

教育部教學實踐研究計畫成果報告

Project Report for MOE Teaching Practice Research Program (Cover Page)

計畫編號/Project Number：PEE1100834

學門專案分類/Division：工程

執行期間/Funding Period：2021-08-01-2022-07-31

**基於 CDIO 理念之可程式控制(含實驗)課程改造與實踐**

**Exploration and Practice on Teaching Reform of Program Logic Controller with  
Experiment Based on CDIO Concept**

**課程名稱：可程式控制(含實驗)/Program Logic Controller (Including Experiment)**

計畫主持人(Principal Investigator)：林昱成

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：逢甲大學自動控制工程  
學系

成果報告公開日期：

立即公開 延後公開(統一於 2023 年 9 月 30 日公開)

繳交報告日期(Report Submission Date)：2022 年 7 月 25 日

## 基於 CDIO 理念之可程式控制(含實驗)課程改造與實踐

### 一. 研究動機與目的

現今，台灣已成為全球精密機械產業與智慧製造的重鎮，其中自動化是製造發展的必然趨勢，而機電整合更是自動化產業發展最主要的支撐技術，著重於『機』與『電』的整合。機不懂電，電不懂機，造成溝通障礙，系統整合困難，生產效率無法提高，產品開發及性能提昇緩慢，成本無法降低，故『機電整合』可說是機電產品的關鍵技術。對於本校自動控制本科學生而言，要具備機電整合與自動化的基本知識與實作能力，其中可程式控制(programmable logic controller, PLC)課程是相當重要的，且相當符合業界所需。可程式控制器廣泛應用於工業控制領域已經有 50 年的歷史，從最初為取代繼電器動作，到現今電腦運算功能不斷進步，可程式控制儼然已成為工業自動化的控制核心，舉凡現今紅綠燈、水庫水量調節、立體停車場等都是可程式控制範疇，其應用領域非常廣泛。然而目前一般的可程式控制課程，通常多只強調於可程式控制器指令的用途與 PLC 程式的語法。然而，對於未來要進入相關自動化產業的學生而言，傳統的課程較偏重於理論基礎知識的建立，較難提供針對實務機電整合應用及周邊感測元件的訓練，若使學生真正具備可程式控制機電整合與實務控制設計能力，在養成過程中更須搭配實驗課程及實際機電整合操作實務課程，方能使學生能真正了解並應用其可程式控制器。

除此之外，後學於六年多的教職生涯中發現大部分學生在上大學前，國、高中階段多屬於填鴨式教育方式，學生主要是以最短時間來習得教師的知識、背誦記憶、練習及考試來確保知識的存留，並以成績來作為衡量標準。然而大學學習中，反而是要擺脫填鴨式教育的束縛，學知識外，更重要是要能靈活運用，並培養自己專長和軟實力，找到自己興趣所在，才是大學教育的目的。有鑑於此，後學在教學方面主要除了理論知識傳授外，更重要的是講授課程中理論與結果的『為什麼』以及『怎麼運用』，才能使學生更有效的學習與理解，提升學習動機，同時也能鏈結後續專業課程內容，讓學生是有完整一連貫的學習過程。因此透過本計畫，引導出學生在可程式控制(含實驗)課程中，其不僅能理解可程式控制的使用方法與應用價值外，更重要是能活用於現實生活應用中，同時最終與班上同學共組團隊，並作出一個結合可程式控制器之具創意且富市場價值之雛型成果，並實際上台發表與動態展示。藉由實驗課程實作現實社會中的產品外，相信將能更有效率引發學生學習動機與興趣，最終習得一技之長，達成終端教育之目標。

有鑑於此，本計畫主要是藉由基於史丹佛 D School 課程精神的『CDIO 教育理念』[1-12] 並搭配『專題導向式學習』(project-based learning, PBL)方法[13-18]，來針對逢甲大學自動控制工程學系中大二選修課『可程式控制(含實驗)』進行改造。本課程藉由 CDIO 的教學方式，除了可程式控制器的基礎知識建立與實作課程外，更透過創新思考課程(構思 conceive)，來找到可程式控制應用的需求面與創新解決方案，接著輔以小組的方式(2~3 人一組)，以團隊合作方式共同腦力激盪找出需求面與解決方案，進行雛型設計(設計 design)，包含硬體機構設計、可程式控制程式設計；緊接著再一同以一個特定創新專題主題，並搭配相關感測器、電子元件、五金材料、可程式控制器來實現其創新成果(實施 implement)，以作為期末創新成果與實

際展示。最後再於期末完成創新專題成果的動態發表展示與口頭報告，並進而精進所開發之成品(操作 operate)。本課程透過融入 CDIO 的設計概念，不僅學生能學到基礎知識外，更能了解可程式控制器於業界應用上之重要性與功能性；更重要的，透過創意發想與概念設計的過程，更能讓同學了解如何創新，何謂創新，同時具備市場分析、軟硬體設計與機電整合之能力，相信將能帶給學生不同於一般學校課程更多的學習與市場分析經驗，對於學生未來就業發展亦將更有助益。更值得一提的是，本課程是一種主題式實務設計的教學方式，透過團隊小組的合作方式，來實現終端專題式的創新成果及發表，其不僅可使學生從學中做，做中學，更深入全面了解可程式控制器的的重要性與實用性，更從實作中發掘自己的興趣、未來方向、創新能力與想像力，使學生學習更有趣、更專注、更有效率。最後並透過小組團隊合作方式的創意專題，使學生發揮創意，完成一具創意且實用價值之期末專題，並實際完成動態展示、口頭報告及海報發表。從中不僅可培養學生創新、解決問題、學生團隊合作與領導能力，更能建立學生良好的人際關係與孩子的自信心。

## 二. 文獻探討

### 1. 實作課程

台灣中部地區為精密機械產業的大本營，其中自動化是機械產業發展的必然趨勢，而其中可程式控制器又是自動化工程中最密不可分的一環。此外加上本課程授課單位為自動控制工程學系，對於本系的學生而言，具備機電整合與自動化控制的基本知識與專業技能部分，其可程式控制是非常重要的，且符合業界所需。目前在大專院校有講授可程式控制課程的已越來越少，這類偏重實務設計課程多在技職院校或科技大學才較有開課，一般傳統大學較少，主要是能教授該課程的老師非常少，一般大學中能教授該課程的老師多曾在業界服務過，或是過去曾畢業於相關技職院校，否則大多開設相關課程的老師多僅侷限於理論探討與程式的解析，多為【書面的講解】，學生學完一整學期後，還是不知怎麼應用，到底用在哪裡，相當沒有學習效率。此外，也有部分大專院校的可程式控制課程亦搭配實驗課程，但實驗課程內的實驗範例，【多僅針對指令程式部分進行實作】，在現實應用上，那些場域或產品會用到可程式控制器，大多僅有介紹，實驗課程時仍以指令程式來實作，學生雖然能了解指令程式如何撰寫，但實務上到底要怎麼設計與整合，仍無法有深刻了解與感受。除此之外，現今能真正學習到可程式控制的專業技術與實作能力方式，多為一般產業或法人單位所開的培訓班才有相關實務設計課程，但這類課程主要是培訓即將就業的人才，且需要高額的培訓費。有鑒於此，本計畫於課程教學上，除了基本的指令程式介紹與實驗課程外，講授時亦搭配實際影片說明如何應用與控制設計；此外，實驗課的實作內容更直接以現今生活或產業常見之可程式控制案例來作為實驗內容，如如十字路口紅綠燈控制、停車場出入口控制、立體停車場停車/取車控制、水庫洩洪控制、自動咖啡沖泡機控制等實際案例說明，並搭配相關感測器完成一系列的實驗課程。故學生在實作課程時，除了要活用當週課程所講授之指令程式外，更重要的是要構思整個系統的控制流程與感測器的整合，才能完成當週的實驗。如此不僅能讓學生更了解指令程式的運用方式，同時搭配實際案例的實驗，讓學生先構思完成流程，再進行實作。本人也發現於課程過程中，課程前兩三週因學生剛接觸 PLC 程式，對於大二學生初期

會有些許難度，但隨著越來越熟練與理解 PLC 邏輯架構，並從錯誤中找出適切的程式與流程來完成實際案例，不僅能提升學生的專業知識與實作技能，提升學生自信心與學習興趣，同時更能強化學生思考與獨立解決問題能力。

