

教育部教學實踐研究計畫成果報告

計畫編號：PEE1110004

學門分類：工程

執行期間：111.08.01 ~ 112.07.31

業師型教師手把手以生活經驗融入翻轉工程跨領域學習瓶頸之混合引導式教學法：
以車輛機電整合實務課程為例

Step-by-Step Hybrid Inductive Pedagogy by Expert-Like Instructor for the Flipped Learning
into Cross-Disciplinary Engineering Education on Human Experiences:
A Case Study on Mechatronics Practice Course

(配合課程名稱：機電整合實務)

計畫主持人：楊介仙

執行機構及系所：國立彰化師範大學 車輛科技研究所

成果報告公開日期：

立即公開 延後公開(統一於 2024 年 9 月 30 日公開)

繳交報告日期：112.08.25

業師型教師手把手以生活經驗融入翻轉工程跨領域學習瓶頸之混合引導式教學法：
以車輛機電整合實務課程為例

目次

圖目次.....	1
表目次.....	1
一. 本文.....	2
1. 研究動機與目的.....	2
2. 文獻探討.....	4
3. 研究問題.....	6
4. 研究設計與方法.....	7
5. 教學暨研究成果.....	9
(1) 教學過程與成果.....	9
(2) 教師教學反思.....	11
(3) 學生學習回饋.....	11
二. 參考文獻.....	12
三. 附件.....	14

圖目次

圖 1. 全球燃油引擎車、電動車銷售量預估。.....	2
圖 2. 課程單元主題之主要架構。.....	7
圖 3. 機電整合實務課程實施與研究架構示意圖。.....	8
圖 4. 「機電整合實務」課程教學現場一隅。.....	10

表目次

表 1. 實驗組及對照組之教學實踐研究實施情形。.....	8
表 2. 前測、後測及進步性統計表(實驗組 6 人)。.....	10
表 3. 前測、後測及進步性統計表(對照組 5 人)。.....	10

一. 本文

1. 研究動機與目的

隨著車輛產業迅速演變，動力已由傳統燃油引擎轉向電機，成為未來車輛的主要動力來源。未來的車輛將以電機和電子系統為主，取代傳統的機械結構，這種轉變在全球範圍內呈現明顯趨勢。根據彭博新能源財經社的預估，電動車的銷售量將持續增長，到2040年將超越傳統燃油引擎車(如圖1所示)。因此，車輛電子與電機相關的科技在車輛產業的發展中扮演著舉足輕重的角色。值此車輛科技轉型的時代，傳統的車輛相關課程已經無法滿足未來車輛產業的需求，電子、電機和資訊技術在車輛產業中的重要性日益凸顯，相關領域的人才需求也日益殷切。為了應對未來全球車輛產業的研發、應用、管理和創新需求，應在電子、電機和資訊科技的基礎上培育車輛機電整合技術的專業人才，這不僅為提升汽車產業競爭力的有效策略，更是汽車產業升級的關鍵。

國內為了應對智能化、安全性和電子化等國際車輛技術趨勢，車輛產業不斷地進行相關科技的研究和發展，面對這一新的變革局勢，車輛產業應該以更積極、更宏觀的態度，研發新的科技，朝著全球化環境中建立整車和關鍵零組件的研發、設計和製造能力發展。現今世界處於不斷變化的局勢中，新科技的發展速度驚人，車輛產業仍持續積極轉型及技術發展。在此關鍵的時刻，對未來車輛產業科技發展的機會和挑戰應做好充分的準備，除了正確的經營策略、研發計劃和充足的資金外，提升未來車輛產業科技研發人才的素質，也是至關重要的一環，學校在車輛工程和科技教育之角色亦不可缺席，應承擔起培養未來車輛產業科技研發專業人才之使命，以因應不斷提升之車輛科技及需求。值此時機，學界應充分利用這個時機，選擇未來可能缺乏人才的車輛產業科技領域與技術為教學方向，並將電子、電機和資訊等機電整合的基礎學科納入核心教學課程，培養並訓練未來車輛產業科技人才，俾使學生能夠勝任日益變動的車輛產業職場，同時也有助於提升國家的競爭力，維持經濟的持續增長。

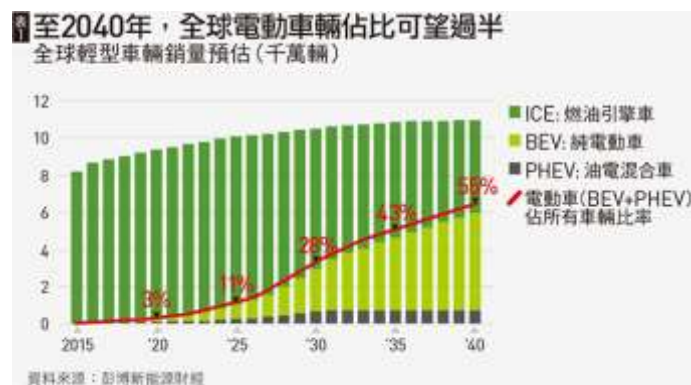


圖 1.全球燃油引擎車、電動車銷售量預估。

汽車產業與科技已從機械轉向電機、電子和資訊領域，但現有的汽車課程仍缺乏培養機電整合、電機、電子和資訊等汽車產業所需人才的能力，汽車機電整合與電機、電子及資訊系統之跨領域新興科技，足見相關汽車產業界對人才的迫切需求，一般學生對汽車之認知僅為傳統的動力機械，未能吸引電機、電子和資訊相關學生參與汽車電子領

