

教育部教學實踐研究計畫成果報告

計畫編號：PEE1100757

學門分類：工程

執行期間：110.08.01 ~ 112.01.31

融入人類生活經驗思維翻轉工程跨領域學習瓶頸之引導式教學法：
以車載網路系統實務課程為例
Inductive Pedagogy for the Flipped Learning
into Cross-Disciplinary Engineering Education Based on Human Experiences:
A Case Study on CAN Bus Course

(配合課程名稱：車載網路系統實務)

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：112.02.25

融入人類生活經驗思維翻轉工程跨領域學習瓶頸之引導式教學法：

以車載網路系統實務課程為例

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.....	5
4. 研究設計與方法.....	6
5. 教學暨研究成果 Teaching and Research Outcomes	11
(1) 教學過程與成果.....	11
(2) 教師教學反思.....	13
(3) 學生學習回饋.....	14
二. 參考文獻.....	16
三. 附件.....	18

圖目次

圖 1. 全球燃油引擎車、電動車銷售量預估(Aurora Worldwide Expo Service Co., 2019)。	2
圖 2. 課程單元主題之主要架構。	6
圖 3. CAN Bus 之資料框架(Data Frame)示意圖。	7
圖 4. CAN Bus 實體傳輸訊號圖(實際擷取自邏輯分析儀, 摘錄自訂教材)。	8
圖 5. CAN 控制器晶片及其佈線圖(摘錄自訂教材)。	8
圖 6. CAN 收發器晶片及其佈線圖(摘錄自訂教材)。	9
圖 7. CAN 佈線圖實例(摘錄自訂教材)。	9
圖 8. 「車載網路系統實務」課程教學現場一隅。	12

表目次

表 1. 不同時數之實務解說的實驗對象。	11
表 2. 前測、後測及進步性統計表(A 組 7 人)。	13
表 3. 前測、後測及進步性統計表(B 組 23 人)。	13
表 4. 前測、後測及進步性統計表(C 組 7 人)。	13

一. 本文

1. 研究動機與目的

全球汽車產業隨著電機、電子、資訊與通訊科技的進步產生根本性的轉變，車輛科技及技術已由高機械佔比的產業趨向以電機、電子與資訊科技為主的產業，由傳統燃油引擎(自然進氣)為動力車輛逐漸發展複合動力車輛及純電動車輛，而未來車輛應僅剩底盤與車身為機械，其餘大部份將為電機、電子有關之次系統，圖 1 為全球燃油引擎車、電動車銷售量預估，而電動車銷售量將逐年增加，預估 2040 年電動車將超越傳統燃油引擎車，因此車輛電子相關科技始終是車輛產業發展上具舉足輕重的地位。值此車輛科技轉型之際，傳統車輛相關課程已無法滿足未來之車輛產業需要，且相關車輛電子之車輛產業人才需求甚殷，未來全球車輛科技之研發、應用、管理與創新，不啻是以電機、電子、資訊與通訊科技為基礎，提升汽車產業升級與競爭力有效的策略之一。



圖 1.全球燃油引擎車、電動車銷售量預估(Aurora Worldwide Expo Service Co., 2019)。

現今世界局勢瞬息萬變，但仍難阻擋車輛產業之產業轉型與技術發展等，此時應充分對未來車輛產業科技可能發展之機會做萬全準備，除了正確營運策略、研發項目及足夠資金外，提昇車輛產業科技之人才素質，亦為重要之關鍵要素，因此，學校相關車輛教育亦不能置身事外，須責無旁貸地擔負訓練未來車輛產業科技研發專業人才之天職，裨益應付未來不同車輛技術變動的車輛產業科技發展及專業人才之需求，因此學界亦應藉此時機，宜選擇未來可能缺乏人力之車輛產業科技技術為教學方向，依此教育並訓練適當車輛產業科技人才，以銜接未來學生職場就業之可能機會，進而提昇國家競爭力，並維持國家經濟成長。值此過渡時期對於具車輛背景或廣義動力機械背景的教師與學生，正面臨一嚴峻考驗，無論教師與學生皆別無選擇地均須跨領域學習新車輛相關科技領域之課程與技術，才可適應未來汽車產業帶來的就業衝擊，跨領域的教學與學習，已是一不可抗拒的洪流，主持人依教學與實務經驗，選擇車載網路系統實務(CAN Bus)的課程，主要因為車載網路系統是各個車輛電子次系統間傳遞與接收訊息的重要通訊媒介，亦不易因不同車輛型式之世代發展而被快速淘汰的技術，為傳統車輛相關課程中所欠缺的機電整合技術領域，無論傳統之燃油車輛、過渡的油電混合車、抑或純電動車皆可適用，對學生跨領域的學習與未來就業之技術銜接較為一致，裨益協助學生度過此一車輛產業革命的過渡時期，並在學習過程中學會跨領域學習的經驗與技能等素養。

近年來學生之學習態度已漸趨消極應付，因此遇工程問題無能力解決，受挫後即退縮而導致學習興趣低落及態度消極，探究其原因，大部份學生均在於對相關工程領域基本知識與技能的一知半解與膚淺學習，如此惡性循環下，學生喪失學習新知識與技能之信心，對相關工程領域問題，選擇逃避與退縮。然而工程科技的發展，仍是依人類生活經驗累積，特別是工程科技之基本原理與其機制，而以人類生活經驗之思維，是學習上最易理解且更易深化學生對工程問題解決之能力，若能將人類生活經驗之思維融入教學法，令學生能學習到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，將可翻轉工程教育瓶頸，特別是跨領域工程教育瓶頸。

由於車輛產業趨勢變化急遽，車輛工程教育科目已非原傳統動力機械課程所能涵蓋，對傳統車輛教育的學生而言，將面臨學習完全不同領域之電子、機電整合課程，若車輛科系學生現在未深入學習車輛電機、電子、資訊與通訊實務技術等相關課程，或修習前述相關課程之效果不佳，則在其未來的工作領域，終將因無法適應轉型而面臨被淘汰的命運。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，如電機、電子、資訊與通訊之基礎等，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(Surface Approach)、策略學習(Strategic Approach)，以致學生之學習成效無法達到預期目標，因此傳統單向教學方法(如教科書或講義等)已不堪解決產業動態改變之人力需求及學生學習態度的低落等實際問題，特別在跨領域教學上，如何讓學生習得跨領域學習的學習技巧與能力，是教師責無旁貸的工作。