## 2. 問題導向學習 (problem-based learning, PBL)

問題導向學習(problem-based learning)在國外已行之有年[13-18]。加拿大 McMaster 大學的醫學院 Barrows 教授於 1996 年首次提出 PBL 方式[13]，以真實情境的案例問題激發學生學習興趣，並發展成為學生解決問題能力的主要方式。過程中，學生透過自我學習以及團隊合作方式來獲得新知識與技能，而老師是學生的引導者與推進者，倘若學生過於發散時，老師可協助收斂彙整，並給予相對應的建議或指導，授課不再是老師專業傳授的單一方向，學生自我的學習與團隊的溝通討論，並從中找出適當的解決方案，變得更為重要，相信除了基礎知識外，更能學到基礎知識外的跨領域內涵。本人認為問題導向學習對於現今學生而言，能讓學生理解現實社會或產業中的所產生的問題(實際案例)，同時能從這些問題衍伸出各項解決方案，並透過大家共同集思廣益、討論及思辯，找出最適切的解決之道，甚至從中找出可創新的地方。

除此之外，本人認為『**探究與實作**』(Inquiry & Practice)是工程領域中最重要的兩部分，近年來已有許多教師透過【**做中學、學中做**】的理念來作為課程教授的方式，但其中也有不少案例，因為教師常專注於訓練學生動手操作的技巧與熟悉度，甚至過於著重教具的精巧，因而常忽略了最關鍵的『**探究**』才是產業人才訴求的重點。引導學生從『**發現問題**』著手，有了問題才有探究，沒有問題就沒有探究；實作是手段，探究才是最重要的目標。故本人在這門可程式控制改造課程中，透過導入創新思考與創意實作的概念，再輔以創新思考方法的教學及實作課程，使學生能或用相關創意思考方法來進行創新設計，確保該創意具備差異化與市場競爭力，如此可使所發想之創意，能真正落實於實際應用上，而非天馬行空般的過度創新。

但過去文獻探討中，其問題導向學習方法中仍會遇到一些問題，如真實性與結構鬆散的問題。問題導向學習中常利用案例方式來激發學生學習興趣，但要留意該案例問題應為結構鬆散的問題，亦指案例問題不能太侷限，太專注於某個領域或技術，應有較寬廣的開放性，讓學生發現多種解決方案，並加以『**探究**』、『**討論分析**』及『**驗證**』，如此才能較符合未來複雜的工業問題。此外問題導向學習中，強調團隊合作方式來解決問題，藉由每位成員在小組中扮演分工合作的學習者和解題者角色，經由知識的分享、溝通、協調，共同合作解決問題與呈現問題解決方案[19]。此外，學生在問題導向學習中，由於是以自我導向學習來探究並解決問題，因此學生如何從錯誤中找到正確的方向，同時評估學習目標的達成，亦相當重要，故如何了解學生精進及改善程度、學習監控及評估學習目標的達成或不足，皆是問題導向學習最為關鍵的地方[20]。最後，教師是學生學習的促進者，問題導向學習的成功除了有好的案例問題與解決方案外，能成功教學的關鍵是教師，如何引導學生、如何從旁協助拉回正確的方向，一開始課程的規劃與內容的設計相當重要。課程進行中，對於學生在問題的解決上，有賴教師的引導和促進，在每次課程學習結束時，教師則必須協助學生進行學習歷程的反思，以及有效評鑑學生的學習結果，並給予適當的建議[18,20]。由此可見，學生的學是否能成功，

還是有賴教師完整的教學能力，才能圓滿達成。有鑑於此，問題導向學習的優點可綜整如下：

(1). 提升學生的學習興趣，並學習如何探究問題與找到適切的解決方案，培養學生專業技能、創新思考與團隊合作能力。(2). 培養創新思考能力：學生從缺乏結構的問題中，透過團隊彼此間的腦力激盪與討論，可激發學生批判、思辨和創造思考能力；同時透過創新思考方法的教學課程，讓學生了解如何使用該些方法來找尋案例問題(需求面)，並透過該些方法找到創新的解決方案。(3). 提升學生整合與產業價值分析能力：學生從問題的定義、蒐集資料、分析與彙整，並比較其差異化的過程中，可訓練學生資料整合與分析能力，同時也可進一步培育學生藉由市場分析資料進行產業價值分析，實際讓學生了解何謂創新應用，市場價值與應用性於創意構思中也需探究，才會使創新設計的成果落地生根。(4). 強化學生實作能力：透過實際案例提供給學生實作，並藉由主題式專題製作，讓學生不僅能學習到專業技能外，更可透過專題的製作，學習到系統機電整合的能力。本計畫主要創建一個需與老師共同配合及努力的學習氛圍，課程設計融入 CDIO 教育理念，並搭配問題導向的學習方式，除了可程式控制基本知識與專業技能的建立外，學生們更可藉由小組團隊合作方式來找到欲發展的創新主題與解決方案，最終將其搭配可程式控制器及週邊感測元件、電子元件、機構件等實現一雛型成品；最後再透過期末所舉辦的專題發表會，實際動態展示、海報及口頭報告方式，完整訓練學生具備可程式控制專業實務及技能之人才。而課程中，本人也藉由學生每次實驗結果與小組討論的回饋，適時修正教學的進度與方向，同時引導學生創新構想，提供相對應之建議，有效提升學生的學習興趣。

### 3. 逢甲大學 CDIO 教育理念

逢甲大學自 2016 年起，開始導入 CDIO 教育理念[6-12]，並於 2017 年 3 月正式加入 CDIO 國際組織。CDIO 是一套完整的人才培育架構與模式，其 12 項標準是直接參考產業界需求，對照波音公司和美國工程及技術教育認證委員會(Accreditation Board for Engineering and Technology, ABET)的標準 EC 2000 所制定，培育學生四大能力主軸，包括(1)系所專業知識與能力；(2)個人能力與態度；(3)人際溝通能力；(4)理論與實務的整合實踐。讓學生以真實世界的產品或系統為主題，經歷構思、設計、實施、運作的過程，從中掌握紮實的基礎知識，構思並設計新的產品或服務流程，同時能夠進行實施及運作，培養學生成為學用合一的人才。

此外，逢甲大學亦於 2017 年開始全校推動學系 CDIO 專題式課程，培育學生整合專業知識與實作能力，系列課程架構包括新鮮人計畫(Freshman Project)、大二及大三的『深碗專題』以及『跨學期畢業專題』，如下圖 1 所示。



圖 1. 逢甲大學 CDIO 課程大一到大四架構

其中新鮮人計畫主要是針對大一新生，啟發學生學習動機與興趣，並深入了解自己的系所，並培養團隊合作能力。另外，深碗專題則重視專業工具的學習與動手做的經驗，培養學生具備應用專業工具的能力，亦導入 CDIO 教育理念。最後跨學期的畢業專題，主要為學生的畢業專題，藉由大三及大四的專題，培養學生定義問題並構思題目，同時訓練學生專業技能與機電整合能力，完整經歷 CDIO 流程，整合知識、進行實作與完成專題。本課程主要是大二的可程式控制(含實驗)課程，亦為深碗專題，除了培育學生專業技能與實作能力外，更融入創新思考與主題式專題製作，提前讓學生於大二就完整經歷 CDIO 流程，相信對於學生未來終端專題時，將能更靈活運用，呈現更好的終端專題成果。本改造之可程式控制課程有效提升學生在工程基礎知識、專業實務技能、個人表達與設計規畫能力、團隊合作與領導能力及機電整合能力，最後也透過問卷量表的統計與回饋，讓本課程更有效地達成教學目標。

### 三. 研究問題

學用落差為現今國內教育的重要議題，青年失業率仍逐年攀升，業界也常抱怨找不到可用人才是不爭的事實。學校課程教學常侷限於書本的知識，重視理論和概念學習，切割得零零碎碎，老師更忽略實務、實作、實驗等課程，學生習得的知識欠缺應用理解之場域，仍只能停留在知識的分析、綜合、評鑑考試的地步，而專業技術能力及實務的應用面也常停留在認識和理解階段，即便有操作經驗，也無法落實現實的工業應用上。產業需求的人才與學校所訓練的技能不盡相符，也是造成產業找不到人才的主因。學校教育在學生的工作能力培育上，不只要學生學會相關技能並勝任工作，也要學生能找出工作上的問題，並透過分析問題及找到解決問題的途徑，這種能力的培育才是學生學習最重要的關鍵。因此本課程導入 CDIO 教育理念，每週課程共四堂課中，前兩堂為理論知識的講授，接著後兩堂則針對前兩堂所講授的指令安排一次針對現實面或產業界常見所需可程式控制應用的實作練習，透過實際的控制設計與雛型實現，強化學生實務能力，也能透過實際的應用面設計，讓學生深刻了解到可程式控制器的應用範疇與使用方法，相信對於學生的專業技能培育，更能貼近產業所需。