域，而國內培育汽車科技相關學生主要集中於技職體系的科技大學，如台北科技大學、虎尾科技大學和屏東科技大學，及機械相關科系下之汽車組等，然而一般的大學，如機械、資訊工程、電子和電機等相關系所，雖然亦教授汽車科技相關的課程，但受限於各系所的特色和研究領域，難以規劃完整的汽車科技課程，提供學生學習新的汽車科技。傳統汽車課程多集中在動力機械領域，缺乏機電整合技術，而面對未來汽車發展，電機動力將取代傳統機械動力，若學生未學習汽車電子、電機、資訊及機電整合等相關課程，或學習效果不佳，或未習得學習跨領域的方法，則將面臨轉型或淘汰的風險。

近年來由於社會型態的變遷，如網路普及、新冠病毒肆虐、薪資停滯等，就教學現場而言，學生因取得資訊便利，認為課堂上老師所授的知識與技能垂手可得，學習態度已漸趨消極應付，若遇問題無能力解決，則求助網路資源，但對一些較基礎及應具備之基本知識或技能又顯得無能為力，因此學生能力僅停留於解決單一問題之表面學習(Surface Learning)，加上為避免新冠病毒擴散採取遠距教學措施，雖立意良善，但也導致學生學習效果大打折扣，而薪資的停滯亦讓學生喪失勤奮學習的動力，因此學生之學習態度已漸趨消極應付，若遇問題則無能力解決，受挫後即退縮而導致學習興趣低落及態度消極。

在汽車科技轉型的背景下，傳統汽車課程已無法滿足未來汽車產業的人才需求，對於已修習傳統汽車課程的學生，應需學習跨足電子、機電和資訊等不同工程領域的課程，以機電整合實務課程為例，此涵蓋跨工程領域的學科知識。學習微處理機技術將有益於傳統汽車課程學生進入電動車技術領域的橋樑，微處理機技術是基本且不可或缺之跨領域的知識和技能。然而，學生對微處理機的基本原理、規則和機制的理解存在困難，尤其是非電子、電機和資訊相關領域的學生。為解決學生在學習中可能遇到的困難，本計畫的核心是引入以生活經驗為基礎的引導式教學法，並以微處理機技術為基礎的機電整合實務課程，由業師型教師手把手教導學生相關機電整合實務技術，幫助學生深入學習跨學科的基本知識和技能，建立信心，提升興趣，提高學習成效。

在教學過程中，教師的實務經驗至關重要。教師需要將抽象的微處理機基本原理轉化為易於理解的生活經驗，以實現教學目標，有別於國內其他車輛相關科系，本校在車輛機電整合和電子課程具發展特色，而主持人多年來於本校車輛科技研究所開授機電整合實務及車載網路系統實務等相關課程，並在相關領域執行多項計畫，積累豐富的教學和實務經驗，足堪勝任並以機電整合實務課程為標的，執行業師型教師以手把手生活經驗融入翻轉工程技術跨領域學習瓶頸之混合式教學法之教學實踐研究計畫。

隨著汽車發展日新月異，傳統的機械動力將逐漸被電機動力所取代。若車輛科系學生不學習車輛電子、電機和資訊等實務技術相關課程，或學習效果不佳，他們將在未來的職場上面臨轉型或淘汰的風險。傳統車輛相關課程往往著重於致動器與感測器原理、接線等基礎內容，而於機電整合相關實務技術則顯不足。機電整合的核心在於將感測器等訊號進行計算和邏輯判斷，再輸出至驅動致動器的適當訊號，然而微控制器(或稱微處理機)的應用與實務，在車輛相關課程中卻鮮少涉及。本校車輛科技研究所所開設的機電整合實務課程，突破了傳統課程的限制，著重於教授微處理機的原理、規則、機制及應用，如擷取感測器訊號和驅動致動器等實務內容，機電整合實務課程成為傳統車輛進入跨領域學習的重要一環，也是應對未來車輛科技需求的關鍵課程之一。