人類生活經驗之思維是學習上最易理解，若能將人類生活經驗之思維融入各項學習，更易深化學習。然而車輛電機、電子、資訊與通訊科技，若非複雜實務問題，實無需深奧數理與過多邏輯，因此，本研究主要以人類生活經驗之思維融入工程教學法，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(Problem Based and Project Based Learning)為核心素養導向之引導式教學法(Inductive Pedagogy)，引導學生藉由課程不同難度循序漸進地解決車載網路系統實務技術問題，期望可翻轉學生跨領域工程學習之瓶頸。而在教學現場則以雙向教學方法(包括提出問題、學生腦力激盪、引導學生思考、鼓勵學生提出問題解決方法、傾聽學生想法、協助學生解決工程實務問題、及教學回饋等)，改變既有的教學現場模式，引導學生思考問題解決之道，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促進學生學習成效，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，裨益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、跨領域學習能力(包含技能)與態度。

本教學實踐研究計畫為使學生於跨領域學習時，能更易理解 CAN Bus 之通訊機制基礎之內涵，首先提出以人類生活經驗思維融入跨領域之車載網路系統實務課程教學，令學生可依一般生活經驗而理解 CAN Bus 之通訊機制，而非無溫度之教條學理式教法，使科技與其知識的內涵能更貼近生活，亦可增加深度地理解，而非停留在消極應付的膚淺學習，進而對 CAN Bus 更深入之機電整合與通訊等技術的學習，促進學生對跨領域學習車載網路系統實務課程學習之成效，並累積跨領域學習之經驗與技能，而非僅學習跨領域之相關技術。

本教學實踐研究計畫主要以車輛電子系統之「車載網路系統實務」教學課程為主，內容以 CAN Bus 之通訊機制與應用實務為主，並以車輛機電整合實務中之電子微處理機 (Micro-Control Unit, MCU) 基礎課程中軟體及硬體之設計與技術實務課程為先修課程，再以 CAN Bus 匯流排之技術實務課程，如 SAE J1939 之規範導讀與實務應用，依難易度循序漸進地令學生學習車載網路系統之系統整合設計與製作之技術實務課程，以人類生活經驗之思維融入工程教學之方法，學生能學習到跨領域相關問題的核心基礎知識與技能，並培養學生跨領域學習之能力與技能，裨益學生具備獨立解決問題 (Independent Solving)、深入學習 (Deep Approach to Learning) 與終身學習 (Lifelong Learning) 的能力。計畫中將研究「車載網路系統實務」跨領域課程中，融入人類生活經驗之思維學習跨領域工程課程之學習成效，並輔以問題導向及專案導向為學習導向之引導式教學法，應用於「車載網路系統實務」之教學實踐研究對學生的學習效果及影響，於過程中適時調整教學方法，並修正教材對不同背景跨領域學生學習上之難易程度，以達學生修習車輛電子及車載網路系統之預期效果。因此本教學實踐研究計畫之研究目的如下：

- A. 以人類生活經驗之思維，融入跨領域工程教學，以促進學生學習成效；
- B. 開發與設計適合跨領域學習的學生之車載網路系統實務等相關學習及實務教材；
- C. 經由車載網路系統實務課程與教學之實施，驗證能否提升學生學習態度及其學習成效；
- D. 降低學生學習跨領域課程、知識及技術時之焦慮，並提升其學習跨領域之學習能力與技巧。

2. 文獻探討

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 (Atman et al., 2007) 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) (Marton & Saljo, 1997)，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 (Prince & Felder, 2006)，而引導式教學法亦應可適用於車載網路 CAN 系統課程。

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 (Crismond & Adams, 2012)，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) (Kirn & Benson, 2018)。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 (Wang, Qi, Li, & Zhang, 2011)。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 (Chavez, 1994; Koschmann, Myers, Feltovich, & Barrow, 1994; Newmann, Marks, & Gamoran, 1996)。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(Bransford, Brown, & Cocking, 2000; Chi, Glaser, & Farr, 1988)。

工程實務及工程科學的課程中，其教學法具有明顯的不同(Wang et al., 2011)，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(Daly, Yilmaz, Christian, Seifert, & Gonzalez, 2012)。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(McNeill, Douglas, Koro-Ljungberg, Therriault, & Krause, 2016)，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。近年工業技術教育教師以 STEM(Science, Technology, Engineering, and Mathematics)或 STEAM(Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics)為導向之工程實務課程逐年增加，如(Fan & Yu, 2017)等，除了科學(Science)、技術(Technology)、工程(Engineering)及數學(Mathematics)外，藝術(Art)在工程技術教育中亦扮演著舉足輕重的角色，如創意、美觀、人性化等，或文藝的理解等。

車輛電子發展是未來車輛產業重要的基礎，包含車載網路系統與車輛控制系統等(James, 2004)，CAN 系統是現今車輛使用率高的車載網路系統，且 CAN 系統亦可廣泛應用於其他網路系統(Navet, Song, Simonot-Lion, & Wilwert, 2005; Young, Hua, & Chang, 2010)。為使「車載網路系統實務」課程符合該實務技術之產業需求，教學者不僅須教授車載網路系統之知識與原理，更顧慮學生未來在相關職場將面臨真實且複雜的車載網路系統實務問題，如具有具體標的的其他工程學科(如製造工業、動態系統、化學工業、流體力學等學科)可以電腦輔助為基礎的教學法即可增進學生學習效果與品質(Fraser, Pillay, Tjatindi, & Case, 2007; Hale & Sellars, 1981; Okamura, Richard, & Cutkosky, 2002; Wiesner & Lan, 2004)，而於工程教育中，車載網路系統實務課程是較抽象的課程，以 CAN 系統之實務為例，若使學生具獨立發展 CAN 系統的能力，則課程中應包含 CAN 系統電路硬體設計及軟體程式撰寫的課程主題。Barnes 等人對微處理器的教學提出以詢答為導向之小組學習教學法(Barnes, Bailey, Green, & Foster, 2006)。由於 CAN 系統原為車載網路系統設計，因此車載網路系統實務課程應包括通訊協定、硬體(微處理器)設計、軟體程式撰寫及系統工程等主題，課程內容提供學生進入車載網路系統研發與設計之相關職場而準備，是未來車輛產業的生產及研發上極其重要的課程，亦為車輛工程課程中重要的課程之一(Young, 2013)。