退休的台積電創辦人台積電張忠謀先生也曾直言，『臺灣產業需要更多的創新人才，不過這和未來有多少碩博士生無關，我希望人才能有創新力』。我們不需要背誦式的學習，或透過背書來通過考試的人才；培養創意者需幾十年的時間，並非一蹴可幾。台灣大多教育著重讓學生遵循規範，因此常壓縮學生自由發展創造的空間，從小到大即接受知識的灌輸，要求標準答案，但往往也侷限了創新的思維與勇氣。此外現今大學教育如此普及，大學文憑也不如以往值錢，大學畢業生是否能與眾不同、具有創新的思維，就更顯重要。然而要讓學生培育創新思考與解決方案的能力是相當不容易的，可以透過創新思考的方法來與團隊成員共同腦力激盪、溝通討論甚至辯論等方式，而找到所謂創新的應用；這過程不但可以提供學生自我發揮的機會，更可以培養學生『自我規劃』、『市場調查及分析』與『領導彙整』能力。另外大部分的創新設計與設計都不是倉促得來的。需要時間去了解問題並循規蹈矩的尋找解決方案，從不同的角度思考各種可行性，故填鴨式的教學、過多的作業或單一的考評方式，都是扼殺創造力的發展。英文有句名言『Less is more』，意旨要留下一些時間或空間讓學生去發想、去創作，主要是因為一些創新的思維，往往來的時候很突然或片段性的，需要時間整理，並

與團隊討論溝通，才能漸漸成形。故本計畫的可程式控制課程改革，除了融入創新思考方法的教學與實作外，更透過四週課程時間，讓學生將所創新的想法與規劃，透過搭配週邊感測器、電子元件及相關機構件等，將所創新的構想真實以雛形成品方式實現出來，並進行期末成果發表，同時上台口頭報告。其不僅能訓練學生創新思維與團隊合作能力外，更完整訓練到實務設計與機電整合能力，了解可程式控制器應用範疇與使用方法，增加學生自信心與滿足實際相關產業可程式控制專業技能之需求。

#### 四. 研究設計與方法

##### A. 課程設計

本計畫主要是改造傳統可程式控制課程的教學方式，將原本單方向純粹理論與部分實驗的教學內容，改變成基於 CDIO 教育理念之多面向實務設計學習[21-24]。其中多面向學習包含創新思考方法教學與實際應用、藉由常見實務案例來作為實驗課教材之範本，並提供相關感測元件實作各實務案例，如紅綠燈控制、自動化產線、男生小便斗控制、咖啡自動沖泡控制、水庫洩洪控制、物料瑕疵自動化檢測與排除、計算機、立體停車場自動化控制、手扶梯控制等實驗，讓學生藉由可程式控制器針對該些實務案例進行實際應用演練，相信本改造課程不僅將能讓學生具備可程式控制程式設計能力，同時更實際了解產業界中可程式控制器如何應用與實現，培養學生具備業界可程式控制專業技能之需求。藉由主題式教學方式並搭配團隊合作式的創意專題式實驗課程，使學生能從課程中學習構思(Conceive)、設計(Design)、實現(Implement)和運作(Operate)四大層面的系統工程設計與實踐能力。本課程透過導入 CDIO 之創新教學方法其不僅讓學生更能認識 PLC 可程式控制之重要性與實用性，更能讓學生從實作中發掘自己的興趣、未來方向、創新能力與想像力，使學生學習更有趣、更專注、更有效率。此外更透過團隊合作互動方式建立良好的人際關係與孩子的自信心。此外本課程亦於期初與期末分別進行學生課程學習量表統計，以用來觀察學生學習狀況與對課程的反思及建議。最終也根據學生學習量表資料的統計分析結果看出，不僅發現學生從本課程中各種觀念與創新力皆進步許多；更值得一提的是，其中又以看事物的角度、團隊合作及解決問題能力有相當大的成長，相當值得欣慰。透過本課程所設計的學習量表，不僅能建立師生彼此溝通及互相學習的橋梁，更可作為後續課程調整與精進之依據。

本計畫中的可程式控制(含實驗)課程一週連四堂課，其主要分為正課(前兩堂)與實驗課(後兩堂)兩大部分，其中正課的訓練主要是著重於可程式控制器的程式撰寫、指令用法說明及感測器應用等說明，並搭配自編的教材與講義，讓學生能清楚了解各程式語法的用途及使用方式，並於講義中搭配一實際產業案例來說明該與法的應用時機，將能更讓學生了解各程式語法的使用方法與實用性。另外，每次正課上完後，接著後兩堂課則是利用實際案例進行實作演練，透過可程式控制器並搭配相關感測器與電子零件，來完成實際案例的實作課程。實作課程主要是以 2~3 人為一組團隊，共同針對當次上課所提供之實際案例來進程式設計與雛型實現，本人與本人的研究生會在學生有疑問的時候適時引導與提示同學相關注意或錯誤地方，讓學生以團隊方式以實際的可程式控制器設備與週邊相關電子及感測元件實現其案例。

本人也從該課程中發現同儕的力量遠大於教師的力量，透過老師適切的引導與提醒，實作課程中同學們會需要互相討論並多次嘗試錯誤，最終成功完成實驗內容，自然也能培養學生勇於嘗試、不放棄的學習態度，更重要的是透過實際案例的實作內容，可使學生於可程式控制學習上更能充分了解產業所需與實際應用面，對於未來求職上更顯助益。

此外，本課程亦融合創新思考方法訓練課程，並透過創新思考方法來使學生找到最終主題式專題的題目。其中創新思考方法的訓練，主要是邀請相當知名專門講授創新思考方法孫易新心智圖法教育訓練機構的李珮瑜老師來進行一周課程的講授與實作。透過團隊分組與活動的方式引導學生如何使用創新思考的方法來找到需求面與創新解決方案，最後並讓學生實際上台口頭報告所使用創新思考方法的結果與最終主題式專題的創意動機、構思目的及最終預計專題目標與成果展現，同時還需繳交主題式專題企畫書，包含動機、研究方法、創意剖析、成本分析、時程規劃等，讓學生實際初步體驗一個具創意的產品從發想到實現完整的流程，同時考量未來市場面，更需要做成本考量與市場分析，讓學生了解到底什麼才可稱為具創新的產品。由於本人過去也於業界服務四點多，常跟學生說『創新的產品不僅要考量需求面，同時也要考量市場價值性，倘若所創新的產品自己都不想買或不實用，那就不能稱為創新的產品；要是一個有用有價值的創新構想，能有顯著功效解決目前無法解決的問題，那就是一個好的創新主題，更要留意創新的目的與價值』。故本計畫透過創意思考、團隊分組討論與口頭報告的方式，養成創意思考、團隊合作與市場價值分析的能力，同時透過同儕間腦力激盪與期末主題式專題的實現，活絡學生的思考方式與跳脫框架的創意，不僅可有效培養學生未來求職時的專業技能，更完成期末主題式的專題發表與實現。

本次所搭配本計畫的課程為逢甲大學自動控制工程學系學士班大二所開設的可程式控制(含實驗)課程，在課程中利用 18 週的學習時間完成可程式控制課程教授、實作實驗、創意思考、主題式專題製作、成果發表與口頭報告的學習。該課程不僅能習得可程式控制專業知識與技能外，更透過可程式控制器與週邊電子元件，實際讓學生實作現實應用上的控制實例來作為實驗課的教學內容；最後更透過創意思考與主題式專題，讓學生了解如何應用方法來找到創意的主題並搭配相關感測設備與電子零件將其實現出來，其不僅大大活化該課程原有之教學方式與內容，更讓學生所學的技能更貼近於業界所需，培養專業技能經驗。

## **B. 教學方法**

- (1). 單元講授：依照每周所安排的進度來講解可程式控制課程中各章節的理論知識、程式與指令基礎及應用概念，並以自編講義及輔以相關實際案例應用影音或資料來作為輔助教學工具，透過老師的講解來讓學生更能清楚地了解本課程的基礎理論、指令程式與實際應用面，同時搭配自編之課程講義與相關資料引發學生對本課程的興趣，以及培養學生實作能力。
- (2). 實驗課程：針對前述每周單元講授之內容，利用現實生活面及產業應用實際會用到的可程式控制實例來作為實驗課內容，如紅綠燈控制、立體停車場控制、便利商店電動門控制、水庫洩洪控制等，藉由當天課程所講授的內容，並針對相對應之實例來作為實驗課之範例。如此不僅可讓學生了解感測器如何與可程式控制器搭配應用外，更可透過可程



式控制器實際反應出相對應之程式動作，同時透過相對應的輸出反應清楚讓學生知道程式錯誤所在，提高學生學習興趣。此外學生也透過團隊討論方式，利用可程式控制器、電子零件及相對應之感測元件，來實作其實際案例；不僅更能了解當周所講授之內容與實用性，團隊合作過程中，學生們更可以分享各自的看法並學習如何與組員來解決實際案例中所發現到的問題。