車輛的機電整合實務課程，涵蓋了電機、電子、資訊和動力機械等跨領域內容。對於車輛工程背景的學生而言，這是一個全新的領域，學習難度相對較高，對於電機、電子和資訊工程的學生而言，雖然領域相近，但仍屬於跨領域課程，學習時可能遇到重新學習未知領域的困擾。有鑑於此，經濟部工業局於 2016 年開始舉辦「電動車機電整合工程師能力鑑定」師級考試，以引導國內人才參與電動車機電整合的研發，凸顯車輛機電整合實務課程對未來車輛研發人才培育的重要性。因此，學以致用之實務是教師教授課程時責無旁貸的義務，而如何有效地教授課程中重要的關鍵知識、技術、與學習態度，亦是教學現場重要的一環。然而學生在修習工程跨領域課程中，恐因遇問題即受挫並退縮，進而導致學習興趣低落及態度消極，亦或學生學習工程跨領域課程的態度轉向負面，以致無法達到學生學習效果，因此車輛機電整合實務課程教學方法之提升與改革之目標主要以學生學習為中心，在學生修習車輛之機電整合系統相關跨領域課程時，教師應建立學生遇問題不退縮、不焦慮，養成認真面對問題並解決的積極學習態度，促進學生工程跨領域學習之成效，以符合學生於車輛之機電整合相關產業的職場之需求。

本教學計畫聚焦於車輛機電整合領域，著眼於「機電整合實務」課程，結合核心技術—微處理機，融入軟硬體設計及技術實務，旨在引導學生適應未來車輛產業轉型，從傳統燃油引擎轉向電動馬達驅動技術。計畫探究跨領域課程，如車輛與電子、電機與資訊，將問題導向(Problem Base)及專案導向(Project Base)教學法之混合引導式教學法(Hybrid Inductive Pedagogy)，應用於車輛機電整合實務課程。透過業師型教師手把手(Step-by-Step)教授車輛機電整合實務及微處理機實務等之相關知識與技術，並融入實際生活經驗，解說微處理機的原理、規則、機制及應用，以突破跨領域學習障礙。不僅使學生掌握車輛機電整合實務及微處理機技術，更培養學生跨領域學習能力，發展獨立解決問題(Independent Solving)、深入學習(Deep Learning)與終身學習(Lifelong Learning)的潛力。

機電整合之實務與技術涵蓋電子、電機、資訊及動力機械等相關領域知識，若非複雜實務或專案問題，實無需深奧之數理及過多的邏輯，如何以問題導向及專案導向為核心素養導向之引導式教學法，循序漸進地引導學生藉由技術難度由淺而深地學習如何解決軟、硬體實務技術問題，業師型教師手把手以生活經驗融入機電整合實務課程，並於教學現場以雙向教學方法(包括腦力激盪、提出問題、傾聽學生想法、鼓勵學生思考並發表問題解決方法、教學回饋等)，改變既有的教學現場環境與氣氛，引導學生思考問題及提出其解決之道，學生因實務問題的解決及專案的討論後，建立工程跨領域之學習成就及信心，從而提升其學習興趣，達成對車輛電機、電子、軟、硬體及機電整合實務技術之深入學習與終身學習的教學目的，俾使學生具適應現在生活之學習能力及面對未來挑戰所應備的態度、知識與能力(包含技能)。

2. 文獻探討

Crismond 及 Adams 提出工程課程的學習及教學之素養，包括 9 種工程素養等[1]，目的在於結合學習的目標與教學方法，以利學生學習工程設計的能力。Kirn 及 Benson 探討學生如何意識到解決問題的困難、而未來將如何意識到及當下與未來意識到解決問題困難之間的關係，並採用說明現象學分析方法(Interpretative Phenomenological Analysis, IPA)[2]。工程教育應與工業需求相向，因此學校教育及廠商需求應加強相互交流，以達

學以致用之目的[3]。教學現場模仿實際場景的真實性已然成為趨勢，且可提升學生學習效果素[4-6]。由於專業技術與知識是由學習與實務經驗積累，教學者應研究不同教學法裨益有效地幫助學生學習專業的知識及實務技術，教師對實際專業問題應較新手更需注意該專業之核心與關鍵的問題[7, 8]。

近年技術教育專業教師以 STEM(Science, Technology, Engineering, and Mathematics) 或 STEAM(Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics)為導向之工程設計實務課程有逐年增加之趨勢，如[9]及其參考文獻，出了科學(Science)、技術(Technology)、工程(Engineering)與數學(Mathematics)外，似乎無關的藝術(Art)在工程技術教育中其實扮演著舉足輕重的角色，舉凡美觀、創意、人性化等，甚或文藝的理解等。Kirn 及 Benson 探討工程領域學生如何於當下意識到解決問題之困難工作、而未來又是如何意識到的及當下與未來對於意識到解決問題之困難工作間的關係，並應用解釋現象學分析方法(Interpretative Phenomenological Analysis, IPA) [2]。