3. 研究問題

本教學實踐研究計畫主要以問題導向學習及專案導向學習之混合引導式教學法應用於「車載網路系統實務」課程之教學實踐研究，並以融入人類生活經驗思維方式解說工

程跨領域課程的知識與原理，令學生在車載網路系統實務課程中之學習跨領域技術基礎學理，能更貼近生活，亦可增加車載網路系統中 CAN Bus 之通訊機制的理解，進而對 CAN Bus 更深入之機電整合技術學習，促進學生對車載網路系統實務課程學習之成效，並輔以問題導向及專案導向為核心素養之引導式教學法，以一般人類生活經驗之融入，增進學生對 CAN Bus 通訊機制的理解，引導學生透過技術難度循序漸進地解決車載網路系統實務技術問題，學生可藉由車載網路系統技術基礎學理而解決問題，並經由相關專案的討論後，提升學習興趣並建立信心，完成各階段問題與專案，而增加成就感，達成學生對跨領域車載網路系統實務技術之深入學習與終身學習的教學目的，可令學生適應現在生活及面對未來車輛產業變革挑戰所應具備的知識、能力(包含技能)與態度。

本「車載網路系統實務」課程授課內容主要分為以下單元主題包括「車載網路系統簡介」、「CAN Bus 硬體設計實務」、「CAN Bus 軟體設計實務」、「CAN Bus 系統整合與驗證實務」等四項主題單元為課程主要架構(如圖 2)，課程中主要以解說各單元的知識與技術內涵，以單元的專業與實務上的問題提供學生思考，三實務單元均安排專案簡報與報告，並於專案簡報簡報前一週與學生進行專案相關問題討論，結合問題導向學習及專案導向學習之混合引導式教學法，應用於工程跨領域課程之教學，期望培養及累積學生進入職場的技術能力與實務經驗，進而裨益學生學會工程跨領域的學習技巧。



圖 2.課程單元主題之主要架構。

對教學研究架構主要以實驗組(修課學生)及對照組(分為未修課學生及無實務課程之短期修課學員)於該課程之前測及後測的整體進步性比較外結果，做為未來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。

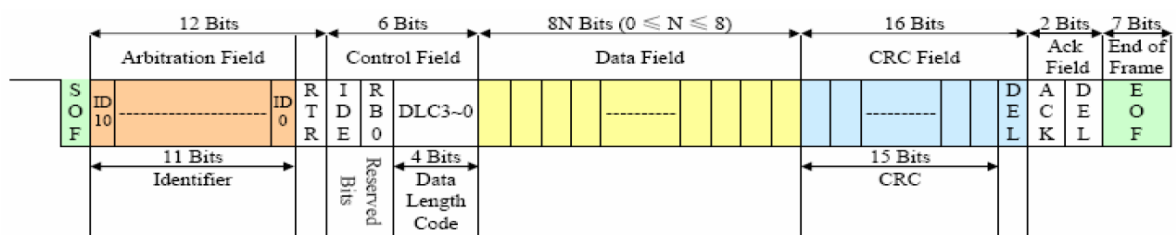
4. 研究設計與方法

本教學實踐研究計畫主要為國立彰化師範大學車輛科技研究所開設之「車載網路系統實務」課程，課程主要分為以下單元主題(如圖 2):

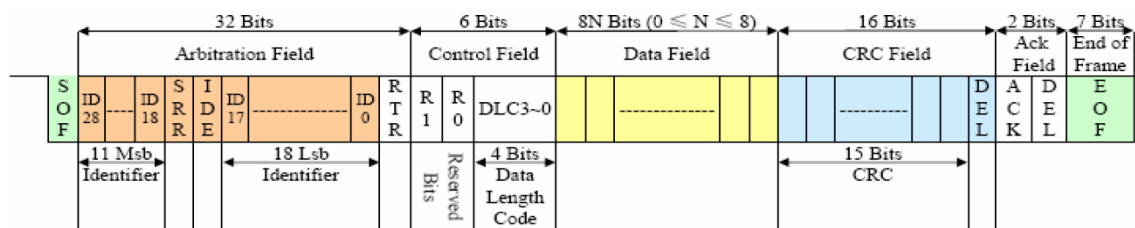
A. 車載網路系統簡介(含 CAN Bus 原理、規範及其量測等)：

在此單元中，將廣泛介紹現行各式車載網路系統之基本原理，如 LIN Bus (Local Interconnect Network Bus)、CAN Bus (Controller Area Network Bus)、TTP/C (Timer Triggered Protocol Calss C)、FlexRay、MOST (Media-Oriented System Transport)、

IDB1394 等，但重點仍置於 CAN Bus 通訊機制、通訊規範等，並帶領學生量測 CAN Bus 的訊號，雖是如此，在教學現場中，若以傳統教學法教授 CAN Bus 網路通訊及其機制，對車輛背景的學生、抑或電機、電子、資訊背景的學生而言，實是一場夢靨，不但耗費時間學習，其成效亦不彰，如何教授學生理解 CAN Bus 通訊機制，並深化學生學習，對教師而言是一項挑戰，因此本研究計畫首先提出以人類生活經驗思維融入工程教學，教師於課程中的每一關鍵知識或技術的傳授，應先備一人類生活經驗的例子，解說工程實務知基礎原理，裨益增進學生學習記憶，學生自然會開始思考相關的工程實務問題，並尋求解答。以 CAN Bus 之通訊機制為例，CAN Bus 之通訊機制為 CSMA/CD-CR (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection with Collision Resolution，載波偵測、多重存取、碰撞偵測、具碰撞解決方案)，該機制之中文翻譯常無法貼近實際，而造成學生學習上的誤解(如 Resolution 常翻譯成解析，而以解決方案較接近實際)，然而在教學現場，CSMA/CD-CR 的通訊原理與其機制，就跨領域的學生而言，直是一頭霧水，無法深入理解，亦會對學生未來的學習造成無法排除的障礙，因此在這單元中，以一會議室討論問題時應先制定會議規則定(人類生活經驗)解釋 CSMA/CD-CR 之通訊原理與其機制，如此會議才可順利進行，其規定可比擬為 CAN Bus 之 CSMA/CD-CR 通訊機制，因此每個 CAN Bus 節點均應定義仲裁辨識碼 (Arbitration or ID)，且其仲裁辨識碼之數位訊號於通訊時須置於起位元碼(Start Bit)之後(如圖 3 所示)，以利優先權之辨識，則 CAN 控制器(CAN Controller)及其收發器(Transceiver)硬體晶片之通訊機制應符合 CAN Bus 之 CSMA/CD-CR 規範，即可達成 CAN Bus 通訊之需求，由此學生較易認知 CAN Bus 之通訊機制，避免因跨領域之專業名詞之模糊印象，而導致認知錯誤。藉由 CAN Bus 之 CSMA/CD-CR 通訊機制之認知，而導入 CAN Bus 傳送訊號之解析過程，進而量測 CAN Bus 原始訊號與解譯，可根據 CAN Bus 之規範，引導學生依每個位元逐一解譯，由此，學生除了解 CAN Bus 通訊機制外，亦可深入 CAN Bus 通訊各位元之意義(如圖 4 所示)。