- (3). 創意思考課程：本課程除了在課堂上講解各個章節的專業知識與實驗課程外，更融入設計思考的元素與步驟。本課程第三週邀請專門講授創意思考方法的李珮瑜業師來教授相關使用方法與原理，同時並透過分組方式共同針對所指定的議題進行創意思考方法的實作，並互相腦力激盪討論出適切的主題與解決方案，不僅讓學生可以深入瞭解創意思考的各種方法，同時透過團隊討論及互動問答方式，有效提升學生的學習興趣及學習動機，更增加本課程的向心力。
- (4). 主題式專題：最終期末的主題式專題則主要請學生針對智慧生活及老人關懷兩大方向為主題，學生們可透過前述之創意思考方法進行問題剖析，找到需求面，並進而討論出欲透過可程式控制器解決之創新應用主題。同時須考量市場價值性，除了須提交期末欲發展之專題企劃書，最終更完成實體成品，並搭配海報展覽與上台口頭簡報，來完成期末專題發表，增加學生創新思考、自主學習與團隊合作能力。此外期末發表時更邀請三位老師來擔任期末專題評審外，也同時讓全班同學互相評分(最佳人氣獎)。
- (5). 實作任務：
  - 期中考試: 由於本課程除了理論知識外，更重要是可程式控制器程式設計，因此在期中階段，仍將採取個人實作的獨立上機考試，其目的在於了解學生每節上課是否有認真學習與融會貫通活用，期中考試將透過實際案例方式，請學生透過可程式控制器實現出來，以作為分數評估依據。
  - 期末主題式專題實作發表: 將針對智慧生活及老人關懷兩大方向為主題，讓學生由前述兩主題進行創意發想與期末專題實作，利用可程式控制器、相關電子零件、機構組件及感測元件等，來將所發想之創意完整以可程式控制器整合實現出來，過程中透過創意思考方法、企畫書的撰寫、團隊討論到雛型建置與展示，能讓學生學習到不同於傳統課程外的相關知識與技能，更能讓學生所學的技能更貼近於業界所需，培養專業技能經驗。

### C. 成績考核方式

本計畫教學實踐課程為逢甲大學自動控制工程學系學士班大二所開設的可程式控制(含實驗)，本課程中利用 18 週的學習時間完成可程式控制課程教授、實作實驗、創意思考、主題式專題製作、並完成最終期末專題式成果發表與口頭報告。本課程不僅能習得可程式控制專業知識與技能外，更透過可程式控制器與週邊電子元件，實際讓學生實作現實應用上的控制實例來作為實驗課的教學內容；最後更透過創意思考與主題式專題，讓學生了解如何應用方法來找到創意的主題並搭配相關感測設備與電子零件將其完成實現出來，並訓練學生口頭發表。

本計畫配套課程的成績考核方式主要分為『平時分數』、『期中上機考試』、『期末主題式專題成果發表』。其中平時分數包括出席狀況、上課表現、每次上課均有相對應的實例實驗課程須完成(若未來得及做完，將於下次上課前另與老師約時間安排時間與實驗室補做)，佔全課程分數百分之三十；此外本課程著重訓練學生可程式控制程式撰寫與機電整合實務能力，因此基於重視學生個人的專業技能培養，期中仍是個人的上機考試，會有三題實務設計題目並搭配一題編碼/解碼問答題，學生將有 70 分鐘當場透過可程式控制器實作出來，來作為期中考試分數，期中考試佔全課程分數百分之二十；期末主題式專題成果發表則會從創意思考、專題企畫書、與最終期末動態成果展示、海報展覽及口頭報告等，各項成績依不同比例總合佔全課程分數百分之五十。本課程將融入 CDIO 教育理念來實現本實驗課程，讓學生不僅能習得相關專業知識與技能外，更透過最終的主題式專題成果，實現自己團隊的創意成果，相信能使學生於學習過程中更為有趣且符合產業需求。其中學習成效主要的評分指標則依據下表，在上述各個階段，以下表 1 的尺規進行自評、互評、與老師評量。

表 1. 學習成效主要評分指標尺規

專業能力	學習效益指標
專業知識與實作能力	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 利用可程式控制器進行程序控制程式設計。</li> <li>➤ 結合輸入開關元件與輸出致動器完成機電整合應用。</li> <li>➤ 針對實際案例進行程式設計與離型硬體整合應用。</li> <li>➤ 獨立完成可程式控制相關實例設計與硬體實現。</li> </ul>
創意思考	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 學習相關創意思考方法，如心智圖、九宮格、5WIH、產品 NSDB 新法等，並能靈活運用。</li> <li>➤ 學習團隊合作，共同根據創意思考方法所找出需求面與創新解決方案以海報方式呈現出來，並上台進行口頭報告。</li> <li>➤ 學習何謂創新產品與產業價值分析。</li> <li>➤ 依情境及場合，適切地表達自我並與他人溝通。</li> <li>➤ 參與即興課堂活動。</li> </ul>
團隊合作	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 與他人組隊並互相腦力激盪討論。</li> <li>➤ 培養學生負責任的學習態度。</li> <li>➤ 透過互相討論，聆聽不同意見，找出期末欲創作的專題主題。</li> <li>➤ 培養蒐集資料並整理資料，作為主題討論參考依據。</li> </ul>
主題式專題	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 透過創新思考方法，找出適切之專題主題。</li> <li>➤ 學習相關可程式控制器與周邊感測電路機電整合能力。</li> <li>➤ 學習海報製作與口頭報告能力。</li> <li>➤ 學習機構設計與硬體整合離型建置。</li> <li>➤ 完成一系列實體展覽與報告說明。</li> </ul>

#### D. 各週課程進度

本計畫所改造課程的各週課程完成進度表如下表 2 所示，請參閱。

表 2. 本教學實踐計畫改造之可程式控制(含實驗)各週課程完成列表

週次	日期	單元名稱與內容	授課方式
1	111.2.15	PLC 可程式控制原理介紹與應用實例簡介	講授
2	111.2.22	(講授/實驗課): 三菱 FX3U 可程式控制器操作說明、程式安裝，步進階梯圖之程式設計介紹。	實驗
3	111.3.1	業師: 心智圖創新思維課程與創意構思	業師講授
4	111.3.8	各組心智圖上台發表與初步創意主題剖析與定義	口頭發表與講授
5	111.3.15	(講授/實驗課): 順序控制指令與程式說明，邏輯程序之運算指令說明、階梯邏輯與脈波電路設計應用。	講授與實驗
6	111.3.22	(講授/實驗課): 上升微分電路、下降微分電路、自保持電路階梯圖設計、單向停車場開門控制實例演練。	講授與實驗
7	111.3.29	(講授/實驗課): 計時器用法與程式設計、時間順序動作與時間順序循環電路設計、小便斗與紅綠燈管制控制實例演練。	講授與實驗
8	111.4.12	(講授/實驗課): 跳躍、四則運算、邏輯運算指令與串並聯程序控制說明、通電與斷電延遲計時器電路設計、地下停車場出入口號誌管制控制實例演練。	講授與實驗
9	111.4.19	(講授/實驗課): 迴圈/跳躍運算指令說明、水庫與自動咖啡販賣機控制實例演練。	實驗
10	111.4.26	期中考、團隊創新主題訂定(繳交企劃書、心智圖)	期中考
11	111.5.3	(講授/實驗課): 通電與斷電延遲迴路控制設計、閃爍電路設計、路口交通號誌紅綠燈控制迴路實例演練。	講授與實驗
12~13	111.5.17	(講授/實驗課): 馬達正反轉控制、步進馬達與繼電器使用介紹與自動化生產線實例演練。	講授與實驗
14~17	111.5.10~ 111.5.31	主題式創意發想與原型實作 (四週)	團隊合作/實作
18	111.6.7	期末成果展現 (海報展覽、動態實品展覽、發表會、頒獎)	期末展示

#### E. 學習成效評量方式

本課程主要透過團隊小組方式，讓學生透過團隊合作完成每一次實驗課的小組專題實作。此外期末部分各組會透過一主題式的創意專題，並利用三菱 FX3U 可程式控制器為主要控制器，同時結合周邊感測器與電子元件，來完成創意設計原型建置。整體學生學習成效評估將會利用期末主題式創意專題實作方式，並最終以一原型動態成果展示，並邀請系上師