工程技術實務的專家面對工程問題能因實際情形而有效地轉換自己的專業知識，尋求較佳解決問題的方法，Atman 等人以設計為導向之教學法中，其研究結果指出[10]學生學習方式可為膚淺學習(Surface Approach)、策略學習(Strategic Approach)、及深層學習(Deep Approach)[11]，教授學生學習專業技術之教學法中，引導式教學法(Inductive Method)可引導學生避免膚淺學習、或策略學習，並引導學生深層學習的教學法[12]。

工程實務的課程中，對課堂中學生所提問題之解決方案是教學現場核心的重要活動，部分文獻研究結果證明不同看法會直接影響學生解決課堂問題的能力，學生需明確地審視自己對問題解決的看法及假設等，導引學生進入問題解決方法的思維模式[13]，而 McNeill 等人研究結果發現，問題解決方法的思維模式可分為 5 類，分別為：1)問題解決的程序(Problem-Solving Process Itself)；2)課堂問題的定位(The Role of Classroom Problems)；3)工作場域問題的定位(The Role of Workplace Problems)；4)影響問題解決之個人特質(Personal Characteristics that Affect Problem Solving)；5)有益於問題解決之資源(Resources that Assist Problem Solving)等。工程實務及工程科學的課程中，其教學法具明顯的不同[3]，Daly 等人於 2012 年發表其研究工程學生及實務學生在實際面對問題，並將解決問題方法的設計過程是如何建構，並以 36 名不同經驗的學生(包括工程及實務)為研究對象，該研究結果指出在新任務時，試驗者於發想構思建構階段至有 60 種以上的不同策略中產生[14]。

車輛機電整合實務技術發展是車輛工程重要的基礎，亦是機電整合實務應用之重要範例[15]，主要因車輛機電整合需要高技術水準及具跨領域之工程師，包括擁有車輛電子、車輛控制、微處理器、動力機械等相關領域知識。而有關機電整合系統教學仍以嵌入式微處理器為核心內容，並輔以數位電子計算機輔助設計達成學生學習機電整合之目的[16]，車輛機電整合實務課程對教師達到課程目標最艱鉅的挑戰應該是修課學生來自不同學科背景，而課程目標旨在增進學生有關機電整合系統之知識與技術實務[17]，為保有車輛機電整合實務課程可符合車輛機電整合實務技術之產業需求，教學者不僅須思考教授車載網路系統基本知識與原理，更需考慮學生未來在車輛機電整合相關職場可能面臨之真實且複雜的實務問題，與具有具象標的的其他學科(如製造工業、動態系統、化學工業、流體力學等學科)可以運用以電腦為基礎的教學法即可改善學生學習品質[18-20]，

在工程教育中，車輛機電整合實務課程是相對抽象的課程，以嵌入式微處理器系統之實務技術為例，若學生學習後能具備獨立發展嵌入式微處理器系統之能力，則課程中至少需包含嵌入式微處理器電路硬體設計及軟體程式撰寫的課程主題。Barnes 等人對嵌入式微處理器的教學提出以答詢為導向之小組學習教學法[21]。

3. 研究問題

本教學實踐研究計畫主要以車輛機電整合系統之「機電整合實務」教學課程為主，以車輛機電整合之核心技術—微處理機技術為主，課程包括軟體及硬體之設計與技術實務課程，俾使學生適應未來車輛產業由傳統燃油引擎至電動馬達驅動之技術發展，計畫中將研究車輛與電子、電機與資訊等跨領域課程中以問題導向(Problem Base)及專案導向(Project Base)為學習之混合引導式教學法(Hybrid Inductive Pedagogy)應用於車輛機電整合實務課程，以融入人類生活經驗的方式，解說微處理機之原理、規則或機制及其應用，課程中業師型教師手把手(Step-by-Step)教授車輛機電整合實務及微處理機實務等之相關知識與技術，以期翻轉學生工程技術跨領域學習瓶頸，不僅讓車輛所學生學習機電整合實務及微處理機實務，更期待學生學會如何學習跨領域知識與技術之過程，以培養學生獨立解決問題(Independent Solving)、深入學習(Deep Learning)與終身學習(Lifelong Learning)的能力。

機電整合實務課程中先以較易完成之問題讓學生開始思考解決問題並可實現微處理機之基本軟硬體實務，如微處理機之重置(Reset)機制、暫存器相對於硬體之意義、LED 燈控制原理、流水燈邏輯、七段顯示器(7-Segment Display)規則等，導入生活經驗的對應或相符例子，強化跨領域學生對抽象的微處理機之基本原理、規則或機制的認知，如微處理機之暫存器可比擬生活上之各種電器用品的開關等，生活經驗的融入讓跨領域學習變得直接且易懂，學生便可降低學習心理障礙，裨益學生建立跨領域學習信心，接著再進入微處理機之中斷機制、輸出入與通訊、廣義延伸記憶體機制與 IIC、SPI 定義等，按部就班地引導學生加深、加廣地學習微處理機之軟體及硬體設計技術，而教師在教學現場與學生以雙向互動教學方法，提出實務上常見或不易解決的問題，共同討論正確較可行方法，改變既有的教學現場模式，引導學生思考問題解決之道，增強學生學習映像，進而產生學習微處理機之動力與興趣，再引領學生進入中級、進階及產業實務問題，循序漸進地讓學生可以自行面對問題，以專案(Project)實例訓練學生解決問題的方法與能力，因此期中及期末皆以專案的方式，個別完成自訂專案，內容須包含學期中所教授的知能與技術等實務，學生可自我發揮創意且不易抄襲，但教師可於期中及期末專案報告前或二週，開始引導學生解答自訂專案遇到的問題，並以實際教學現場之情形，施行研究該教學方法與改變對學生的學習成效及影響，過程中適時調整教學方法，並修正教材對不同面相跨領域學生學習上之難易程度，裨益學生具備獨立解決問題、深入學習與終身學習的能力。

