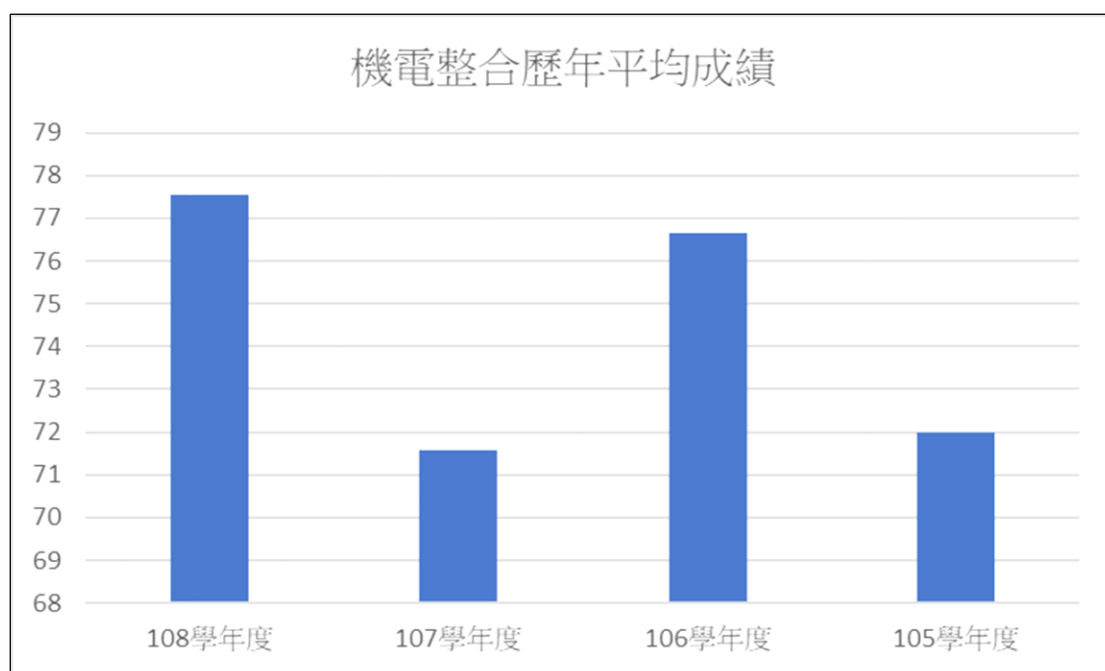


圖38 機電整合歷年學生學期平均成績圖

伍、其他達成之與學生學習成果

執行交學實踐人才培育方案-機電整合、可程式控制，該研究採用STEM-6E教育理念，溶入問題導向、專案單元學習教學模式，教學過程中以數位多媒體科技輔助教學，以培育學生自我學習的能力，除正常上課時段外，在LINE群組中，可預約實驗室練習時間，加入開放彈性學習的空間、時間與設備，讓學生能自主學習。實現學生「做中學，學中做」之務實教學，培養創新及團隊精神，務實致用，培養工程師級之機電整合實務技術之人才，為產業界注入新主流，其他教學成效說明如下：

1. 自主報考機電整合技術士檢定考試共34位(報考率為82.93，在鼓勵學生”深化學習”算是成功的)，其中學科平均成績為79.60231分，及格率約為94.12%，術科考試通過及格率為52.94%，18位取得證照，取得證照率為52.94%，或許正處於疫情期間，為了避免傳染，學生到校實務技能練習仍有顧忌，但，顯然實務技能訓練，仍然不足有待加強之處。
2. 學生整合所學於107年6月1日參加全系實務專題發表會與競賽，勇奪第一、二、三名的佳績，並組隊參加「21屆TDK盃全國大專校院創思設計與製作競賽」，107年4月28日指導學生參加全國技能競賽南區銲接職類獲得第一名佳績。
3. 學生整合所學，分別組隊參加107年9月29日勞動部辦理之「2018全國自走車競速暨機器人創意大賽」、107年10月18日國立虎尾科技大學主辦之「22屆TDK盃全國大專校院創思設計與製作競賽」，107年11月17日指導學生組團參加校級「107年度學生實務專題製作競賽暨成果展」工程科技類組榮獲第三名(如附件4)。107年8月10日指導學生參加全國技能競賽全國銲接職類獲得第三名(如附件5)，並有34位同學主動報名參加機電整合職類技術士證照考試，共18位同學取得機電整合專業技術證照。
4. 學生最後整合所學之技能，組團參加108年10月19日國立勤益科技大學主辦之「23屆TDK盃全國大專校院創思設計與製作競賽」，肯定自我之信心與增加知識能力。
5. 109年6月5日指導學生參加全系實務專題發表會與競賽，獲得第二名的榮譽。
6. 109年12月7日指導學生組團參加校級「109年度學生實務專題製作競賽暨成果展」工程科技類組榮獲第二名(如附件6)。110年8月20日指導學生參加全系實務專題發表會與競賽，獲得第一名的榮譽。
7. 本人執行教育部之「STEM教育結合6E教學模式於機電整合實務課程之教學實踐研究」教學實踐計畫成果之一，於2021年2月6日以「Combine STEM

Education with 6E Teaching Mode in Mechatronics Teaching」為題發表在「the 4th Eurasian Conference on Educational Innovation 2021」國際研討會，並獲得最佳會議論文獎的榮耀(如附件7)。

8. 教學向下扎根，大手攜小手，112年組智能機器人教育社，培育國小(繁華、海濱、民生等國小)學生STEM教育理念(如圖39)。



圖39 社團組員在繁華國小陪孩子成長情景之一

9. 組團參加AERC 2023亞洲智慧機器人大賽，榮獲A02 自走車程控障礙挑戰，大專院校組第一名，及佳作獎狀鼓勵。(如附件8)
- 10.組團參加AERC 2023亞洲智慧機器人大賽，榮獲A05 機器人東奔西跑，大專院校組第二名、第三名，及佳作獎狀鼓勵(如附件9)。
- 11.開發機電整合設備之虛擬實境控制系統，並應用於機電整合之輔助教學。
- 自動化加工之虛實整合監控系統(如附件10)
 - 姿勢調整與顏色辨別系統同步監控系統(如附件11)
 - 虛擬實境技術應用於材料分揀與加工系統(如附件12)
 - Applying Virtual Reality to Remote Control of a Mobile Robot(如圖4)
 - Applying virtual reality to control of logical control mechanism system(如圖5)
 - Applying Virtual Reality to the Control System for Status Judgment and Arrangement of Workpiece(如附件13)