長來進行期末評分，並選出優勝及佳作等隊伍給予獎勵。除此之外，為了更能了解學生在經過一學期的本改造課程是否有不同的改變或心得，以作為後續課程改造上精進修正部分，因此本計畫學習成效評量部分亦是由逢甲大學外語中心王柏婷老師所製作的 CDIO 課程設計為主的創造性問題解決團隊溝通量表，來作為量化評估標準，如下圖 2 所示。主要將於第一次上課前與期末上課時分別請學生做該量表，最終再請進行量表統計結果，不僅能了解學生是否能落實到 CDIO 理念提升自我專業技能外，更作為下次課程的修正方向依據。

**CDIO 課程設計為主的創造性問題解決團隊溝通量表**

<p>各位同學大家好：</p> <p>這是一份科技部計畫研究問卷，目的在瞭解大學生的創造性問題解決團隊溝通能力，並期望經由研究成果，使學校課程能有所改善與省思，進而增進教學品質。</p> <p>為了對課程調整以及就業追蹤更有幫助，本問卷採<b>記名方式</b>實施，研究資料僅供本研究使用，絕對不會對外公開，請依照自己的真實意見填答，調查結果亦會回饋給各位同學，再次謝謝大家的合作。並祝平安愉快！</p> <p style="text-align: right;">逢甲大學外語教學中心 王柏婷 敬上</p> <p><b>【填答說明】</b></p> <p>本問卷分為二部分：第一部分為個人基本資料，煩請依實際情況勾選；第二部分想瞭解大學生的創造性問題解決能力，區分為五個等級，分別是「(1)非常不同意(2)不同意(3)不確定(4)同意(5)非常同意」。</p> <p>填答時請依個人真實意見，在適當的□內打V，並請每一題都要作答，不要有所遺漏，非常感謝你的協助填答。</p> <p><b>第一部分：基本資料</b></p> <p>以下是有關個人基本資料，僅供統計分析使用，請安心填寫，在適當的□內打V。</p> <p>姓名：_____ 學號：_____</p> <p>性別：<input type="checkbox"/> 男生 <input type="checkbox"/> 女生</p> <p>學院：<input type="checkbox"/> 工學院 <input type="checkbox"/> 建設學院 <input type="checkbox"/> 資電學院 <input type="checkbox"/> 商學院 <input type="checkbox"/> 理學院 <input type="checkbox"/> 其他</p> <p>年級：<input type="checkbox"/> 一年級 <input type="checkbox"/> 二年級 <input type="checkbox"/> 三年級 <input type="checkbox"/> 四年級 <input type="checkbox"/> 其他</p> <p><b>第二部分：大學生的創造性問題解決團隊溝通能力調查</b></p> <p>請依個人真實意見，在適當的□內打V，並請每一題都要作答，不要有所遺漏</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 80%;">問卷題目</th> <th style="width: 5%;">非常不同意</th> <th style="width: 5%;">不同意</th> <th style="width: 5%;">不確定</th> <th style="width: 5%;">同意</th> <th style="width: 5%;">非常同意</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>7. 我相信沒有什麼問題是無法找到解決方法的。</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>8. 我能以所有相關因素做為證據而建構出清楚且有深刻見解的問題狀態的能力。</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>9. 我辨識出數個符合特定前提之解決問題的途徑。</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>10. 我能提出一或數個解決辦法。</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>11. 我能推理、診斷解決辦法的可行性。</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>12. 我能評斷解決辦法帶來的衝擊。</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>13. 我能實踐不同的解決辦法。</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>14. 解決問題時，即使做錯了，我也不怕別人取笑。</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>15. 我會使用具有風險性的方法解決問題。</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>16. 我會努力尋求課堂無法解決的問題之解答。</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>17. 我覺得解決問題是有趣的。</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>18. 我認為想出解決問題的方法是令人興奮的。</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>19. 我喜歡和他人交換意見並吸收他人的看法。</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>20. 我認為挑戰問題是浪費時間。</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>21. 我能在團隊中提供資訊。</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>22. 我會在團隊中傾聽大家的意見。</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>23. 我寧可自己動手做，也不想花時間與人溝通。</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>24. 我覺得本次老師的課程設計讓我的思考更敏銳。</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>25. 我瞭解問題的解決可以透過各種不同方式進行。</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>26. 我能尊重不同想法及意見。</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>27. 我在實作過程中具備專業能力。</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>28. 本課程能提升我解決問題的能力。</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>29. 我覺得實作課程很浪費時間。</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>30. 我認為修習此類課程對我未來就業有幫助。</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>31. 我會盡力完成專題以檢視成果。</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>32. 我喜歡這門課，就算花很多時間也不會覺得累。</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td colspan="6">您認為本系可以再開設哪方面的課程，對您未來就業有所幫助？</td></tr> </tbody> </table>	問卷題目	非常不同意	不同意	不確定	同意	非常同意	7. 我相信沒有什麼問題是無法找到解決方法的。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8. 我能以所有相關因素做為證據而建構出清楚且有深刻見解的問題狀態的能力。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	9. 我辨識出數個符合特定前提之解決問題的途徑。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10. 我能提出一或數個解決辦法。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11. 我能推理、診斷解決辦法的可行性。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	12. 我能評斷解決辦法帶來的衝擊。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	13. 我能實踐不同的解決辦法。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	14. 解決問題時，即使做錯了，我也不怕別人取笑。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15. 我會使用具有風險性的方法解決問題。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	16. 我會努力尋求課堂無法解決的問題之解答。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	17. 我覺得解決問題是有趣的。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	18. 我認為想出解決問題的方法是令人興奮的。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	19. 我喜歡和他人交換意見並吸收他人的看法。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	20. 我認為挑戰問題是浪費時間。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	21. 我能在團隊中提供資訊。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	22. 我會在團隊中傾聽大家的意見。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	23. 我寧可自己動手做，也不想花時間與人溝通。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	24. 我覺得本次老師的課程設計讓我的思考更敏銳。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	25. 我瞭解問題的解決可以透過各種不同方式進行。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	26. 我能尊重不同想法及意見。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	27. 我在實作過程中具備專業能力。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	28. 本課程能提升我解決問題的能力。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	29. 我覺得實作課程很浪費時間。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	30. 我認為修習此類課程對我未來就業有幫助。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	31. 我會盡力完成專題以檢視成果。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	32. 我喜歡這門課，就算花很多時間也不會覺得累。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	您認為本系可以再開設哪方面的課程，對您未來就業有所幫助？					
問卷題目	非常不同意	不同意	不確定	同意	非常同意																																																																																																																																																																				
7. 我相信沒有什麼問題是無法找到解決方法的。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																				
8. 我能以所有相關因素做為證據而建構出清楚且有深刻見解的問題狀態的能力。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																				
9. 我辨識出數個符合特定前提之解決問題的途徑。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																				
10. 我能提出一或數個解決辦法。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																				
11. 我能推理、診斷解決辦法的可行性。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																				
12. 我能評斷解決辦法帶來的衝擊。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																				
13. 我能實踐不同的解決辦法。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																				
14. 解決問題時，即使做錯了，我也不怕別人取笑。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																				
15. 我會使用具有風險性的方法解決問題。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																				
16. 我會努力尋求課堂無法解決的問題之解答。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																				
17. 我覺得解決問題是有趣的。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																				
18. 我認為想出解決問題的方法是令人興奮的。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																				
19. 我喜歡和他人交換意見並吸收他人的看法。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																				
20. 我認為挑戰問題是浪費時間。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																				
21. 我能在團隊中提供資訊。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																				
22. 我會在團隊中傾聽大家的意見。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																				
23. 我寧可自己動手做，也不想花時間與人溝通。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																				
24. 我覺得本次老師的課程設計讓我的思考更敏銳。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																				
25. 我瞭解問題的解決可以透過各種不同方式進行。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																				
26. 我能尊重不同想法及意見。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																				
27. 我在實作過程中具備專業能力。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																				
28. 本課程能提升我解決問題的能力。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																				
29. 我覺得實作課程很浪費時間。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																				
30. 我認為修習此類課程對我未來就業有幫助。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																				
31. 我會盡力完成專題以檢視成果。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																				
32. 我喜歡這門課，就算花很多時間也不會覺得累。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																				
您認為本系可以再開設哪方面的課程，對您未來就業有所幫助？																																																																																																																																																																									

問卷完成，感謝您的填寫

圖 2. 本課程所採用的學習成效評量表

## 五. 教學暨研究成果

### (1). 教學過程與成果

- **PLC 基礎課程與實驗課程：**本課程為單一課程，共計 18 週課程時間，配合計畫所實施課程為 110-2 的可程式控制(含實驗)課程，實施班級為自動控制工程學系大二學生。本主要可程式控制基礎與實作課程範疇如上表 2 所示，其包含：可程式控制器原理介紹與應用實例簡介，如三菱 FX3U 可程式控制器操作說明(程式安裝，步進階梯圖、指令程式介紹)等、順序控制指令與程式說明(輸入/輸出繼電器、計時/計數繼電器、內部輔助繼電器、自保持電路、前緣/後緣觸發電路、互鎖電路、編碼器、閃爍電路、反向電路、各式常用馬達控制、各式常用感測器應用、繼電器馬達控制等)，同時每週課程並搭配相對應之產