機電整合涵蓋微處理機軟體與硬體設計是進入相關傳統車輛跨領域學習與因應未來車業產業科技需求的重要課程之一，本課程共計分 5 類主要的單元主題為課程主要架構，包括微處理機原理、微處理機中斷實務、微處理機輸出入、微處理機擴充介面應用、車輛機電整合應用實務等(如圖 2)，每一單元各為四週課程，課程中針對各單元主題內重要

知能與技術之盲點提出問題供學生討論，每週第三節課則為為學生實務討論時段，並於每單元主題第四週請學生各自設計專案主題，專案並應用課堂中所學之微處理機的基礎知識與技術，自行簡報並說明專案之想法、涵蓋的微處理機知識與技術、過程中所遇問題與解決方法及仍未解結之問題等；圖 2 中車輛機電整合應用實務則為學期第九週之期中專案報告及第十八週之期末專案報告，並由學生總結本學期所學的知能與技術。



圖 2.課程單元主題之主要架構。

4. 研究設計與方法

本教學實踐研究計畫之實施主要課程為國立彰化師範大學車輛科技研究所開設之「車機電整合實務」課程，以專業技術養成與實務經驗累積為本課程的學習的核心目標，課程中規劃五個主題單元，難度循序漸進，裨益提升學生進入職場之技術培養與實務經驗的累積。對教學實踐研究架構主要以實驗組(修課學生)及對照組(未修課學生)於該課程之前測及後測的結果，調整及修正混合引導式教學法的內容、教材、主題單元適當性及其難易程度等，其架構如圖 3 所示。主要教材為主持人之教學與實務講義，輔以主持人實驗室自行開發之硬體模組等，教學過程訂定符合 SMART 原則(Specific、Measurable、Attainable、Realistic、Time-Limited)之自我學習目標和計畫，並以生活經驗融入工程教學，俾使跨領域教學貼近 STEAM 教育，彌補學生在上課前對科學、技術、工程、藝術人文及數學等素養的不足，由授課教師指定與課程內容相關技術層次之期中及期末專案題目，由學生自行發展技術結合創意發想，並簡報適合自己的專案成果表現，學生成績考核為期中專案報告與討論(30%)、期末專案報告與討論(40%)、課堂參與(10%)、課堂表現(包括每四週之實務應用簡報，20%)，由於期末專案報告與討論為全學期學習成效之表現，因此評量比重較高，又因課程中以問題為導向，期望可以啟發學生學習如何思考及解決問題，因此課堂表現佔成績考核 20%。每週最後一節課為學生實務應用之教師手把手現場指導，授課教師與學生討論有關學生執行實務專案時所產生之技術與實務問題，授課教師可以針對學生個別及共通問題逐一討論，使學生能及時解決專案執行時之問題，但專案之技術開發與創意發想仍由學生自行負責，如此可降低學生跨領域學習時因遇問題即受挫退縮，並提高學生學習興趣及深入思考之學習態度。

本教學實踐研究計畫之教學效度(Validity)採前測、後測方式進行評估¹，教學研究架構主要以實驗組(修課學生)及對照組(未修課學生)於該課程之前測及後測的整體進步性比較，表 1 為實驗組及對照組修課之人數之統計資料，題目分為基礎(Basic)、初級(Elementary)及進階(Advanced)三類，題數分別為 6 題、9 題及 5 題，並以 2 組學生 3 類題目進行分析及評估本教學實踐研究計畫之教學教法對修課學生與未修課學生之差異及其效果，提供該教學方法修正參考，並檢視及分析前測及後測之效度。