陸、教學成果公開發表與分享

1. 機電整合虛實整合數位教材，於研討會上公開發表，分享研發成果如下：

- Chin-Shan Chen, Ching-Wen Lui, Applying Virtual Reality to Remote Control of Mobile Robot, The 2nd International Conference on Precision Machinery and Manufacturing Technology 2017, Kenting, Taiwan, May 19~21, 2017. (Scopus)
- Chin-Shan Chen, Bing-Xiang Su; Ming-Hao Guo; Yao-Ting Zhong; Yu-Fan Yang; Hung Lin Kuo, Applying virtual reality to control of logical control mechanism system, 2018 IEEE International Conference on Applied System Invention (ICASI), pp. 520 – 523, Chiba, Japan, April 13-17, 2018. (EI)
- Lay Gaik Teoh, Yu-Jui Tseng, Chin-Shan Chen*, Applying Virtual Reality to the Control System for Status Judgment and Arrangement of Workpiece, 2019 IEEE International Conference of Computation Communication and Engineering (ICCCE 2019), Longyan, Fujian, China, November 8-10, 2019. (EI, Best Conference Paper Award) (如附件 14)
- 范文瀚、陳金山，姿勢調整與顏色辨別系統同步監控之研究，2020 第 18 屆精密機械與製造科技研討會論文集—PMMT 2020，論文編號 B05，墾丁，台灣，中華民國，5 月 22-24 日，2020 年。
- 翁偉豪、陳金山，虛擬實境技術應用於材料分揀與加工系統，2020 第 18 屆精密機械與製造科技研討會論文集—PMMT 2020，論文編號 B06，墾丁，台灣，中華民國，5 月 22-24 日，2020 年。
- Chin-Shan Chen*, Combine STEM Education with 6E Teaching Mode in Mechatronics Teaching, 4th Eurasian Conference on Educational Innovation 2021, Taitung / Taiwan, February 5 - 7, 2021. (Best Conference Paper Award) (如附件 7)
- Chin-Shan Chen*, Zha-Hao Lin, Development of Synchronous Monitoring System for weight discrimination and arrangement Control System, 4th Eurasian Conference on Educational Innovation 2021, Taitung / Taiwan, February 5 - 7, 2021. (EI)

2. 執行教學實踐，改善教學，獲得學校肯定。

- 本人有幸於 108 年 1 月 11 日獲得工學院之 106 學年度教學特優教師的榮耀。(如附件 15)
- 本人有幸獲得校級之 107 學年度專業教學特優教師之肯定與鼓勵。

(如附件 16)

- 110 年 2 月 25 日本人有幸獲得校級之 108 學年度創新教學優良教師之肯定與鼓勵。(如附件 17)

3. 教學經驗分享。

- 109年5月14日獲得學校的跨域中心邀請，在學校教師成長營研習會中分享教學經驗。講授主題為「教學特優教師教學經驗分」(如附件18)
- 本人有幸獲得本校教學資源中心邀請，於109年10月27日在學校教師成長營研習會中分享教學實踐經驗。講授主題為「STEM教育結合6E教學模式於機電整合實務課程之教學實踐研究」。(如附件19)
- 111年11月09日獲得學校的設計思考成長社群邀請，在學校教師成長營研習會中分享教學經驗。講授主題為「教學實踐計畫主題發想」。(如附件20)

4. 教學實踐計畫成果發表分享。

- 108 年 8 月 24 日，於「108 年度工程學門、數理學門暨社會(含法政)學門成果交流會」上發表：「STEM 教育結合 6E 教學模式於機電整合實務課程之教學實踐研究」之研究成果，並上傳教育部教學實踐網路平台。
- 111 年 8 月 18 日，於「111 年度教學實踐研究計畫學門成果交流會」上發表：「結合 PBL 與數位多媒體於可程式控制之教學實踐研究」之研究成果，並上傳教育部教學實踐網路平台。

5. 校慶海報展示-分享教學成果發表

● 98周年校慶分享創新教學成果

屏實力 拚未來

落實教學創新

111年高等教育深耕計畫成果展

數位多媒體輔助可程式控制實習教學之研究

關鍵字:數位多媒體教學、問題導向教學、可程式控制

執行方式及成效:

研究動機與目的

為引起學生對PLC學習興趣及應變能力，正確設計控制程式與配線，及因應新技術與設備，減少學生學習障礙，並能兼顧學生學習成效，而引發採用數位多媒體輔助教學的動機。

教學設計與規劃

本研究之教學設計流程為：訂定教學目標、整理專業知識、整理問題情境、選擇學習資源、引發合作學習、編製、建立評量方式等六個主要程序，另外補充建議以學生為中心的學習環境、考慮學生學習資源、學習成效。

圖40 數位多媒體輔助PLC教學海報

屏實力 拚未來

落實教學創新

111年高等教育深耕計畫成果展

創新教學暨問題導向課程-機電整合

關鍵字:專題導向教學、6E教學、合作學習

執行方式及成效:

計畫動機與目的

系藉由創新、PBL導向教學、持續改善教學方式、推動教學、學4餘之機電教學、提升教學品質、並落實實務應用、自主學習之機電整合實務技術之人才，並鼓勵取得技術證照。

計畫執行模式

本計畫採用6E結合PBL實踐之方式，6E教學法及教學過程中，採用6E的教學導向方式，即Engage、Explore、Explain、Extend、Enrich、Evaluate等6個教學導向。PBL教學方式以學生為中心，教學過程採用以問題導向教學，解決此專題問題而獲得產出或結果之教學方法，並請理工專業師同教學3次9個小時，主要採用實體的現場多媒體及同步遠端多媒體教學，因應新技術與設備，減少學生學習障礙，並能兼顧學生學習成效，而引發採用數位多媒體輔助教學的動機。

圖41 創新教學暨PBL課程-機電整合



圖 42 本團隊成員展示慣性動量動態捕捉成果

● 100周年校慶分享創新教學成果



圖43 PBL教學課程-機電整合與實習

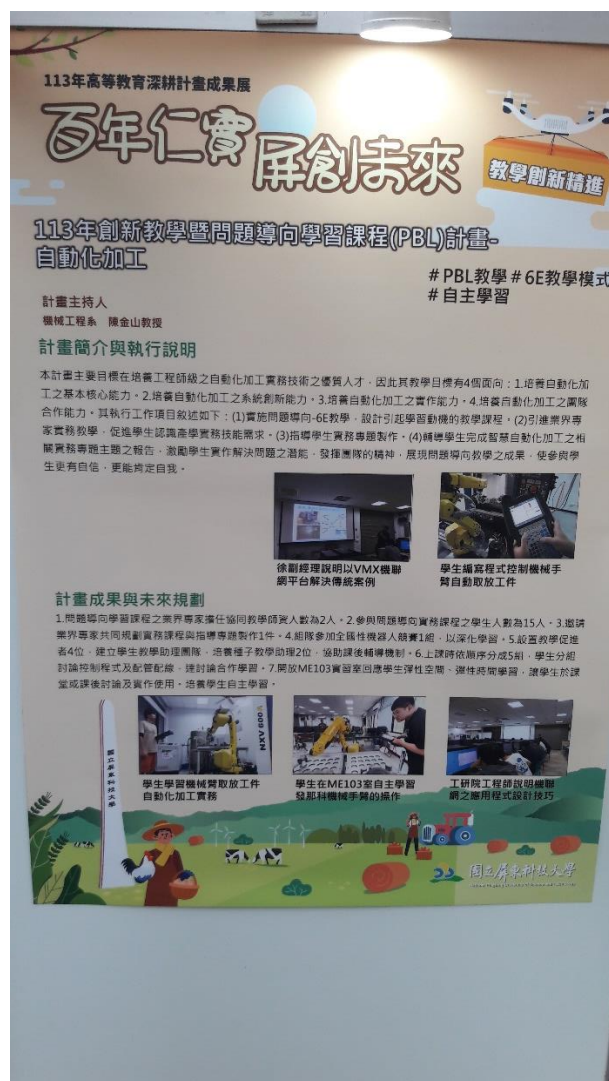


圖44 創新教學暨PBL課程-自動化加工

柒、創新教學之實際應用、具體貢獻與省思

鑒於大專院校學生來源多元，專業背景與程度落差大，傳統的教學演示的可視性不足，學生也容易聚集聊天或分心，無法引發學習動機，又因大環境的影響，學生的學習特性改變，學習態度也變得鬆散，缺乏自主學習能力，缺乏參與與深度學習的意願，而影響整體教學成效，造成學以致用的能力不足，無法與產業實務接軌。本教學實踐打破傳統的教學模式，採用創新的教學方法，經由教學成效評估與多元的學習成效評量機制，明確檢驗學生學習成效及教學成效。茲將本研究之教學創新方法、實際應用、具體貢獻與教學後的省思，提要說明如下：