(a)標準 CAN 資料框架(Standard CAN Data Frame)示意圖(摘錄自訂教材)



(b)延伸資料框架(Extended CAN Data Frame)示意圖(摘錄自訂教材)

圖 3.CAN Bus 之資料框架(Data Frame)示意圖。

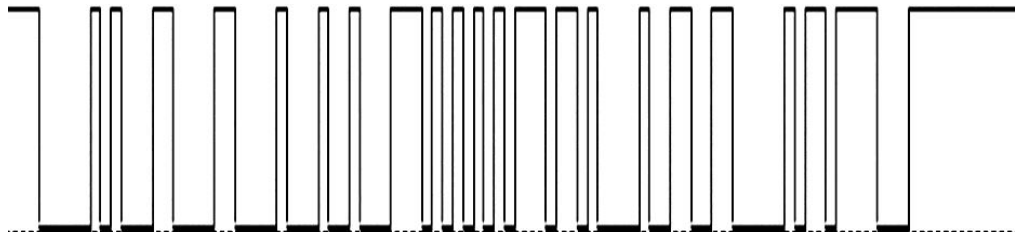


圖 4. CAN Bus 實體傳輸訊號圖(實際擷取自邏輯分析儀，摘錄自訂教材)。

B. CAN Bus 硬體設計實務：

本單元屬於電子電路硬體設計，課程中擬以 8051 系列之微處理器為核心(以機電整合實務為其先修課程)，主要原因乃 8051 系列之微處理器應用較廣且資源較多，對本所車輛或其他背景之研究所學生難易適中，且學生應已修習 8051 之機電整合實務課程，因此本單元直接進入整合 CAN 控制器晶片(CAN Controller，如圖 5)及其收發器晶片(CAN Transceiver，如圖 6)之設計，達成本單元之目標，現今的 CAN 控制器晶片亦具 SPI (Serial Peripheral Interface) 方式與微處理機交換資料，而本課程則以擴充記憶模式之 CAN 控制器晶片為例，課程中亦包含 SPI 模式之 CAN 控制器晶片的說明，提供學生更多樣化的學習實務經驗。課程中仍將人類生活經驗融入，以外部擴充元件之資料存取為例，如假設一人一次僅能選一抽屜並可存或取其中之資料，無法同時與多個抽屜存取資料，因此若要存取某一抽屜中之資料，僅能選擇該抽屜，而 8251 微處理機之外部擴充元件均共用 8051 微處理機之資料存取埠(Port 0)，因此存取該擴充元件中之資料，除提供該元件內部位置外，亦應選取該元件，而 8051 微處理機之 Port 2 的腳位則可充當選擇外部元件的訊號線，亦即將 Port 2 其中之一腳位連接至外部元件之 CS (Chip Select) 腳位即可，且 Port 0 除可為 8 位元資料腳位外，亦可與 Port 2 形成 16 位元外部元件之位址選擇；其他如 CAN Bus 硬體設計實務中亦應檢查匯流排是否具 120Ω 終端電阻(Terminator)等相關網路細節問題。本單元主要以問題討論及學生硬體設計案例為本單元評量策略，並於討論中以不同案例提出設計時可能發生實務與技術上的問題，由學生自行思考後於下次上課時提出驗證之解決方法。