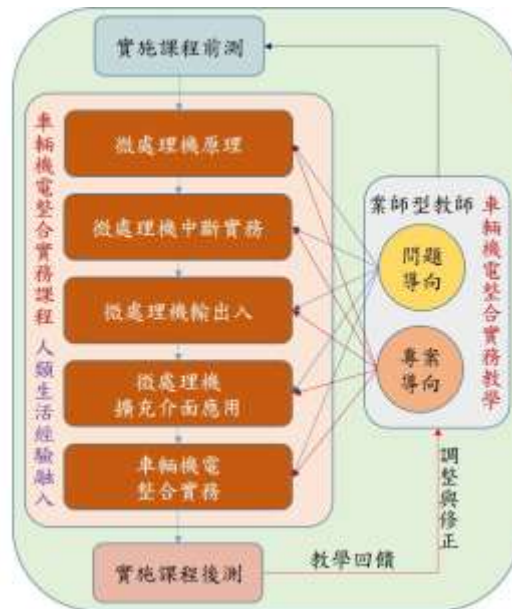


圖 3.機電整合實務課程實施與研究架構示意圖。

表 1.實驗組及對照組之教學實踐研究實施情形。

組別	授課時數	實務時數	學生人數	學生背景				學生概況描述
				機械	電機	資訊	其他	
實驗組	54	30	6	4	1	0	1	本課程修課學生。
對照組	0	0	5	5	0	0	0	未修課學生。

由於前後測之得分採倒扣機制，每題選項共 4 組，答對得分、未答題 0 分、答錯倒扣 1/3 題分，以避免學生因襲傳統答題之猜題習慣，而造成統計上的誤差，分別就整體課程學習學生等不同面向之差異與進步性進行分析與研究，以標準差(Standard Deviation, σ)做為題目程度對學生答題之偏差標準，

¹ 本課程之前測及後測皆採用 Google 表單的方式，並分別提供 QR Code 之網路連結(如

附件)，方便學生線上完成測試。

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

其中 x_i 為各樣本數值、 N 為樣本數、 \bar{x} 為樣本平均值。

5. 教學暨研究成果

(1) 教學過程與成果

於課程開始教學前，請修習課程及未修課的學生進行前測，課程結束後，亦由參與前測的學生再進行後測，統計分析本研究計畫所提出之教學法之優劣。另於「車輛機電整合應用實務」課程主題單元中，要求學生自行設計開發一微處理器模組單元，而使用課程之非通用微處理器模組單元，並於期末專案報告中，由學生簡報並討論其微處理機模組設計之優劣後，令學生可從中學習專業微處理機模組設計與自行設計之差距及差距之原因，將有助改善學生在專業技術實務上的盲點。

以教學現場而言，學生就跨領域學習的興趣應已具備，但因其學習背景之跨領域常備知識不足，如電子、電機、通訊與資訊之基礎等，以致遇問題即受挫，並選擇退縮，即便是易理解問題，加上學生不習慣或不願意將不理解的問題在課堂上發問，而導致學生學習態度消極，造成學生採取膚淺學習、策略學習，以致學生之學習成效無法達到預期目標，因此「機電整合實務」課程中，授課教師應具業師之專業能力，手把手以人類生活經驗融入解釋微處理機的機制、規定，提升學生對工程專業實務應用之記憶及其深入學習能，翻轉學生工程跨領域學習瓶頸，令學生能學習跨領域相關問題的核心基礎知識與技能，從消極的膚淺學習到積極的深入學習，加上以問題導向及專案導向為核心素養導向之引導式教學法，引導學生藉由課程不同難度循序漸進地解決實務技術問題。而在教學現場則以雙向教學方法，學生可因問題的思考與解決及專案的討論後，建立信心及成就感進而達成學生對跨領域工程實務技術之深入學習與終身學習的教學目的，足令學生適應車輛產業之變動及面對未來挑戰所應具備的知識，並增強跨領域學習能力與態度。

「機電整合實務」課程授課內容主要分為以下單元主題包括「微處理機原理」、「微處理機中斷實務」、「微處理機輸出入」、「微處理機擴充介面應用」、「機電整合應用實務」等五項主題單元為課程主要架構(如圖 2)，各單元解說、實務與成果簡報週數(解說/實務/成果簡報)分別為 1/3/0 週、2/2/1 週、2/3/0 週、1/1/0 週、0/1/1 週，由學生必須各自簡報成果，並於課堂上接受提問與討論，且要求其他學生與相互提問階段各自提出至少 3 個問題，對於應學習的內容及範疇，其學習態度無法以消極應付與表面學習完成課程中應習得之知識與技術，教師亦可自學生簡報時之提問與回答中知道學生學習狀況，教師於學生成果講述及討論後，統一解說並即時修正學生於課程實務技術上之問題，加深學生學習映像，並達成學生深入學習之預期效果，學期開始即告知學生應規劃期中及期末分別之專案作業，令學生修課學習之目標明確，圖 4 為「機電整合實務」課程教學現場一隅。



圖 4.「機電整合實務」課程教學現場一隅。

表 2 及表 3 分別為實驗組及對照組之前測、後測及進步性統計表。其中實驗組及對照組之前測總體答對率各為 19.00%及 2.67%，顯示實驗組學生已備較多基本知識與經驗，但實驗組學生前測標準差為 16.55%，代表學員對微處理機系統之相關知識程度的個別差異較大，而對照組為本所在學但未修課學生，且學習背景均為機械領域，前測成績為 2.67%，且標準差為 2.26%，亦即未修課學生對機電整合之微處理機系統相關知識不足，且個別差異亦差不多。