1. 教學創新方法

教學過程中導入團隊自行開發的虛實整合技術機電整合課程，使學生能於虛擬情境中，進行機電整合設備的操作與模擬測試，增進教學的親和力，提升可視性及操作實感，突破實體教具的限制，並能激發學習的動機。

教學過程中導入高解析度「實物攝影機」，即時拍攝教師現場操作流程（如配線、配管、控制程式的設計與編寫、機電拆卸與組裝等），搭配多個投影幕、或數位教學平台線上同步畫面，強化學生對於細節操作的觀察力與理解力，解決過往「學生站在遠處看不清楚」的問題。

教學過程中結合網路同步教學與遠端學習環境，透過 Google Meet 直播平台，搭配網路攝影機與多媒體畫面分享，提供遠端學生與現場學生同樣的學習內容，實現「同步教學、無縫接軌」的混成式教學模式，保障學生即使不在現場，也能獲得完整的教學體驗。

教學過程中整合數位多媒體輔助教材與剪輯後回放數位教學平台，上課時搭配 EverCam 詳實錄製上課過程，課後剪輯的數位教材上傳數位教學平台，提供學生反覆觀看與補課自主學習使用，強化理解與記憶。

教學過程中使用專案導向與問題導向學習（PBL）融合合作學習互動情境，完全打破過往傳統的上課進度流程的安排與教法，在虛實整合的情境下，及有系統性規劃的專案學習單元導向與問題導向學習（PBL）融合合作學習互動，過小組團隊合作找出解決方案，深化問題解決與批判思考能力，提升學習投入度與專業技術連結。

教學過程中導入「專案動作順序流程」分析，轉換到「專案 Grafcet 動作順序流程」，再轉換成「PLC SFC 動作順序流程」的控制程式設計，學生藉由這一套有系統的實務的邏輯訓練，學生可深刻體會邏輯觀念，除了可以順利設計撰寫控制程式外，並能學會該單元的核心能力。

教學過程中結合 STEM 教育理念與 6E 教學模式，機電整合課程內涵具有跨領域的特性，及具有設計挑戰性與實務性的課題，融入 6E 教學架構（Engage, Explore, Explain, Elaborate, Extend, Evaluate），強化學生從「動手做」到「理解科學原理」，再到「數學的描述」，再進一步延伸應用的能力。

2. 實際應用

本教學實踐的教學過程中導入的虛實整合技術應用於機電整合機台監視控制的開發技術，除了應用到教育訓練外，也可以擴展應用到產業界的實務生產線上，無論實體或線上都能讓學生操作模擬，反覆練習、減少錯誤，加強技能學習及實作訓練。

學生應用所學的知識與技能，以及合作學習的訓練，強化學生團隊協作與壓力應對能力，更能應用於機電整合技術士檢定考試，或在參加校內外競賽中能更有信心、更精準地應對真實問題，解決問題。

結合 STEM 教育理念與 6E 教學模式，在本研究的主題中已經顯現出其具體的學習成效，運用此教學經驗，積極推展到國小，教學向下扎根，大手攜小手，讓未來的主人翁體驗 STEM 的教育理念與精神。

同步教學與現場示範整合應用於教學，教學過程中實際操作，搭配攝影機即時傳送操作細節至多螢幕與遠端學生的顯示裝置，並結合多角度拍攝與切換畫面，讓所有學生都能清晰掌握細節與步驟，增加「沉浸式觀摩學習」機會。

教學過程中實務操作過程皆錄影保存，形成「可隨時存取的教學資產」，學生可於課後自主學習專題操作，補足學習遺漏，提高整體學習完整度。

3. 教學貢獻

本研究的執行，除了驗證教學成果中量化的教學成效外，也具體完成以下質化的成果：(1)實施 6E 教學、問題導向教學、做中學，落實 STEM 教育之「機電整合」課程模組，達成預期教育目標。(2)藉由實務專題製作並組隊參加校內外之專業競賽，更能激勵學生主動學習、團隊解決問題之潛能，展現教學、學習成效之成果。(3)輔導學生取得機電整合技術士證照，使參與學生更有自信，更能肯定自我。(4)採用多元的教學評估方式，及依據學生的行為表現指標，藉此觀察學生的學習成果，反思需要持續改進與修正的地方，進而促進學生學習成效。(5)建置友善的教學環境，讓現場與線上的同步教學都精采。

另外，虛實整合技術創造高沉浸式、高親和力的學習體驗，使學生更主動探索與嘗試，有效改善原本學習態度鬆散、參與度低的情況。

透過攝影機即時特寫操作細節，讓每位學生都能看清楚每個動作、儀器的使用方式，提升理解深度與學習參與度，避免傳統「看不到、聽不清」的教學死角，完全解決實務操作演示時，學生看不清、參與感低以及群聚的問題。

結合同步教學與錄製內容，學生即使因故缺課，仍可透過線上數位教學平台完整學習內容，提升課程覆蓋率、學生滿意度與自主學習。

開發虛實整合技術應用於機電整合課程的教材過程中，同時培訓一群研究生、實務專題製作生具有製作虛實整合技能的人才，他們除了更能深入了解機電整合關鍵技術外，也熟練製作虛實整合系統的步驟、方法與技術，畢業後應用所學之技能於產業界。

本教學實踐的實施過程，證實可激發學生對機電整合課之學習動機、建立正確學習態度、提升學習成效，培養跨領域團隊合作精神，因此本教學實踐的教學過程，可以提供工程相關領域之課程教學參考。

3. 教學的省思

歷經「結合PBL與數位多媒體於可程式控制之教學實踐」及「STEM教育結合6E教學模式實踐機電整合教學研究」的教學歷程，藉由學生的學習反饋，促進教師教學的反思，持續善教學方式與方法，以下是執行教學實踐研究後的省思：

1. 整學期的教學過程中，蒐集分析每單元的學習單、期中評量反思單、深度思考題之評閱、期中評量、期末評量、4次實務技能測試評量等，又要錄影教材剪輯、輔導技術士檢定、或組隊參加校內外比賽，18週的授課期中師生雙方每週都過得相當充實，學生的學習成長與回饋，促進教學相互的成長，過程中雖然很累，但，後續的回味仍是甜美的。
2. 學生隨時是在”變易”中，教學的環境也隨時變化，每一次的教學都是一場不一樣的挑戰，掌握核心的教學要領，隨時調整應變，讓每次每位進入這個學堂的孩子，都能獲得該次該學的核心能力，應該是最大的滿足與成就。

教育是良心的事業，目前學生學習特質受社會環境變遷的影響很大，教師需付出更大的熱忱與愛心，創新教學，持續改善教學品質，期待用心扮演每一個角色、熱心教導有緣的孩子、愛心培育更多的人才，讓經驗傳承與善緣廣結。