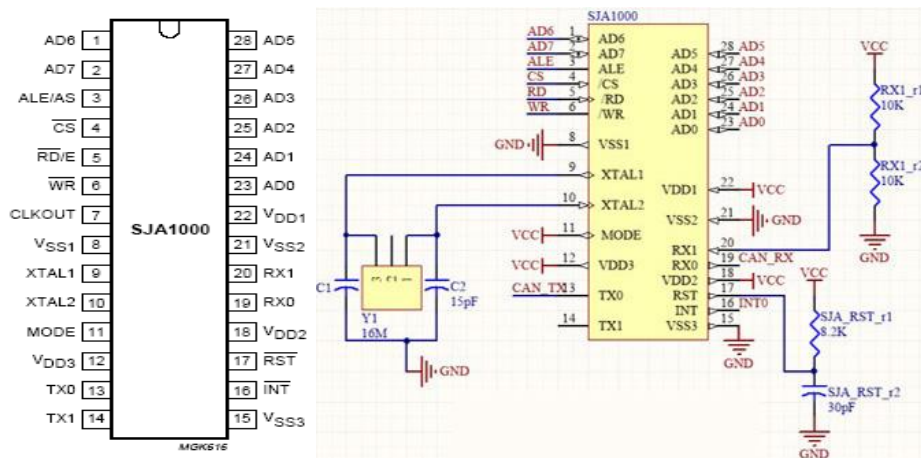


圖 5. CAN 控制器晶片及其佈線圖(摘錄自訂教材)。

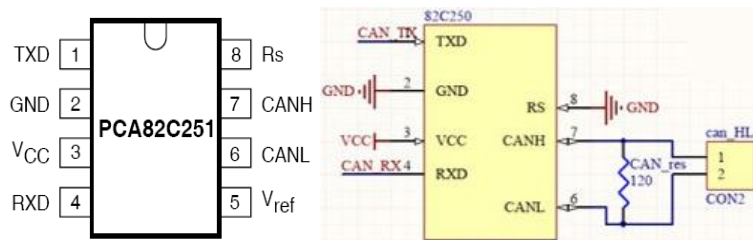


圖 6.CAN 收發器晶片及其佈線圖(摘錄自訂教材)。

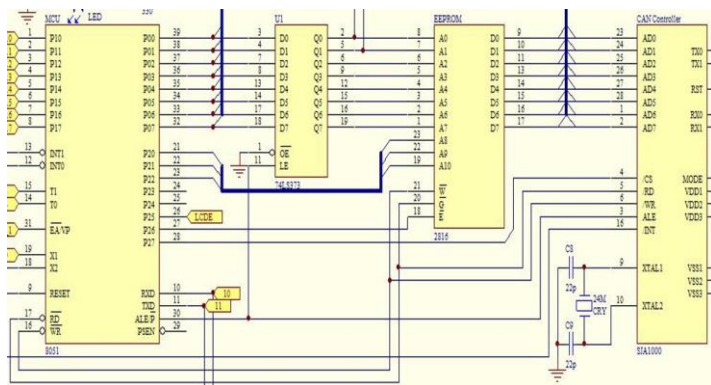


圖 7.CAN 佈線圖實例(摘錄自訂教材)。

C. CAN Bus 軟體設計實務：

本單元中，對 CAN 控制器晶片之存取資料與擴充記憶體之資料存取一致，軟體撰寫時應初始化 CAN 控制器晶片，須先由軟體設定控制暫存器(Control Register)中的位元，先按 CAN Bus 網路通訊之機制，適切規劃 CAN Bus 節點之仲裁辨識碼(Arbitration or ID)，並由軟體將該仲裁辨識碼寫入 CAN 控制器晶片適當之暫存器(Register)，若有必要則亦應由軟體將 CAN 控制器晶片中接收資料之過濾器(Filter)及遮罩(Mask)等暫存器依需要設定，接著只須將欲傳送之資料藉軟體寫入 CAN 控制器晶片中之資料暫存器(Data Register)，並於適當時機(依時間或事件)由軟體寫至 CAN 控制器晶片之命令暫存器(Command Register)令 CAN 控制器晶片於 CAN Bus 傳送該資料，完成 CAN Bus 資料傳送程序。以上程序，如生活經驗中廠商發廣告傳單信給一般路人時，除發廣告傳單內容外(Data)，應載明廠商名字(ID)，當一切就緒時(ID、資料暫存器及控制暫存器等)，即可由發送管道發送傳單(命令暫存器)，而接收者(路人)有權決定接收與否(過濾器及遮罩)。

另在 CAN Bus 硬體設計實務中，應將 CAN 控制器晶片之中斷腳位(INT, Interrupt Pin)接至 8051 微處理機之 INT0(第 12 腳位)或 INT1(第 13 腳位)，讓 CAN 控制器晶片完成傳送或接收資料時產生中斷訊號，並由該中斷訊號觸發 8051 微處理機之外部中斷程序，進入中斷服務程式(ISR, Interrupt Service Routine)並讀取 CAN 控制器晶片之狀態，判別是完成傳送資料、接收資料、抑或同時完成傳送及接收資料，並依規劃執行相對應之程序，若為接收資料之中斷，則藉軟體讀取 CAN 控制器晶片之接收資料暫存器接收之資料。

本單元主要處理 CAN 控制器晶片之初始化、傳送資料及讀取接收資料等，8051 微處理機之軟體設計實務的關鍵除一般邏輯外，8051 微處理機之中斷、擴充單元之資料

存取等為跨領域學生主要的瓶頸，其中 8051 微處理機之中斷應於先修課程中習得相關知識與實務技能，以擴充單元之資料存取之位址規劃之實務為例，接續 CAN Bus 硬體設計實務一節有關擴充單元之資料存取，首先要讀取 CAN 控制器晶片之資料時，因所有擴充單元共用 Port 0 (D/A, Data/Address, 資料與低位元位址腳位)，須關閉其他擴充單元，僅開啟 CAN 控制器晶片(低電位 0 為開啟，高電位 1 為關閉)，以圖 7 為例，由於 8051 微處理機之第 28 腳位(P27)連接 CAN 控制器晶片之 CS 腳位，高位元位址腳位 Port 2 之值應為(7F₁₆ 或 0111111₂)，則 8051 微處理機僅選擇 CAN 控制器晶片(P27=0)而關閉其他擴充單元(P20~P26 均為 1)，而 CAN 控制器晶片暫存器位址由 Port 0 指定即可，例狀態暫存器在 CAN 控制器晶片位址之為 2，亦即存取狀態暫存器之資料，對應 8051 微處理機之軟體讀取位址為 7F02₁₆，其中 7F₁₆ 為高位元組 Port 2 之硬體規劃，02₁₆ 為 CAN 控制器晶片定義之擴充單元實體位址。

依申請人在教學現場之經驗，擴充單元資料之存取是對車輛、機械或其他領域學生較為艱深之課題，即本單元是跨領域學生學習的障礙之一，而 CAN 控制器晶片之操控，均是因擴充單元資料存取之基本問題，而不是 CAN 控制器晶片之本身運作，建議在教授 CAN Bus 軟體設計實務時，應更多著力於擴充單元資料存取之基本原理與其機制，但最重要是實務應用訓練與練習，則學生將可逐步熟悉該存取機制，俟學生稍具實務應用之心得後，在教學現場以雙向教學方法方式引導學生思考問題解決之道，循序漸進地讓學生可以面對問題及解決問題之能力。

D. CAN Bus 系統整合與驗證實務:

車載網路 CAN Bus 系統並非單一傳輸單元可達成，因此課程中學生應製作至少二組以上的 CAN 單元，並學習規劃與設定各 CAN 單元及其節點的識別碼(ID, or Arbitration)、單元間的資料通訊協定(Data Communication Protocol)等實務，驗證功能是否符合規劃與設計之預期效果，在過程中學生學習如何對整合系統之軟硬體之偵錯與除錯技術與經驗累積，融入人類生活經驗於跨領域工程基礎學理與規範之學習，在系統整合與驗證實務時，可為相關職場可能遭遇的實際技術與實務問題訓練學生深層學習，學生學習時因對應記憶與比擬實際生活經驗，較易進入深層學習並思考解決問題，而不易因面對問題受挫而選擇逃避，最後並以專案的方式檢視學生學習及評量其能力，並要求學生於專題報告中，每人至少提出 3 個問題，加強學生對本課程之 CAN Bus 系統整合與驗證實務的深入學習，以促進學生學習成效。

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，對課程單元，題目分為基礎(Basic)、初級(Elementary)及進階(Advanced)三類，題數分別為 3 題、4 提及 3 題，並分為 3 組(如表 1)評估本教學實踐研究計畫之教學教法對修課學生、但上課但不含實務課程學員、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。該 3 組分別簡述如下：