表 2.前測、後測及進步性統計表(實驗組 6 人)。

問題難易度	題號	% of Students Passed		
		Pre-test (σ)	Post-test (σ)	Shift (%)
基礎(Basic)	1,2,7,8,9,14	11.67 (9.60)	20.42 (2.98)	8.75 (29.17)
初級(Elementary)	3,6,10,12,15,16,18,19,20	5.53 (6.53)	20.42 (7.67)	15.08 (33.52)
進階(Advanced)	4,5,11,13,17	2.92 (2.17)	5.00 (5.14)	2.08 (8.33)
總體	1~20	19.00 (16.55)	45.83 (14.02)	26.83

表 3.前測、後測及進步性統計表(對照組 5 人)。

問題難易度	題號	% of Students Passed		
		Pre-test (σ)	Post-test (σ)	Shift (%)
基礎(Basic)	1,2,7,8,9,14	4.33 (4.29)	1.11/1.57	-3.22 (-10.74)
初級(Elementary)	3,6,10,12,15,16,18,19,20	-1.33 (1.94)	-1.11/1.57	0.22 (0.49)
進階(Advanced)	4,5,11,13,17	-0.33 (0.67)	0.00/0.00	0.33 (1.33)
總體	1~20	2.67 (2.26)	0.00 (2.72)	-2.67

實驗組及對照組之後測總體答對率各為 45.83%及 0.00%，顯示實驗組經由修習課程，已學習機電整合之微處理機系統相關知識，且實驗組後測之均方差為 14.02%，相較於前測之均方差 16.55%，代表實驗組學生程度漸趨向一致；兩組總體進步性分別為 26.83%及-2.67%，顯示實驗組修習課程獲得較大的進步性，其後

測成績亦高於對照組，足見實驗組學生之學習成效。

(2) 教師教學反思

教學現場教授微處理機相關知識、理論、規範及其技術實務時，若以傳統方式之講解，修習課程學生不易理解微處理機處理機制之內涵意義，或令學生僅停留於表面學習，即使為微處理機相關之實務技術操作，易僅能加深學生學習之操作記憶，學生無法切實瞭解微處理機相關之處理機制，隨著時間的推移，對於微處理機之處理機制的認知將漸漸淡忘，但若將微處理機之處理機制的解說與授課，如業師般手把手教導學生相關微處理機之技術，並融入人類生活經驗思維的關聯性亦是翻轉工程跨領域學習瓶頸之有效教學方法，修習課程學生經過一段時間，較易喚起微處理機技術記憶之深度學習，且不易因時間推移而淡忘，因此，教學現場中教授跨領域學生之工程相關機制或理論時，建議應提供人類思維關聯相對應的範例，較易令修習課程學生進入跨領域理論與技術之內涵意義，令學生習得工程跨領域學習及方法，亦即授人予魚(專業科目)，不如授人予漁(學習能力)。

實施前、後測時，學生或因襲以往答題習慣將測題答完答滿，隨機選擇答案而非依自我專業認知之機率答題，造成前後測統計資料上的缺陷，因此建議實施前後測評時，須告知受測試學生就會的題目作答，不會的空白，並將告知前、後測評具倒扣機制，答錯題倒扣 1/3 題之分數，較易避免受測試學生因襲考試習慣，不會或不懂之題目仍以猜測方式為之。

(3) 學生學習回饋

以下為例舉學生於修習「機電整合實務」課程後之學習心得。

(a) 陳姓學生(機械背景):

這學期經過了期末報告跟期中報告的洗禮，讓我對微處理機 8051 這個晶片有更深入的了解，回顧這學期學到的東西也是很多，之前就讀大學時有跨系去修過電機系的微處理機的課程，但當時修課僅針對 8051 的內部各暫存器進行說明，還有 8051 的內部結構、Port0~Port3 結構、中斷、計時器、UART...等，這一類的功能進行解說，並且說明結構與如何運作與相關意義，並不像這次修楊老師的課一樣，有親自的實際操作、動手寫程式，這對我機械底子出來的來說相對陌生，但這學期也確實地學會了一些相關的技能，包括中斷的設定、計時器的使用、UART 串列埠通訊的使用，都是這學期確時吸收的東西。

(b) 王姓學生(電機背景):

這次的專案報告真的讓我深感挫折，也明白自己目前的極限，但是我不會輕易放棄修習楊老師課程的機會，因為正是知道自己的不足和缺陷才能往上進步，這學期一開學，起初的報告內容大多是以前電機接觸過的內容，對於程式方面並沒有時時刻刻要求自己更好，而是一直原地踏步，甚至不會像起初剛接觸程式時，會一行一行看，甚至帶數值進去了解其運行過程，這些都是透過這次專案所得到的反思和反省。