捌、參考文獻

- Baloche, L. (1998). *The cooperative classroom: Empowering learning*. Prentice Hall.
- Barrows, H. S. (1986). A taxonomy of problem-based learning methods, First published: November 1986, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.1986.tb01386.x>, Wiley online library.
- Barrows, H. S. (1986). The scope of clinical education. *Journal of Medical Education*, 61(9), 23–33.
- Barrows, H. S. (1996). Problem-based learning in medicine and beyond: A brief overview. *New Directions for Teaching and Learning*, 68, 3-12. doi:10.1002/tl.37219966804.
- Burke, B. N. (2014). The ITEEA 6E Learning By Design™ Model: Maximizing Informed Design and Inquiry in the Integrative STEM Classroom. *Technology and Engineering Teacher*, 73(6), 14-19.
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. National Science Teachers Association press.
- Bybee, R.W. and Landes, N. M. (1988), The Biological Sciences Curriculum Study (BSCS). *Science and Children*, 25(8), 35-39.
- Bybee, R. W. (2014). *The BSCS 5E Instructional Model: Creating Teachable Moments*. NSTA Press.
- Capobianco, B. M., DeLisi, J., & Radloff, J. (2018). *Characterizing Elementary Teachers' Enactment of High-Leverage Practices Through Engineering Design-Based Science Instruction*, *Science Education*, 102(2), 342–376. <https://doi.org/10.1002/sce.21325>.
- Charlin, B., Mann, K., & Hansen, P. (1998). *The many faces of problem-based learning: A framework for understanding and comparison*. *Medical Teacher*, 20(4), 323–330. <https://doi.org/10.1080/01421599880742>
- Chen, Chin-Shan; Lui Ching-Wen (2017), Applying Virtual Reality to Remote Control of Mobile Robot, *MATEC Web of Conferences* 123, 00010 (2017), DOI: 10.1051/mateconf/201712300010, January 2017.
- Chin-Shan Chen; Bing-Xiang Su; Ming-Hao Guo; Yao-Ting Zhong; Yu-Fan Yang; Hung Lin Kuo (2018), Applying Virtual Reality to Control of Logical Control Mechanism System, *IEEE Xplore*, DOI: 10.1109/ICASI.2018.8394302, 25 June 2018.
- Chen, Chin-Shan*, Teoh, Lay Gaik, Tseng, Yu-Jui, (2019), Applying Virtual Reality to the Control System for Status Judgment and Arrangement of Workpiece, *2019 IEEE International Conference on Computation, Communication and*

Engineering (ICCCE), Fujian, P. R. China, 2019, pp. 40-43. DOI: 10.1109/ICCCE48422.2019.9010764.

Chen, C. -S. and Lin, C. -H. (2021), "Research and Development of Synchronous Monitoring for Weight Discrimination and Arrangement Control System," *2021 IEEE 3rd Eurasia Conference on Biomedical Engineering, Healthcare and Sustainability (ECBIOS)*, 2021, pp. 284-287, doi: 10.1109/ECBIOS51820.2021.9510989.

Chen, C.-S. Combine STEM Education with 6E Teaching Mode in Mechatronics Teaching, *4th Eurasian Conference on Educational Innovation 2021*, Taitung / Taiwan, February 5 - 7, 2021. Paper no. M210068.

Dewey, J. (1930). From Absolutism to Experimentalism. In J. J. McDermott (Eds.)

Dewey, J. (1938). Experience and education. NY: Macmillianco.

Duch, B. J., Groh, S. E., & Allen, D. E. (2001). The power of problem-based learning: A practical 'how to' for teaching undergraduate courses in any discipline. Sterling, VA: Stylus.

Freeman, A., Marginson, S., & Tytler, R. (2016). The Age of STEM: Educational Policy and Practice Across the World. Routledge, Published June 1, 2016, by Routledge.

Glasgow, N. A. (1997). *New curriculum for new times: A guide to student-centered, problem-based learning*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.

Hmelo-Silver (2004). Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn?, *Educational Psychology Review*, Vol. 16, No. 3, September 2004.

Hmelo-Silver, C. E., & Barrows, H. S. (2006). *Goals and Strategies of a Problem-based Learning Facilitator*. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 1(1), 21–39. <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1004>

Hmelo-Silver, C. E. & Eberbach, C. (2012). Learning theories and problem-based learning. In S. Bridges, C. McGrath, & T. Whitehill (Eds.). *Researching problem-based learning in clinical education: The next generation* (pp. 3-17). New York: Springer.

Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (Eds.). (2014). *STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research*. National Academies Press.

Hung, W. (2016). All PBL Starts Here: The Problem. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 10(2). Available at: <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1604>

Jacobs, G. M., Power, M. A., & Loh, W. I. (2002). *The teacher's sourcebook for cooperative learning: Practical techniques, basic principles, and frequently asked*

questions. Corwin Press.

- Koh, K., & Luke, A. (2009). *Authentic and conventional assessment in Singapore schools: An empirical study of teacher assignments and student work*. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 16(3), 291–318.
- Kolb, D. A. (1984), *Experiential Learning*, New Jersey, Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Kolmos A., Holgaard J. E., and Clausen N. R. (2021), *Progression of student self-assessed learning outcomes in systemic PBL*, *European Journal of Engineering Education*. 2021, VOL. 46, NO. 1, 67–89. <https://doi.org/10.1080/03043797.2020.1789070>
- Land S. M., Hannafin M. J., and Oliver K. M.(2012). *Student-Centered Learning Environments: Foundations, Assumptions, and Design*. <https://www.researchgate.net/publication/274836901>National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. National Academies Press.
- Norman, G. R., & Schmidt, H. G. (1992). *The psychological basis of problem-based learning: A review of the evidence*. *Academic Medicine*, 67(9), 557–565. <https://doi.org/10.1097/00001888-199209000-00002>
- Savery, J. R. (2006). Overview of Problem-based Learning: Definitions and Distinctions. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 1(1). <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1002>.
- Schmidt, H. G., & Moust, J. H. C. (2000). Processes that shape small-group tutorial learning: A review of research. In D. H. Evensen & C. E. Hmelo (Eds.), *Problem-based learning: A research perspective on learning interactions* (pp. 19–52). Lawrence Erlbaum Associates.
- Spady, W. G. (1994). *Outcome-based education: Critical issues and answers*. Arlington, VA: American Association of School Administrators.
- Stepien, W. J., & Pyke, S. L. (1997). Designing problem-based learning units. *Journal for the Education of the Gifted*, 20(4), 380–400. <https://doi.org/10.1177/016235329702000404>
- Stevens, D. D., & Levi, A. J. (2013). *Introduction to rubrics: An assessment tool to save grading time, convey effective feedback, and promote student learning* (2nd ed.). Sterling, VA: Stylus Publishing.
- The National Center for High-performance Computing, 2021-12-02 update, https://covid-19.nchc.org.tw/dt_owl.php?dt_name=3
- Torp, L., & Sage, S. (2002). *Problems as possibilities: Problem-based learning for K–16 education* (2nd ed.). Alexandria, VA: ASCD.

- Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). *The Role of Tutoring in Problem Solving*. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17(2), 89-100.
<https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1976.tb00381.x>
- 王金國(2017)，檢視與調整合作學習的認知與框架，臺灣教育評論月刊，第6卷第7期，102-105。
- 史美瑤(2013)，評量也是學習，評鑑雙月刊第43期，
<http://epaper.heeact.edu.tw/archive/2013/05/01/5968.aspx>
- 朱熹匯編，林松、劉俊田、禹克坤譯注(1996)，四書，台灣古籍出版社有限公司。
- 林建隆、徐順益(2007)，國中自然與生活科技教師發展5E探究式光學單元教學模組之研究，物理教育學刊，第八卷第一期，1-16。
- 李輝星、李良英(2005)，多媒體教學剖析，景德鎮高專學報，第20卷第2期，57-59。
- 李建彥(2019)，以流行歌曲多媒體文本建構跨領域課程與教學之研究，雙溪教育論壇，第8期，153-192。
- 姚經政、林呈彥(2016)，STEM教育應用於機器人教學-以6E教學模式結合差異化教學，科技與人力教育季刊，3(1)，53-75。
- 郭芳娥(2014)，多媒體展示模式融入教學之研究，國立中正大學資訊工程研究所博士論文。
- 常雅珍(2017)，以正向心理學內涵融入服務學習課程之實踐，大學教學實務與研究學刊，1(2)，1-38。
- 張仁家、范素梅(2010)，合作學習教學法應用於高職美容科美姿美儀課程之學習成效研究，技職教育期刊，第1卷第1期，51-74。
- 黃明忠、黃文良(2008)，E-learning教學模式應用於高職節約能源教育之研究，工程科技與教育學刊，第5卷4期，553-562。
- 黃明輝(2017)，漸進式探究實驗以提升問題解決能力，大學教學實務與研究學刊，69-93。
- 楊子傑，輪機多媒體教學及人工智慧評核之應用(2014)，船舶科技，第45期，53-73。
- 鄧宜男(2001)，合作學習在大學課程的應用，通識教育季刊，第8卷第1期，25-59。
- 陳又菁(2015)，學習風格結合行動合作學習環境學習成效之研究，課程與教學，

第 18 卷第 2 期，201 - 234。

陳金山 (2020)，STEM 教育結合 6E 教學模式於機電整合實務課程之教學實踐研究，2020 年 8 月 24 日，發表於「108 年度工程學門、數理學門暨社會(含法政)學門成果交流會」。

陳金山 (2022)，結合 PBL 與數位多媒體於可程式控制之教學實踐研究，2022 年 8 月 18 日，發表於「111 年度教學實踐研究計畫學門成果交流會」。

陳信欽(2016)，探討使用社交網站結合合作學習策略於行動與無所不在學習環境之影響，成功大學工程科學系博士論文。

陳建銘(2011)，影響線上學習與合作學習學習成就之各項因素探討，中原大學電子工程研究所博士論文。

劉曼君(2018)，建構以學生學習成果為導向的教學與評量，評鑑雙月刊第 72 期，<http://epaper.heeact.edu.tw/archive/2018/03/01/6938.aspx>。

劉曼君(2014)，建構以學生學習成果為導向的教學與評量，評鑑雙月刊第 48 期，<http://epaper.heeact.edu.tw/archive/2014/03/01/6123.aspx>

劉加妹、周志堅、甄苓(2005)，多媒體教學與傳統教學優勢互補的探討，大學數學，第 21 卷第 6 期，32-35。

玖、誌謝

感謝智能製造的團隊所有成員，同心協力，完成所有機電整檢定設備的虛實整合機台監控系統的開發，其中除了熟練機電整合檢定技術外，同時也掌握虛實整合技術，更高興的是這些研發應用於機電整合課的教學，提升學生學習的動機，提供學生自主學習有用的資料，也促進學深入學習的意願，順利取的機電整合技術證照。

感謝教育部教學實踐計畫經費的支援，計畫編號及計畫名稱分別為：

1. PEE1080261，STEM 教育結合 6E 教學模式於機電整合實務課程之教學實踐研究 (Combine STEM Education with 6E Teaching Mode in Mechatronics Teaching)；
2. PEE1110304，結合 PBL 與數位多媒體於可程式控制之教學實踐研究 (A Teaching-practice Study of the Programmable Logic Control Course Integrating PBL and Digital Multimedia)；

讓教學現場所遭遇的困境，得以有效解決，激發學生學習動機，提升學生學習的成效，期待用心扮演每一個角色、熱心教導有緣相遇的孩子、愛心培育更多的人才，讓經驗傳承與善緣廣結。

壹拾、 附件 Appendix

1. 學生學習單之一

國立屏東科技大學 111 學年度第 1 學期 學習單作業 (原卷作答)

科目：可程式控制與實習-DC 馬達控制 2

班級：

學號：

姓名：

一、 寫出「DC 馬達控制」實習中，學習到的重要單元(主題)。

直流馬達的控制與程式撰寫，增加計時及延時功能，再透過燈泡顯示狀態

二、 寫出「DC 馬達控制」實習中，學習到的主要技術內容(含控制理論)。

學到 DC 馬達的控制方式

直流馬達的接線方式

如何控制直流馬達應轉的圈數及即時停止

三、 寫出「DC 馬達控制」實習過程中所遇到的問題或困難。

1. 即時停止需要透過不同接線方式來實現
2. 計時及延時功能撰寫需要想一壓作動流程
- 3.

四、 寫出「DC 馬達控制」實習中的心得。

今天學到了直流馬達的控制，也學到了如何利用上面的磁簧開關來控制馬達要轉幾圈。

也能透過改變接線方式來做馬達的即時停止，在透過延時繼電器能夠控制馬達啟動時間。

2. 學生自評表之一

學生自評-1

111-1 PLC 學習自我評表 (請於最適合處打勾 **V**)

第 2(因組員都不常來上課換去第一組)組 姓名: 學號:

評分項目	非常好 5	很好 4	普通 3	不太好 2	非常不好 1
我提供了點子或事實	V				
我提出了一些學習議題	V				
我使用了各種資源來幫助我研究或解決問題	V				
我有認真深入思考問題	V				
我提供了新資訊	V				
我有幫助小組規劃解決問題	V				
這學期我的出席情形	V				
整體表現	V				

我的加總分數：100(40).....

請簡單說明自己在此單元的表現為何？為什麼？

99 分 上課時非常認真，時常舉手回答問題加分，回家後還會思考上課時所遇到的問題加以改進，上課老師出的題目皆由我一個人解決，後來換去第一組，也跟第一組組員相處融洽。

扣一分原因：無法跟第二組組員合作，上課大部分時間都是我一個人(其他組員常常缺席)，有來也不會，因此通常都是跨組討論或是自己想出辦法解決。

學生自評-2

111-1 PLC 學習自我評表 (請於最適合處打勾 V)

第 10 組 姓名： 學號：B109

評分項目	非常好 5	很好 4	普通 3	不太好 2	非常不好 1
我提供了點子或事實		✓			
我提出了一些學習議題		✓			
我使用了各種資源來幫助我研究或解決問題			✓		
我有認真深入思考問題		✓			
我提供了新資訊			✓		
我有幫助小組規劃解決問題	✓				
這學期我的出席情形	✓				
整體表現	✓				

我的加總分數：33

請簡單說明自己在此單元的表現為何？為什麼？

每次上課都有紀錄筆記，有問題也有問老師或業師，且上課都沒有曠課，也會跟組員討論題目，組員有問題時也會盡量幫忙，再不行也會詢問老師，大家互相幫助。

學生自評-3

111-1 PLC 學習自我評表 (請於最適合處打勾 V)

第一組 姓名： 學號：B108

評分項目	非常好 5	很好 4	普通 3	不太好 2	非常不好 1
我提供了點子或事實			■		
我提出了一些學習議題		■			
我使用了各種資源來幫助我研究或解決問題			■		
我有認真深入思考問題			■		
我提供了新資訊		■			
我有幫助小組規劃解決問題		■			
這學期我的出席情形			■		
整體表現			■		