A 組：修習「車載網路系統實務」課程修課學生。

¹ 本課程前、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，且訂一上傳截止時間。

- B 組：已就業並參與短期培訓課程學員，包括漢翔公司舉辦課程(2021/8/3，8 名)、南科管理局舉辦課程(2021/8/7，9 名)及連結器協會舉辦課程(2022/3/10，6 名)等參與培訓課程學員(共計 23 名)。
- C 組：未修習「車載網路系統實務」課程之學生。

表 1.不同時數之實務解說的實驗對象。

組別	授課時數	解說時數	學生人數	學生背景				學生概況描述
				機械	電機	資訊	其他	
A	54	24	7	7	0	0	0	本課程修課學生。
B	6	6	23	8	10	4	1	已就業參與短期課程學員。
C	0	0	7	7	0	0	0	未修課學生。

分為以上三組主要為 A 組為修習「車載網路系統實務」課程之在學學生，課程較為完整，包括解說 24 小時及實務 30 小時，課程共計 54 小時，亦即本教學實踐研究計畫之實驗組(Experimental Group)；B 組為主持人受邀講授之「車載網路系統簡介」短期課程，僅包括 6~12 小時之解說課程，學員學習背景較無單一性，但學習態度認真與主動，為本教學實踐研究計畫之另一實驗組；C 組為未修習「車載網路系統實務」課程之在學學生，為本教學實踐研究計畫之對照組(Control Group)。由於本教學實踐研究計畫前後測分數採倒扣機制，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猜題習慣，而造成統計上的誤差。以上之各組分別就整體課程學習(包含車載網路系統概念解說與實務)、車載網路系統概念解說課程學習(僅車載網路系統概念解說)、未修課學生等不同面向之差異與進步性進行分析與研究，並以標準差(Standard Deviation, σ)做為單一題目或題目程度對學生答題之偏差標準，

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

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 Teaching and Research Outcomes

(1) 教學過程與成果

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「車載網路系統實務」課程中，以人類生活經驗之思維融入工程教學法，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車載網路系統實務技術問題，將可翻轉學生跨領域工程學習之瓶頸。而在教學現場則以雙向教學方法(包括提出問題、學生腦力激盪、引導學生思考、鼓勵學生提出問題解決方法、傾聽學生想法、協助學生解決工程實務問題、及教學回饋等)，改變既有的教學現場模式，引導學生思考問題解決之道，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促進學生學習成效，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，裨益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(包含技能)與態度。

「車載網路系統實務」課程授課內容主要分為以下單元主題包括「車載網路系統簡介」、「CAN Bus 硬體設計實務」、「CAN Bus 軟體設計實務」、「CAN Bus 系統整合與驗證實務」等四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 2/0/0 週、2/2/1 週、2/2/1 週、2/3/1 週，課程中除加強車載網路系統之基本知識與基礎理論外，更應重視車載網路系統實務技術養成，因此學生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，以學生學習成果與成就引導的方式，將學生學習過程之難度循序漸進地加深加廣。一開始教授較容易之題材內容，並要求學生於實務課程單元結束最後一週發表成果並簡報，包括各自講述實務施作過程，且要求其他學生與討論階段各自提出至少 3 個問題，教師從中可以知道學生學習狀況，並隨時調整進度與難度，一開始讓學生較易完成實務作業，加上課堂討論及相互提問，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 8 為「車載網路系統實務」課程教學現場一隅。

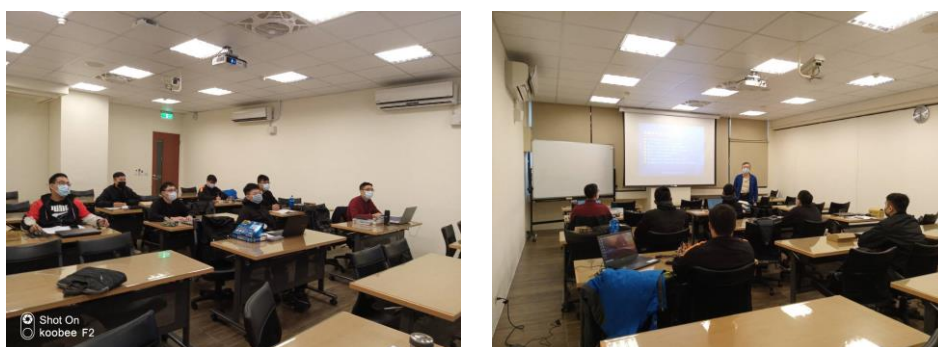


圖 8. 「車載網路系統實務」課程教學現場一隅。

表 2、表 3、表 4 分別為 A 組、B 組及 C 組之前測、後測及進步性統計表。其中 A 組、B 組及 C 組之前測總體答對率各為 2.86%、12.32%及-1.11%，顯示 B 組已就業之學員部分已備較多基本知識與經驗，但標準差為 21.86%，代表學員對車載網路系統之相關知識程度的個別差異較大，而 A 組及 C 組為本所在學學生，且學習背景均為機械領域，前測成績均於 0 分附近，符合跨領域學生修習「車載網路

系統實務」課程之預期，且標準差分別為 4.52% 及 7.10%，亦即修課與未修課學生對車載網路系統之相關知識程度的個別差異不大。

表 2. 前測、後測及進步性統計表(A 組 7 人)。

問題難易度	題號	% of Students Passed		
		Pre-test/ σ	Post-test/ σ	Shift/%
基礎(Basic)	1,2,3	2.86/3.87	26.19/3.91	23.33/77.78
初級(Elementary)	4,5,6,7	0.00/0.00	38.10/2.47	38.10/95.24
進階(Advanced)	8,9,10	0.00/0.00	16.67/6.29	16.67/55.56
總體	1~10	2.86/4.52	80.95/12.05	78.10

A 組、B 組及 C 組之後測總體答對率各為 80.95%、72.62% 及 0.00%，顯示 A 組與 B 組經由修習課程，於車載網路系統相關系統已具學習知識，各組總體進步性分別為 78.10%、55.68%、1.11%，顯示 A 組修習完整「車載網路系統實務」課程(包括解說與實務)獲得較大的進步性，其後測成績亦高於 B 組，足見 A 組學生之學習成效，而 C 組為修習課程學生依舊無法認知跨領域之車載網路系統相關知識，即使是基礎測試題目，其進步性也僅是 0.95% 及標準差 2.28%。