業實用性應用，讓學生動手實作出來，除可提升學生實作經驗外，更能了解實際可程式控制器在產業上的應用。下圖 3 為本課程基礎課程與實作課程實際上課狀況。



圖 3. 本課程基礎課程與實作課程實際上課狀況

- **心智圖創新思考實作課程：**本課程亦於第三週課程邀請專門講授創新思考方法【孫易新心智圖法教育訓練機構】的『李珮瑜』老師來進行一周創新思考課程(4hr)的講授與實作。透過團隊分組與活動的方式引導學生如何使用創新思考的方法來找到需求面與創新解決方案。課程中，除了先講授如何創新、何謂有價值的創新、如何應用方法來創新、心智圖使用法則，實際操作演練等，來使學生真正了解心智圖創新方法，並搭配小組團隊方式討論、構思，實際演練。其中心智圖課程學生相當踴躍發言與彼此互動，甚至跟老師與學長姐助教們都相當熱絡且認真於課堂中，也透過該課程讓我與學長姊助教們跟這屆上課學生更為密切，值得一提的是，平時逢甲學生上課較為安靜，不太敢踴躍發問，這門課甚至後續的課程中，學生反而都勇敢了起來，有問題會先自己嘗試解決，真的卡關時，再請教老師與助教學長姐們，真的讓我感受到與一般課程上很不同的學習態度與積極度，相當值得欣慰。課程中也發現透過心智圖、NSDB 創新思維的作法對於每組學生團隊最終所發展之創新成果不僅具備創新價值，更難得可貴的是已貼近產業需求，期末成果發表時也能完整說出所構思之創新成果的應用價值。相信這部分，鮮少課程能讓學生從學中做、做中學的方式，真正讓學生理解可程式控制器課程。下圖 4 為本次邀請業師來共同授課的創新思考課程上課狀況。圖 5 為本課程中講授完心智圖原理後，請各位學生利用心智圖法來針對自己進行自我介紹，其中心思想需將自己的名字圖像化，能使自己給別人自我介紹時，對方更對你有印象，也能從中的討論使兩人關係更緊密，最後並讓同學間實際操作，針對彼此進行自我介紹，課程中也因此該操作不僅使上課的熱情與積極度大幅提升，同時也讓老師與學生們更為認識與活絡起來。



圖 4. 本課程邀請孫易新心智圖教育機構李珮瑜老師進行創新思考課程實際上課狀況



圖 5. 創新思考課程中基於心智圖之三位學生自我介紹

本課程最後，老師於各組隨意提供不同現有的小物品，如睫毛夾、髮箍、按摩槍、迴紋針、蒸氣眼罩、吸管等物品，讓學生們利用心智圖法進行創新發想，同學彼此間也相當熱絡，也讓同學們更了解心智圖的用法，以及如何運用心智圖來創意發想，對於本課程期末主題式創新專題更顯助益。其中本創新思考的課程最終的團隊創新發想實作成果如下圖 6 所示。

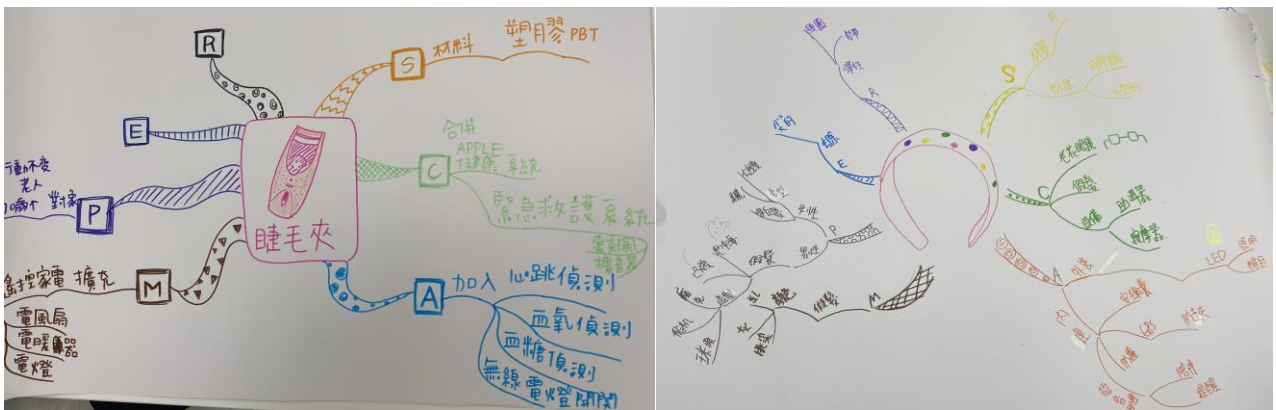


圖 6. 創新思考課程中基於心智圖之團隊創新實作練習

此外於第三週的創新思考課程結束後，請各組於課餘時間針對期末的主題式專題題目利用心智圖法進行創新構思，並於第四週上課時進行各組發表，其發表成果如下圖 7 所示。每組同

學都相當踴躍且活潑的針對所繪製的心智圖與欲創作的主題進行報告，同學們也彼此間相當踴躍發言並問問題，這也讓我體會到，其實學生想像創造力還是很充沛的，只要用對方法，每位同學都具備相當優秀的創造潛力。此外更重要的是，透過創新思考的課程激起了同學們對課程的興趣與熱情，不僅學習態度變得更好，學習成效與積極度也更為優異。



圖 7. 第四週各組基於心智圖創新方法來針對期末專題進行期初主題構思報告

- **期末主題式專題雛形成果展：**期末各組團隊實際利用可程式控制器，並搭配相關感測器、開關、電子元件、電子線束、馬達及機構件等，將其創新構想實現出來，不僅可以讓學生真正落實自己的創意成果，更能落實到控制設計與實務設計的機電整合專業技能；此外透過期末主題式專題製作，學生更能學習到如何團隊合作、領導彙整、企畫書撰寫、海報製作及口頭報告能力，有效達到多元學習。值得注意的是，於期末發表前有四週上課時間提供給學生們進行期末主題式專題的製作，學生們也充分利用上課時間來完成期末專題，四週中不僅會遇到許多問題，並積極與本人與助教學長們諮詢，學生們更會主動帶工具並利用相關感測器來建構其期末專題。如下圖 8 所示，學生們於四週時間都相當認真於期末主題式專題製作。

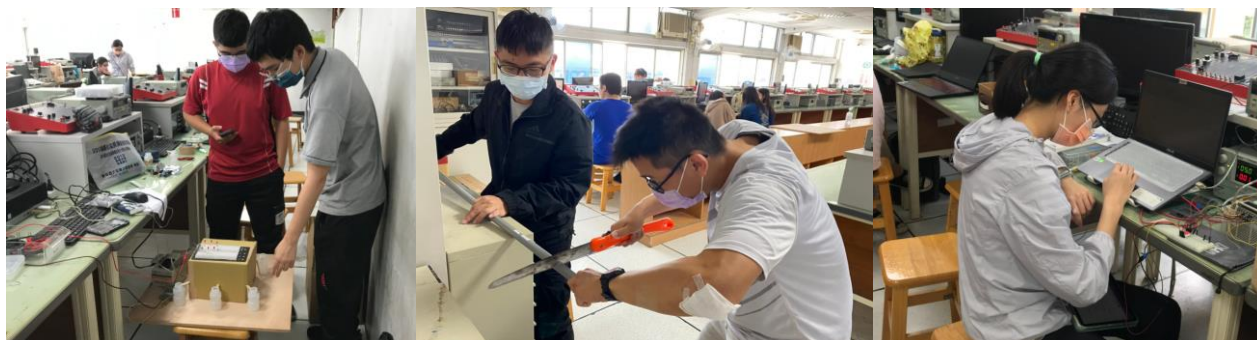




圖 8. 期末主題式專題製作

本課程於於民國 111 年 6 月 7 日舉行本課程之期末成果發表會，共邀請三位教師，包含本資電學學院洪三山院長、陳鏡崑老師與本人擔任評審委員，每組除了需動態展示所發展的主題式專題，同時須製作 A3 海報，並以口頭方式進行成果發表，各組成果發表過程可由下圖 9 所示。