二. 參考文獻

- [1] D. P. Crismond and R. S. Adams, "The informed design teaching & learning matrix," *Journal of Engineering Education*, vol. 101, no. 4, pp. 738-797, 2012.
- [2] A. Kirn and L. Benson, "Engineering students' perceptions of problem solving and their future," *Journal of Engineering Education*, vol. 107, no. 1, pp. 87-112, 2018, doi: 10.1002/jee.20190.
- [3] Y. Wang, Z. Qi, Z. Li, and L. Zhang, "Institute–industry interoperation model: an industry-oriented engineering education strategy in China," *Asia Pacific Education Review*, vol. 12, pp. 665-647, 2011, doi: 10.1007/s12564-011-9163-z.
- [4] M. M. Chavez, "Learner's perspectives of authenticity," presented at the American Council on the Teaching of Foreign Languages, 1994.
- [5] T. D. Koschmann, A. C. Myers, P. J. Feltovich, and H. S. Barrow, "Using technology to assist in realizing effective learning and instruction," *Journal of the Learning Sciences*, vol. 3, pp. 227-264, 1994.
- [6] F. M. Newmann, H. M. Marks, and A. Gamoran, "Authentic pedagogue and student performance," *American Journal of Education*, vol. 104, no. 4, pp. 280-312, 1996.
- [7] M. T. H. Chi, R. Glaser, and M. J. Farr, *The Nature of Expertise*. Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates, 1988.
- [8] J. D. Bransford, A. L. Brown, and R. R. Cocking, *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*, Expand ed. Washington D.C.: National Academy Press, 2000.
- [9] S.-C. Fan and K.-C. Yu, "How an integrative STEM curriculum can benefit students in engineering design practices," *International Journal of Technology Design Education*, vol. 27, no. 1, pp. 107-129, 2017, doi: 10.1007/s10798-015-9328-x.
- [10] C. J. Atman, R. S. Adams, M. E. Cardella, J. Turns, S. Mosborg, and J. Saleem, "Engineering design processes: a comparison of students and expert practitioners," *Journal of Engineering Education*, vol. 96, no. 4, pp. 359-379, 2007.
- [11] F. Marton and R. Saljo, *The Experiences of Learning*, 2nd ed. ed. Edinburgh: Scottish Academic Press, 1997.
- [12] M. J. Prince and R. M. Felder, "Inductive teaching and learning methods: definitions, comparisons, and research bases," *Journal of Engineering Education*, vol. 95, no. 2, pp. 123-138, 2006.
- [13] N. J. McNeill, E. P. Douglas, M. Koro-Ljungberg, D. J. Therriault, and I. Krause, "Undergraduate students' beliefs about engineering problem solving," *Journal of Engineering Education*, vol. 105, no. 4, pp. 560-584, 2016, doi: 10.1002/jee.20150.
- [14] S. R. Daly, S. Yilmaz, J. L. Christian, C. M. Seifert, and R. Gonzalez, "Design heuristics in engineering concept generation," *Journal of Engineering Education*, vol. 101, pp. 601-629, 2012.
- [15] P. James, "Mechatronics and automotive systems design," *International Journal of Electrical Engineering Education*, vol. 41, no. 4, pp. 307-312, 2004.

- [16] J. A. Dell, "Teaching digital controller design skills for embedded systems and mechatronics," *International Journal of Electrical Engineering Education*, vol. 41, no. 4, pp. 350-357, 2004.
- [17] J.-S. Young, "Hybrid inductive teaching methods for a course in CAN systems: a case study," *International Journal of Electrical Engineering Education*, vol. 50, no. 1, pp. 46-56, 2013.
- [18] A. M. Okamura, C. Richard, and M. R. Cutkosky, "Feeling is believing: using a force-feedback joystick to teach dynamic systems," *Journal of Engineering Education*, vol. 91, no. 3, pp. 345-349, 2002.
- [19] T. F. Wiesner and W. Lan, "Comparison of student learning in physical and simulated unit operations experiments," *Journal of Engineering Education*, vol. 93, no. 3, pp. 195-204, 2004.
- [20] D. M. Fraser, R. Pillay, L. Tjatindi, and J. M. Case, "Enhancing the learning of fluid mechanics using computer simulations," *Journal of Engineering Education*, vol. 96, no. 4, pp. 381-388, 2007.
- [21] M. Barnes, M. Bailey, P. R. Green, and D. A. Foster, "Teaching embedded microprocessor systems by enquiry-based group learning," *International Journal of Electrical Engineering Education*, vol. 43, no. 1, pp. 1-14, 2006.

三. 附件



111 學年度第一學期「機電整合實務」課程前測之 QR Code 網路連結(111/9/15)。



111 學年度第一學期「機電整合實務」課程後測之 QR Code 網路連結(112/1/5)。