我的加總分數：27

請簡單說明自己在此單元的表現為何？為什麼？

其實我自己知道我一開始上課並不認真，因為配到不認識的組員，又在機器的對面我很難開口去找他們學東西，直到期中考後發現自己真的是啥也沒學到，被發考卷被說要加油，又被老師在旁邊跟我說要認真學習真的是有夠丟臉，所以才決定接下來的課後著臉皮也要去找學弟看程式跟接線、作筆記，但是還是太晚學，也沒有自己真的從頭到尾操作的經驗導致考試還是出問題，每次都卡上傳卡很久，不過到最後還是有學到基本的程式跟接線成功讓程式上傳，有讓機器動起來，期許以後能做到完美。

3. 學生互評表之一

111-1 PLC 成員互評表 (請以客觀方式打分數)

第一組 組 評分者： 學號：

*評分參考標準

評分項目	非常好	很好	普通	不太好	非常不好
1.有提供了點子或事實	5	4	3	2	1
2.有提出了一些學習議題	5	4	3	2	1
3.有使用了各種資源來幫助我研究或解決問題	5	4	3	2	1
4.有認真深入思考問題	5	4	3	2	1
5.有提供了新資訊	5	4	3	2	1
6.有幫助小組規劃解決問題	5	4	3	2	1
7.整學期出席率	5	4	3	2	1
8.整體表現	5	4	3	2	1

+

成員姓名	各評分項目得分								加總分數	理由或證據
	1	2	3	4	5	6	7	8		
	4	4	4	4	4	4	4	5	33	他會認真教我配線，還會講到我聽得懂，他是個好同學
	4	4	4	4	4	4	4	5	33	他會認真指導我打程式，並且修正我的錯誤，還會講到我聽得懂，他是個好同學
	3	3	2	3	3	2	3	3	25	我一切覺得普通

111-1 PLC 成員互評表 (請以客觀方式打分數)

第一組

評分者：

學號： B10

*評分參考標準

評分項目	非常好	很好	普通	不太好	非常不好
1.有提供了點子或事實	5	4	3	2	1
2.有提出了一些學習議題	5	4	3	2	1
3.有使用了各種資源來幫助我研究或解決問題	5	4	3	2	1
4.有認真深入思考問題	5	4	3	2	1
5.有提供了新資訊	5	4	3	2	1
6.有幫助小組規劃解決問題	5	4	3	2	1
7.整學期出席率	5	4	3	2	1
8.整體表現	5	4	3	2	1

成員姓名	各評分項目得分								加總分數	理由或證據
	1	2	3	4	5	6	7	8		
	5	5	5	5	5	5	5	5	40	他能凝聚團隊，適時詢問是否有人沒來，並會提供筆記給我們參考，甚至為了和我們討論而離開座位願意全程都用站去一起思考如何解決眼前的問題，且都能和其他組要到資訊。
	5	5	5	5	5	5	5	5	40	她願意提出問題，並能幫我們和老師詢問來解決眼前的問題，沒有她，整組可能要一直思考甚至只能坐等老師的答案，有時候她要上廁所時也會希望在這期間能幫她做筆記。
	5	5	5	5	5	5	5	5	40	雖然他一開始是第二組，但第二組時常沒有人所以來我們第一組，並且他寫的程式既簡單又好用，並願意教我們所有指令及配線，沒有他的教導，真的會沒辦法能順利學習，他幾乎是文武雙