圖 9. 期末主題式成果發表會

當天共計 23 組的專題成果成功發表，其最終專題成果如下圖 10 所示。最後並經過評選取佳作兩名及前三名頒發獎金，同時資電學院院長還加碼頒發了院長嘉獎碼，同時學生也透過互評制度，選出最佳人氣獎，其頒獎典禮如下圖 11 所示。圖 10(a)的智慧餐桌榮獲第一名及最佳人氣獎殊榮，藉由可程式控制器搭配



雙軸伺服馬達旋轉平台、滾珠導螺桿、微動開關、繼電器等等的建置，實現一套智慧型餐桌，完整度相當足夠。圖 10(b)為本次第二名的作品，其主要是針對輪椅族或老師因上下樓梯的不便，故設計一能自動升降之樓梯。圖 10(c)為本次第三名作品，該組學生其中一位家中為花卉農場栽種商，故每次看到父親都辛苦一盆一盆的灌溉，相當辛苦，故從中想到創作主題。該組透過可程式控制器搭配天車的作法，來實現其智慧農園自動給水系統。從這些專題成果中可發現，學生們除了完整學習到可程式控制與電子零組件等來實現其作品外，更會自主透過 3D 列印機與冰棒棍、木板等小組件，共同完成最終專題。從這門課中已學習到更廣泛的相關知識與其他技能，相當值得欣慰。

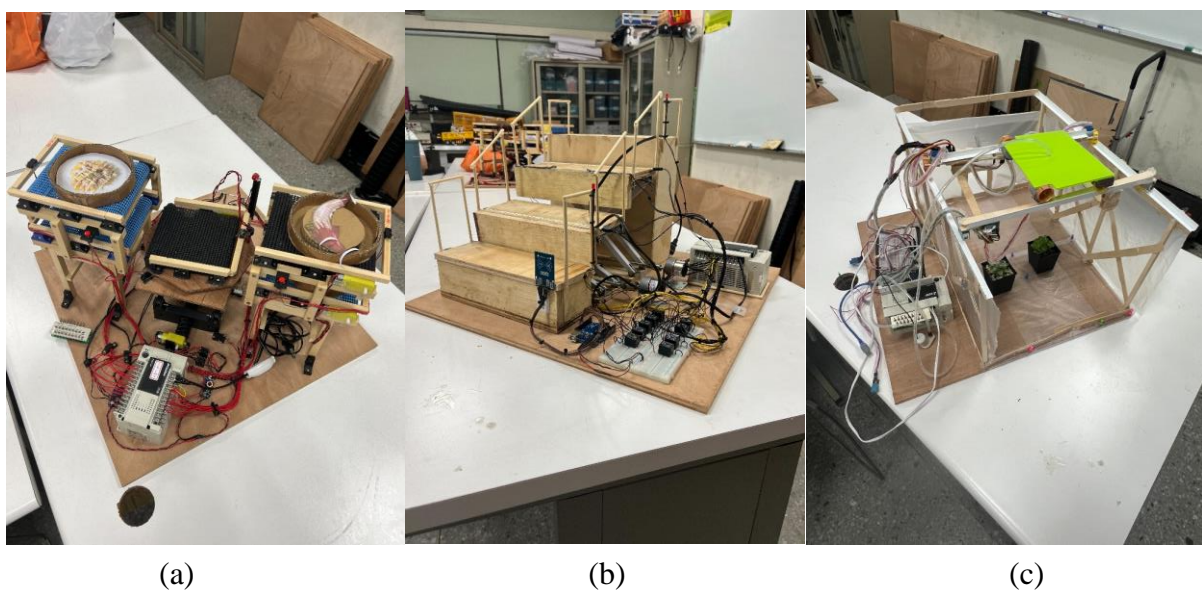


圖 10. 最終主題式專題成果。(a)智慧餐桌；(b)無障礙升降樓梯；(c) 智慧農園自動給水系統



圖 11. 頒獎典禮

## (2). 教師教學反思

- 特別感謝教育部教學實踐計畫的支持，圓滿達成本學期之課程，也深獲系上與同學們的肯定與支持。
- 由於課程於期中考後，國內疫情嚴峻，因此採取混成教學方式，學生可來現場上課或線上上課，可程式控制器(PLC)可外借使用；也發現這門課到校上課實作的學生相當多，不同於其他課程，也代表這門課已經讓學生有產生高度興趣與認同感，個人認為相當欣慰且感動。
- 因應部分學生染疫採線上聽課，為確保學生仍有很好的實作課程體驗，於課程外每星期的二及三晚上時段，開放本系實驗室，以提供當天無法跟著上課的學生，仍可趕上進度，老師與學長姐助教們也隨時從旁協助，也辛苦這些學長姐助教們。
- 這門課偏重實作，因此於課程學期開始前，即開始訓練本人之研究生共四位及兩位大學部專題生，以協助課程中學生可能遇到的一些實作問題，該六位助教學生們表現相當優異，也深獲學弟妹們讚賞。本人也發現透過學長姐們來協助學弟的方式，不同於老師指導，可能學生們仍會有所顧忌，透過同儕間的協助與指導，尤其在這類實作課程執行上更為融洽且專注，給本人相當好的授課經驗。
- 期末成果發表前共有四週時間提供給學生們進行成果實作，常提醒學生不要以為還有四週時間還長，時間很快就過了，把握上課時間共同來完成期末的成果，相當重要。大多數學生都很認真善用課程時間來完成期末主題式專題，但仍有鮮少學生未能把握四週成果實作時間，到了最後一週才加緊熬夜趕工，也是下一次課程規劃時可以斟酌改善的地方。
- 期末發表時，會發現有鮮少組因突發狀況，造成成果動態展示時不會動，也同時可訓練學生如何緊急應對。評審問題千奇百怪，也可訓練學生隨機應變與台風穩健的能力。

- (3). **學生學習回饋：**本計畫中亦於期初(第一週課程)與期末(最後一週課程)分別進行學生課程學習量表統計，其最終也針對該學習量表進行統計，其結果如下圖 12 所示。根據學生學習量表資料分析結果，不僅發現學生從本課程中各種觀念與創新力皆進步許多，同時更值得一提的是，又以看事物的角度、團隊合作及解決問題能力有相當大的成長，相當值得欣慰。藉由本課程量表也發現，可透過學習量表的設計與回饋，不僅能建立師生彼此溝通及互相學習的橋梁，更可作為後續課程調整與精進之依據。

CDIO 課程設計為主的創造性問題解決團隊溝通量表統計結果

5=非常不同意      4=同意      3=普通      2=不同意      1=非常不同意

	前測	後測
1.我能夠創造全新的解決方法或想法。	3.3	4.2
2.我對於新的技術或觀念總是會審慎思考後才接受。	3.8	4.2
3.我能發展出更具邏輯的計畫加以解決問題。	3.7	4.0
4.我能整合可替代的意見。	3.6	4.0
5.我能創造出跨領域的知識。	3.3	3.8
6.我能整合想法，擬定解決問題的模式。	3.8	4.0
7.我相信沒有什麼問題是無法找到解決方法的。	3.8	3.9
8.我能以所有相關因素做為證據而建構出清楚且有深刻見解的問題狀態的能力。	3.6	4.3
9.我辨識出數個符合特定前提之解決問題的途徑。	3.6	3.9
10.我能提出一或數個解決辦法。	3.8	4.3
11.我能推理、診察解決辦法的可行性。	4.0	4.0
12.我能評斷解決辦法帶來的衝擊。	3.7	3.9
13.我能實踐不同的解決辦法。	3.7	3.9
14.解決問題時，即使做錯了，我也不怕別人取笑。	3.8	3.9
15.我會使用具有風險性的方法解決問題。	3.2	3.5
16.我會努力尋求課堂無法解決的問題之解答。	3.6	4.0
17.我覺得解決問題是有趣的。	3.9	4.4
18.我認為想出解決問題的方法是令人興奮的。	4.1	4.4
19.我喜歡和他人交換意見並吸收他人的看法。	4.1	4.1
20.我認為挑戰問題是浪費時間。	1.8	1.8
21.我能在團隊中提供資訊。	4.0	4.3
22.我會在團隊中傾聽大家的意見。	4.3	4.3
23.我寧可自己動手做，也不想花時間與人溝通。	2.2	2.2
24.我覺得本次老師的課程設計讓我的思考更敏銳。	3.5	4.5
25.我瞭解問題的解決可以透過各種不同方式進行。	4.2	4.3
26.我能尊重不同想法及意見。	4.4	4.5
27.我在實作過程中具備專業能力。	3.4	4.2
28.本課程能提升我解決問題的能力。	3.8	4.2
29.我覺得實作課程很浪費時間。	1.6	1.6
30.我認為修習此類課程對我未來就業有幫助。	3.9	4.5
31.我會盡力完成專題以檢視成果。	4.2	4.5
32.我喜歡這門課，就算花很多時間也不會覺得累。	3.7	4.4