表 3. 前測、後測及進步性統計表(B 組 23 人)。

問題難易度	題號	% of Students Passed		
		Pre-test/ σ	Post-test/ σ	Shift/%
基礎(Basic)	1,2,3	2.23/3.83	21.90/5.36	14.87/46.85
初級(Elementary)	4,5,6,7	6.23/4.46	35.12/3.73	21.28/34.75
進階(Advanced)	8,9,10	4.06/4.55	15.60/6.18	5.43/6.51
總體	1~10	12.32/21.86	72.62/19.05	55.68

表 4. 前測、後測及進步性統計表(C 組 7 人)。

問題難易度	題號	% of Students Passed		
		Pre-test/ σ	Post-test/ σ	Shift/%
基礎(Basic)	1,2,3	-1.11/2.46	0.95/2.28	2.06/6.88
初級(Elementary)	4,5,6,7	-1.85/2.96	-0.95/0.86	0.9/2.25
進階(Advanced)	8,9,10	1.85/3.52	0.00/0.00	-1.85/-6.17
總體	1~10	-1.11/7.10	0.00/3.56	1.11

(2) 教師教學反思

本教學實踐研究計畫之研究對象為修習「車載網路系統實務」課程之學生，除與未修課學生比較其對車載網路系統專業之認知程度之進步性外，並比較已就業且修習車載網路系統短期課程(不含實務教學)之差異性，其中由於主持人有幸於國

內「電動車機電整合工程師能力鑑定」相關課程中擔任專業講師，因此可以面對不同學生來源及不一樣的教學現場及環境，做相關教學差異性的統計與分析，且學生人數較本所碩士研究生多，統計較具全面性。施測時學生或學員會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，應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，較易杜絕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。

主持人於教學現場教授車載通訊 CAN Bus 相關知識、規範、理論及其技術實務時，若以該規範照本宣課或傳統方式講解，修習課程學生不易理解 CAN Bus 規範之內涵意義，並只停留於表面學習的程度，即便 CAN Bus 之實務技術操作，易僅能加深學生學習之操作記憶，無法確切瞭解 CAN Bus 通訊之機制，除非不斷研讀相關規範及其實務技術之操作，否則隨著時間的推移，對於 CAN Bus 通訊機制之認知將漸漸淡忘，但若將 CAN Bus 通訊機制及其工程發展之解說與授課，除如業師般手把手教導學生相關車載通訊 CAN Bus 相關技術，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，如人類對於維護秩序建立制度之思維等，特別是解說 CAN Bus 以 CSMA/CD-CR 通訊協定建立通訊秩序制度，達成 CAN Bus 之通訊目的，修習課程學生經過一段時間，較易喚起 CAN Bus 通訊機制記憶之深度學習，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，建議應提供適切的範例及以人類思維關聯之機制，較易令修習課程學生進入該機制或理論之內涵意義。

(3) 學生學習回饋

以下為例舉學生於修習「車載網路系統實務」課程後之學習心得。

(a) 謝姓學生(機械背景):

經過一學期車載網路實務課程，當初對 CAN Bus 有興趣是因為進口車在感測器、致動器與控制電腦之間採用通訊匯流排進行資料傳輸，包含常見的 CAN Bus、FlexRay、LIN Bus，.....對我來說這門課是具有挑戰性，畢竟車載通訊目前對車輛工程系很少開設這門課，也沒有機會接觸這些課程，跟上學期的機電整合實務相比，難易度為天差地遠，學習過程覺得車載通訊如同天書，.....無論程式碼還是車載通訊，自己都需要待加強，同樣於這學期獲益良多、增廣見聞，這是在汽車原廠無法深入接觸的技術領域，謝謝老師開設這門課程，我們才有機會接觸車輛產業核心技術。

(b) 吳姓學生(機械背景):

車載網路系統實務課比其他課程是較為困難，但在這過程中學會許多技術及相關知識，比起學到的技術，我認為最有收穫的還是遇到問題時永不放棄的精神，學習如何去解決問題，並與老師同學討論，如何去問問題等，這些都是寶貴的經驗，將會成為我更加進步的養份。

這學期的 CAN-BUS 相較上學期的 8051，難度提高了不只一些，光要理解看懂

DataSheet 就花了超過 1 個禮拜的時間才有概念，且熟悉後要編寫程式也並不是一件容易的事情，反反覆覆了試了好幾次，尤其當中因為架構太亂了重寫了 2-3 次，最終才先將驗證 8051 開發版能讀取感知器的數據程式寫了出來。

(c) 王姓學生(機械背景):

在學習的過程中，必須閱讀大量的 Data Sheet，才能去完成程式的撰寫，.....課程學習到的地方是，閱讀的能力以及上台簡報和報告的技巧，對於一個未知的領域，必須先找到相關資料並且去熟讀，才能知道其中的重點；而在簡報及報告的部分，必須將重點以條列式的方式呈現，並且足一去做講解，而不是將所想講的內容放到簡報中，重頭念完，.....在報告的過程中，言語表達一定要清楚，台下的聽眾才能了解報告的內容及重點。這些對我還未來到碩班前是非常弱的項目，但都是學習過程中必須經歷的，.....非常感謝老師這一年的教導與指教，有不足的地方，往後的時間，會盡力補足。

(d) 盧姓學生(機械背景):

在經過整個學期的 CAN Bus 課程下，可以說是對 CAN 系統有一定深度的理解，想起以前在高職擔任汽車修護競賽選手時，也常常聽到 CAN Bus，但到原廠訓練時，只拿了三用電錶，量到 60 歐姆，沒了!我所記憶的 CAN 系統就只有 120 歐姆、並聯、60 歐姆，在經過高職、大學，我以為我再也學不到 CAN Bus 了，沒想到終於在研究所學到 CAN Bus 系統，並且是清楚的理解，而不只是略懂，然後下學期忘光。.....非常感謝楊老師這樣的督促學生，雖然花的時間非常多、上台壓力不小、且具有難度，但就是因為這些過程，才能真正提升實務能力。

(e) 洪姓學生(機械背景):