4. 107年11月17日指導學生組團參加校級「107年度學生實務專題製作競賽暨成果展」工程科技類組榮獲第三名



國立屏東科技大學 獎狀

屏科大建字第107111015號

機械工程系陳金山老師指導蘇秉翔、楊喻帆、郭鴻霖、鐘耀霆、郭名豪同學參與「107年度學生實務專題製作競賽暨成果展」工程科技類組榮獲第三名

專題名稱：虛實整合同步監控智動化機械臂作業系統之研發

特頒此狀，以資鼓勵

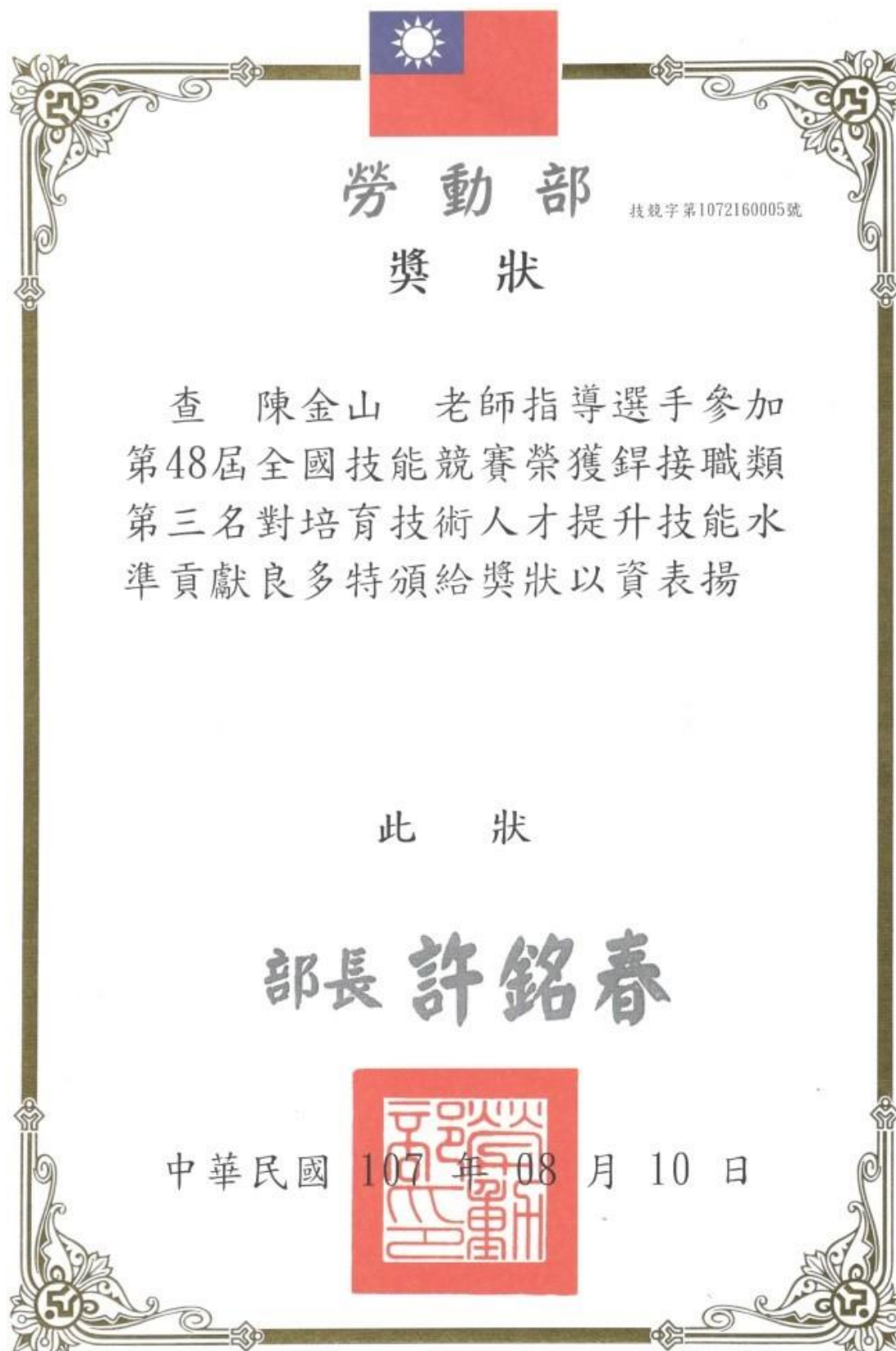
校長

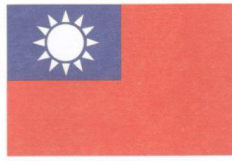
戴昌賢

中華民國 107 年 11 月 17 日



5. 107年8月10日指導學生參加全國技能競賽全國銲接職類獲得第三名





勞 動 部

技競字第1072160001號

獎 狀

查 黃信評 民國87年02月02日生
參加第48屆全國技能競賽南區分區技
能競賽榮獲銲接職類第一名特給獎狀
以資鼓勵

部長 許銘春

中華民國 107 年 04 月 28 日



6. 109年12月7日指導學生組團參加校級「109年度學生實務專題製作競賽暨成果展」工程科技類組榮獲第二名



屏科大建字第 109122031 號

機械工程系陳金山老師 指導 薛睿緯、柯建佑、
朱鎮廷、蔡岡瑞、林仕強同學參與本校辦理「109
年度學生實務專題製作競賽暨成果展」
工程科技類組榮獲 第二名
特頒此狀，以資鼓勵

專題名稱：重量判別與整列控制系統之虛實同步
監控研究

校 長

戴昌賢

中 華 民 國 1 0 9 年 1 2 月 0 7 日



7. 2021年2月6日以「Combine STEM Education with 6E Teaching Mode in Mechatronics Teaching」為題發表在「the 4th Eurasian Conference on Educational Innovation 2021」國際研討會，並獲得最佳會議論文獎的榮耀



8. 參加AERC 2023亞洲智慧機器人大賽，榮獲A02 自走車程控障礙挑戰，大專院校組第一名



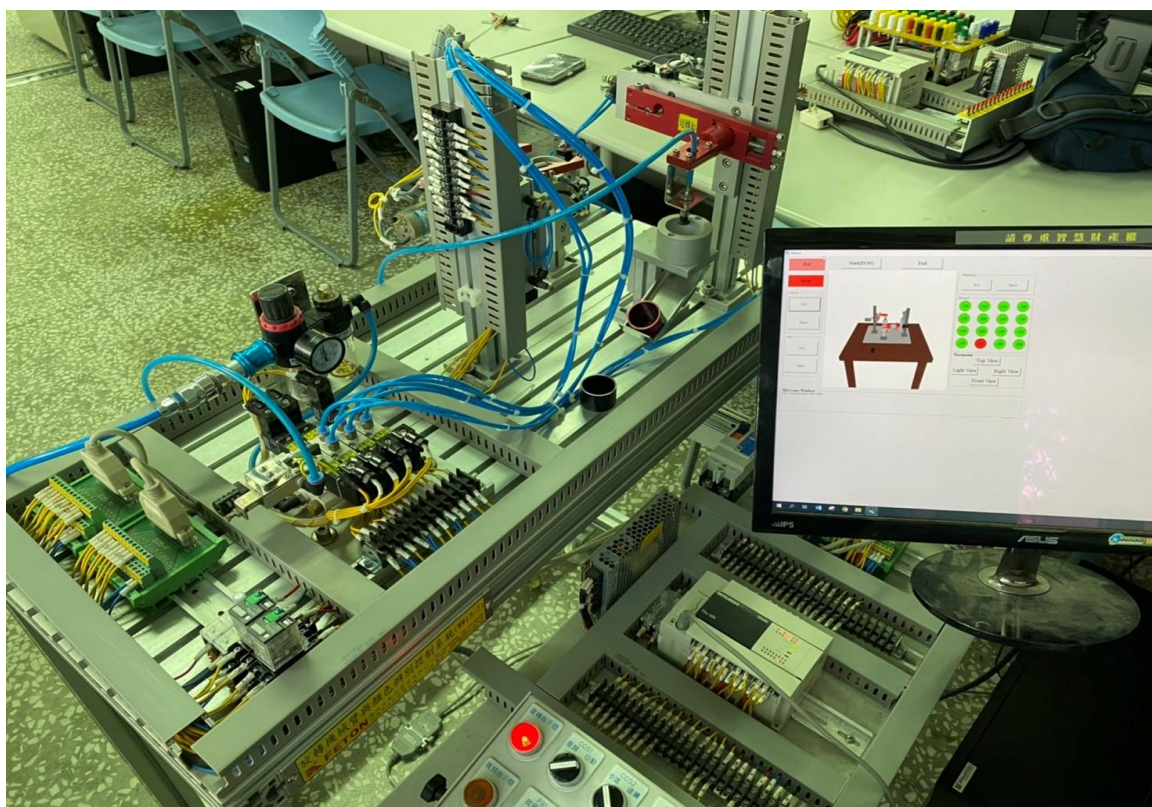
9. 組團參加AERC 2023亞洲智慧機器人大賽，榮獲A05 機器人東奔西跑，大專院校組第二名、第三名