協助量表統計結果人：巫柏復、張庭嘉、游惠雯、趙佳儀

圖 12 學習成效評估量化統計結果(前測、後測)

## 六. 建議與省思

本計畫主要融入基於史丹佛 D School 課程精神的『CDIO 教育理念』，來作為可程式控制(含實驗)課程的改革與實踐，除了既有可程式控制課程基礎知識建立與實驗課程實作外，更藉由 CDIO 的設計概念，包含創新思考課程(構思 conceive)，來找到需求面與創新解決方案，接著透過團隊討論與來進行雛型設計(設計 design)，包含硬體機構設計、可程式控制程式設計；緊接著再一同透過相關感測器、五金元件、可程式控制器來實現其創新成果(實施 implement)，最後再於期末進行專題發表與口頭報告，並進而精進所開發之成品(操作 operate)。不僅能讓學生學習到可程式控制的基礎知識與實作技能外，更能了解可程式控制器於業界應用上之重要性與功能性；更重要的，透過創意發想與概念設計的過程，更能讓同學了解如何創新，何謂創新，同時具備市場分析、軟硬體設計與機電整合之能力，帶給學生不同於一般學校課程更多的學習與市場分析經驗，對於學生未來就業發展亦將更有助益。此外更重要是能活用可程式控制器於現實生活應用中，最終藉由小組團隊合作完成一具創意且富市場價值之雛型產品，更有效率引發學生學習動機與興趣，活化該課程原有之教學方式與內容，更讓學生所學的技能更貼近於業界所需，真正落實培養專業技能，達成終端教育之目標。

整學期課程下來，本人也發現透過 CDIO 教學方式的導入，不僅可讓學生更能認識 PLC 可程式控制之重要性與實用性，更能讓學生從實作中發掘自己的興趣、未來方向、創新能力與想像力，更重要發現，其透過 CDIO 的上課方式，學生學習上更為專

注，真的不同於過往課程，學生會主動發問並與本人與學長姐們熱絡討論，課程過程中學生們也會互相幫忙，課程表現相當熱絡，也因此學習成效上更有效率。同時透過團隊合作式的主題式專題創作與發表，透過創意的發揮，誘發其學習興趣，更培養團隊合作精神及軟硬體整合設計能力。除此之外，也更建立起學生的自信心，讓孩子們更勇於創作與自主解決問題。不僅學生受益良多，連本人與學長姐們都收穫滿滿，衷心感謝教育部實踐計畫的支持，圓滿成功，感恩。

## 七. 參考文獻

- [1]. E. F. Crawley, J. Malmqvist, J., S. Östlund, D. R. Brodeur, *Rethinking engineering education-The CDIO approach*, Spring US, ISBN 978-0-387-38290-6, 2007.
- [2]. S. C. Rowe, C. I. Samson, and D. E. Clough, "A framework to guide the instruction of industrial Programmable Logic Controllers in undergraduate engineering education," *Education for Chemical Engineers*, vol. 31, pp. 76-84, 2020.
- [3]. A. B. Gavali, S. A. Patil, and A. R. Koli, "Technology-based learning system in Programmable Logic Controller education," *IEEE Eighth International Conference on Technology for Education (T4E)*, Mumbai, India, DOI: 10.1109/T4E.2016.071, pp. 264-265, 2016.
- [4]. F. Sanfilippo, and K. Austreng, "Enhancing teaching methods on embedded systems with project-based learning," *IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE)*, Wollongong, NSW, Australia, DOI: 10.1109/TALE.2018.8615221, pp. 169-176, 2018.
- [5]. I. Burhan, S. Talib, and A. A. Azman, "Design and fabrication of Programmable Logic Controller Kit with multiple output module for teaching and learning purposes," *8th International Colloquium on Signal Processing and its Applications*, Melaka, Malaysia, DOI: 10.1109/CSPA.2012.6194681, pp. 14-18, 2012.
- [6]. S. Gunnarsson, "Automatic control education in a CDIO perspective," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 50-1, pp. 12161-12166, 2017.
- [7]. J. C. Monsalve, *et al.*, "Development of an automatic control system employing CDIO standards and competence-based learning," *15th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET)*, Istanbul, Turkey, DOI: 10.1109/ITHET.2016.7760755, pp. 1-7, 2016.
- [8]. J. Zhao, X. Zhou, and H. Sheng, "Innovation and practice of talent training model of mechanical and electronic engineering based on CDIO ideas," *International Conference on Advanced Mechatronic Systems (ICAMechS)*, Xiamen, China, DOI: 10.1109/ICAMechS.2017.8316515, pp. 446-449, 2017.
- [9]. Lijia, J. Wang, and S. Di School, "The C/C++ integrative teaching based on CDIO education model," *IERI Procedia*, vol. 2, pp. 299-302, 2012.
- [10]. R. Cao, and L. Sun "Design and practice of machine learning course based on CDIO and student behavior data," *15th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE)*, Delft, Netherlands, DOI: 10.1109/ICCSE49874.2020.9201853, pp. 553-556, 2020.
- [11]. Y. Wang, S. Gao, and Y. Liu, and Y. Fu, "Design and implementation of project-oriented CDIO approach of instrumental analysis experiment course at Northeast Agricultural University," *Education for Chemical Engineers*, vol. 34, pp. 47-56, 2021.
- [12]. J. Powera, D. Tannerb, A. Ryanb, and B. Devitt, "Developing CDIO practitioners: A systematic approach to standard 10," *Procedia Manufacturing*, vol. 38, pp. 680-685, 2019.

- [13]. H. S. Barrows, "Problem-based learning in medicine and beyond: A brief overview," *Winter*, no. 68, pp. 3-12, 1996.
- [14]. R. F. Mustapa, "Engineering is fun: Embedded CDIO elements in electrical and electronic engineering final year project," *IEEE 9th International Conference on Engineering Education (ICEED)*, Kanazawa, Japan, DOI: 10.1109/ICEED.2017.8251154, pp. 1-6, 2017.
- [15]. W. Zhang, "Design of capstone projects under CDIO mode," *International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI)*, Las Vegas, NV, USA, DOI: 10.1109/CSCI49370.2019.00161, pp. 849-852, 2019.
- [16]. H. Zhai, Q. Liu, Y. Hao, and H. Wang, "The application and research on CDIO-based project teaching method-Taking "education information processing" course as an example," *7th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM)*, Oxford, UK, DOI: 10.1109/ICITM.2018.8333982, pp. 394-398, 2018.
- [17]. M. H. Ismail, and N. A. M. Salleh, "Green CDIO project based learning (PBL)," *7th World Engineering Education Forum (WEEF)*, Kuala Lumpur, Malaysia, DOI: 10.1109/WEEF.2017.8467046, pp. 777-781, 2017.
- [18]. R. G. Delisle, *How to use problem-based learning in the classroom*, Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development, 1997.
- [19]. K. Y. Yang, and M. L. Changlai, "The theoretical background and teaching process of problem-based learning," *Chung Yuan Journal*, vol. 33, no. 2, pp. 215-235, 2005.
- [20]. H. L. Lee, "A case study of teacher questioning in problem-based learning: Using a course of student teaching in elementary school as an example," *Master Thesis*, 2014.
- [21]. Y. Li, W. Luo, and X. Zhao, "Flipped classroom teaching model for engineering education based on CDIO," *13th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE)*, Colombo, Sri Lanka, DOI: 10.1109/ICCSE.2018.8468707, pp. 9-12, 2018.
- [22]. I. Elamvazuthi, *et al.*, "Implementation of a new engineering approach for undergraduate control system curriculum using a robotic system," *Procedia Computer Science*, vol. 76, pp. 34-39, 2015.
- [23]. L-L. Gau, G. Tang, Y. Fu, J. Li, and W. Zhao, "Research and practice on CDIO-based application-oriented practical teaching system of computer major," *IERI Procedia*, vol. 2, pp. 24-29, 2012.
- [24]. J. M. Magalhães, *et al.*, "Implementation of a PBL/CDIO methodology at ISEP-P.PORTO Systems Engineering Course," *3rd International Conference of the Portuguese Society for Engineering Education (CISPEE)*, Aveiro, Portugal, DOI: 10.1109/CISPEE.2018.8593449, pp. 1-8, 2018.

## 八. 附件

本 110 年度教育部教學實踐研究計畫-基於 CDIO 理念之可程式控制(含實驗)課程改造與實踐完整成果影片，請參閱下述影片連結：<https://youtu.be/7P1Se-8tTsE>，再次感謝教育部教學實踐計畫的支持，感恩。