時光飛逝歲月如梭，就讀車輛所也快要一年，在修習老師的課中，不僅增強動手操作的實務能力也提升對程式語言的了解，還有跨領域的學習步驟，先了解規則如查看元件的 Data sheet，再去程式設計並規劃電路板，透過這些方法增加自身能力，.....。程式撰寫的過程雖然痛苦加上燒入後沒有成功顯示多次的考驗培養失敗的經驗及強大的耐心，曾經好多次不願意再去嘗試，但是想想拿掉自身的專長我還剩下什麼，好像就沒有了，還是默默地除錯以及不恥下問的和同儕討論，加上老師的鼓勵終於讓我能 CAN Bus 收到 ID，但資料的部分還需再嘗試找出錯誤。.....在我的求學歷程中，許多老師都是不會去真正理解學生會不會而導致當有問題時也選擇回應應該會吧，但是楊老師的教導只有會和不會，雖然在上台報告的答辯會有緊張反應的肢體語言，但是老師也會用建議的方法做教導，漸漸的我不害怕上台報告，而且當被挑戰提問時能從容不迫的去給予回應，說服提問者的問題，真的很感謝楊老師一年來的教導，不僅僅是在於學習課堂課的專業也學習到未來在社會上的生存之道，凡事不是人云亦云而是小心地去求證是非對錯，如果是自己的錯，及時更正並勇於認錯。隨著課程的結束，深深領會學不懂的事，不是亂做一通而是了解清楚後再去做。四週一次的報告雖然壓力大，但是學到的東西真的勝過壓力值，謝謝楊老師一年來的督促，學生受益匪淺未來我會好好運用所學在未來人生的道路上。

二. 參考文獻

- Atman, Cynthia J., Adams, Robin S., Cardella, Monica E., Turns, Jennifer, Mosborg, Susan, & Saleem, Jason. (2007). Engineering design processes: a comparison of students and expert practitioners. *Journal of Engineering Education*, 96(4), 359-379.
- Aurora Worldwide Expo Service Co., Ltd. (2019). 全球電動車大商機，台灣也吃得到？. Retrieved from <https://www.auroraexpo.com/news0507/>
- Barnes, M, Bailey, M, Green, P R, & Foster, D A. (2006). Teaching embedded microprocessor systems by enquiry-based group learning. *International Journal of Electrical Engineering Education*, 43(1), 1-14.
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (2000). *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School* (Expand ed.). Washington D.C.: National Academy Press.
- Chavez, M. M. . (1994). *Learner's perspectives of authenticity*. Paper presented at the American Council on the Teaching of Foreign Languages.
- Chi, M. T. H., Glaser, R., & Farr, M.J. (1988). *The Nature of Expertise*. Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates.
- Crismond, David P., & Adams, Robin S. (2012). The informed design teaching & learning matrix. *Journal of Engineering Education*, 101(4), 738-797.
- Daly, Shanna R., Yilmaz, Seda, Christian, James L., Seifert, Colleen M., & Gonzalez, Richard. (2012). Design heuristics in engineering concept generation. *Journal of Engineering Education*, 101, 601-629.
- Fan, Szu-Chun, & Yu, Kuang-Chao. (2017). How an integrative STEM curriculum can benefit students in engineering design practices. *International Journal of Technology Design Education*, 27(1), 107-129. doi:10.1007/s10798-015-9328-x
- Fraser, D M, Pillay, R, Tjatindi, L, & Case, J M. (2007). Enhancing the learning of fluid mechanics using computer simulations. *Journal of Engineering Education*, 96(4), 381-388.
- Hale, John C, & Sellars, Harold L. (1981). Historical data recording for process computers. *Chem. Eng. Prog.:(United States)*, 77(11).
- James, Peter. (2004). Mechatronics and automotive systems design. *International Journal of Electrical Engineering Education*, 41(4), 307-312.
- Kirn, Adam, & Benson, Lisa. (2018). Engineering students' perceptions of problem solving and their future. *Journal of Engineering Education*, 107(1), 87-112. doi:10.1002/jee.20190
- Koschmann, T. D., Myers, A. C., Feltovich, P. J., & Barrow, H. S. (1994). Using technology to assist in realizing effective learning and instruction. *Journal of the Learning Sciences*, 3, 227-264.
- Marton, F., & Saljo, R. (1997). *The Experiences of Learning* (2nd ed. ed.). Edinburgh: Scottish Academic Press.
- McNeill, Nathan J., Douglas, Elliot P., Koro-Ljungberg, Mirka, Therriault, David J., & Krause, Ilana. (2016). Undergraduate students' beliefs about engineering problem solving. *Journal of Engineering Education*, 105(4), 560-584. doi:10.1002/jee.20150

- Navet, Nicolas, Song, Yeqiong, Simonot-Lion, Françoise, & Wilwert, Cédric. (2005). Trends in automotive communication systems. *Proceedings of the IEEE*, 93(6), 1204-1223.
- Newmann, F. M., Marks, H. M., & Gamoran, A. (1996). Authentic pedagogy and student performance. *American Journal of Education*, 104(4), 280-312.
- Okamura, Allison M, Richard, Christopher, & Cutkosky, Mark R. (2002). Feeling is believing: using a force-feedback joystick to teach dynamic systems. *Journal of Engineering Education*, 91(3), 345-349.
- Prince, Michael J., & Felder, Richard M. (2006). Inductive teaching and learning methods: definitions, comparisons, and research bases. *Journal of Engineering Education*, 95(2), 123-138.
- Wang, Yanqing, Qi, Zhongying, Li, Ziru, & Zhang, Lijie. (2011). Institute–industry interoperation model: an industry-oriented engineering education strategy in China. *Asia Pacific Education Review*, 12, 665-647. doi:10.1007/s12564-011-9163-z
- Wiesner, Theodore F, & Lan, William. (2004). Comparison of student learning in physical and simulated unit operations experiments. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 195-204.
- Young, Jieh-Shian. (2013). Hybrid inductive teaching methods for a course in CAN systems: a case study. *International Journal of Electrical Engineering Education*, 50(1), 46-56.
- Young, Jieh-Shian, Hua, Chin-Yi, & Chang, Keng-Hua. (2010). The feasibility study of SRU/LRU for air vehicle communication network based on CAN bus. *Journal of Aeronautics, Astronautics*, 42(1), 57-66.

三. 附件



100 學年度第二學期「車載網路系統實務」課程前測之 QR Code 網路連結(101/2/24)。



100 學年度第二學期「車載網路系統實務」課程後測之 QR Code 網路連結(101/6/16)。