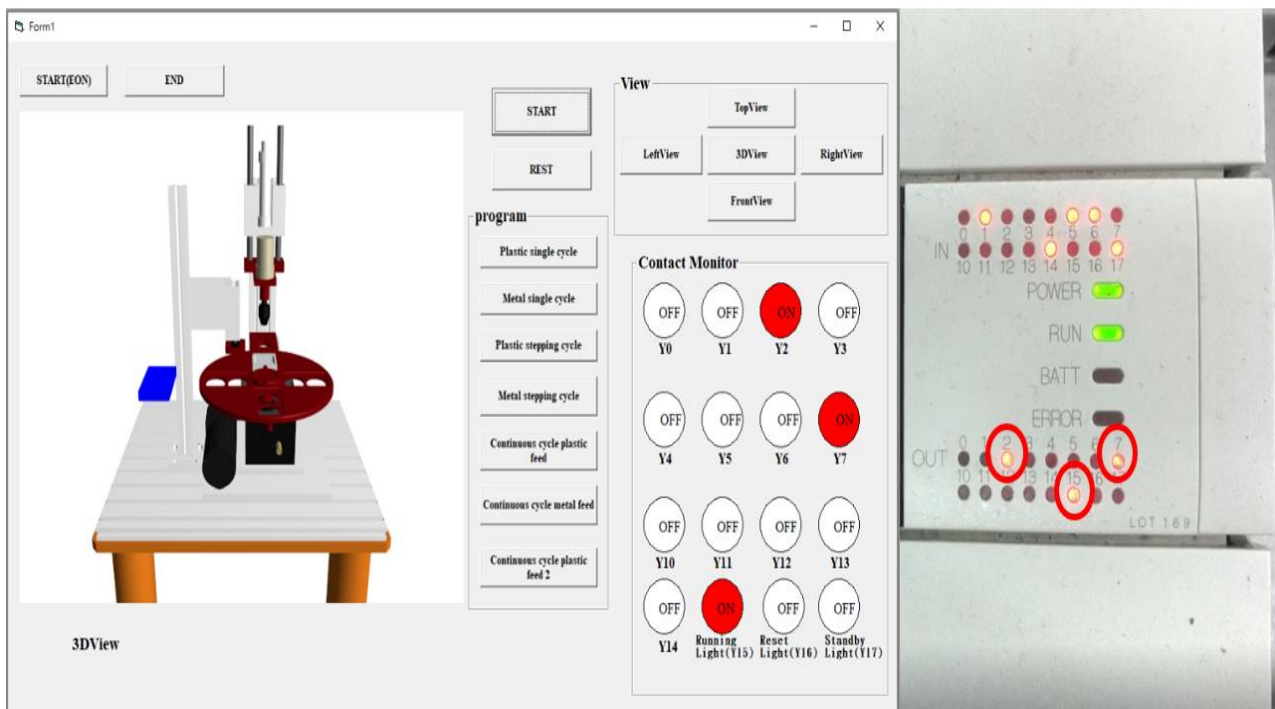
10. 虛擬實境控制系統-自動化加工之虛實整合監控系統



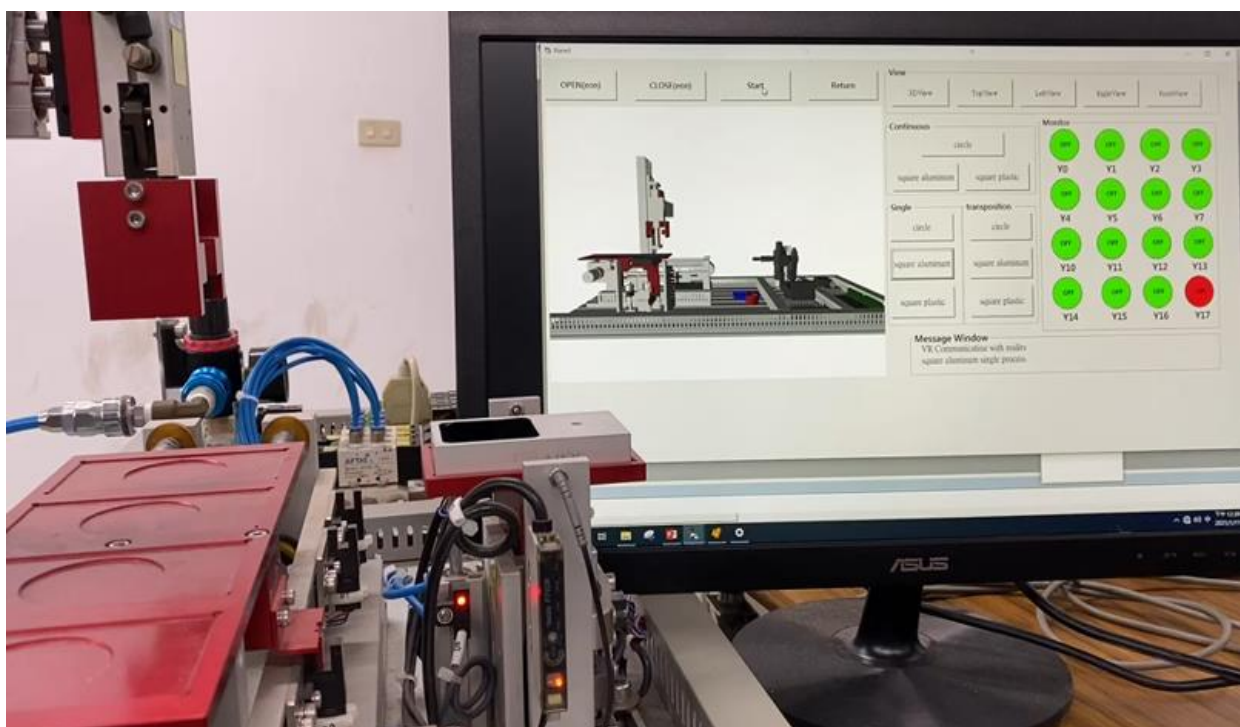
11. 虛擬實境控制系統-姿勢調整與顏色辨別系統同步監控系統



12. 虛擬實境技術應用於材料分揀與加工系統



13. Applying Virtual Reality to the Control System for Status Judgment and Arrangement of Workpiece



14. Lay Gaik Teoh, Yu-Jui Tseng, Chin-Shan Chen*, Applying Virtual Reality to the Control System for Status Judgment and Arrangement of Workpiece, 2019 IEEE International Conference of Computation Communication and Engineering (ICCCE 2019), Longyan, Fujian, China, November 8-10, 2019. (EI, Best Conference Paper Award)





IEEE

ICIASE

2019

***IEEE International Conference of
Intelligent Applied Systems
on Engineering***

April 27 - 30, 2019, Fuzhou, Fujian, China

**BEST CONFERENCE
PAPER AWARD**

This Certificate is presented to paper

F190032

**Study on the Technique about the Constructing and Detecting of the
Network Communication System
Chin-Shan Chen; Ke-Feng Li**

Teen-Hang Meen

The Chairman of IEEE Tainan Section Sensors Council
The President of International Institute of Knowledge Innovation and Invention
Distinguished Prof. Teen-Hang Meen, Ph.D

Chun-yen Chang

ICIASE 2019 Program Chairman
Chair Prof. Chun-Yen Chang Ph.D

International Institute of Knowledge Innovation and Invention

15. 108年1月11日獲得工學院之106學年度教學特優教師的榮耀



國立屏東科技大學工學院 獎狀

(107)屏科大工學院獎字第 006 號

機 械 工 程 系 陳 金 山 老 師

教學認真負責，注重教學改進，
提昇教學品質，獲選 106 學年度
本院教學特優教師，特頒獎狀，
以資表彰。

工學院院長

丁清士

中 華 民 國 108 年 01 月 11 日

16. 108年10月17日獲得校級之107學年度專業教學特優教師之肯定與鼓勵



國立屏東科技大學

獎 狀

(108) 屏科大教資【獎】字第033號

機械工程系陳金山副教授榮獲
107學年度專業教學特優教師
特頒此狀，以資表揚。

校長 **戴呂賢**



中華民國 108 年 10 月 17 日

17. 110年2月25日本人有幸獲得校級之108學年度創新教學優良教師之肯定與鼓勵



國立屏東科技大學

獎 狀

(110)屏科大教資【獎】字第014號

機械工程系陳金山副教授獲選
本校 108 學年度創新教學優良教師
特頒此狀，以資表揚。

校長 **戴昌賢**

中華民國 110 年 2 月 25 日



18. 109年5月14日獲得學校的跨域中心邀請，在學校教師成長營研習會中分享教學經驗。講授主題為「教學特優教師教學經驗分享」



國立屏東科技大學 感謝狀

(109)屏科大教資【感】字第069號

機械工程系 陳金山老師擔任本校
108 學年度教師教學成長研習營講
師，講授「教學特優教師教學經驗
分享」，謹致此狀以資感謝。

校長 **戴昌賢**



中華民國 109 年 5 月 14 日

19. 109年10月27日在學校教師成長營研習會中分享教學實踐經驗。講授主題為「STEM教育結合6E教學模式於機電整合實務課程之教學實踐研究」



國立屏東科技大學 感謝狀

(109)屏科大教資【感】字第091號

承 機械工程系 陳金山副教授擔任
「教學實踐研究計畫申請說明暨分享會」
講師講授「STEM教育結合 6E 教學
模式於機電整合實務課程之教學實
踐研究」謹致此狀以資感謝。

校長 **戴昌賢**

中華民國 109 年 10 月 27 日



20. 111年11月09日獲得學校的設計思考成長社群邀請，在學校教師成長營研習會中分享教學經驗。講授主題為「教學實踐計畫主題發想」



國立屏東科技大學 感謝狀

屏科大跨域字第111113076號

茲 感謝 本校機械工程系陳金山
副教授擔任 111 學年度設計
思考教師成長社群講師，講授
「教學實踐計畫主題發想」
謹 致 此 狀，以資感謝。

校長 張金龍

中華民國 111 年 11 月 09 日

