

教育部教學實踐研究計畫成果報告
Project Report for MOE Teaching Practice Research Program

計畫編號/Project Number：PEE1136295

學門專案分類/Division：工程

計畫年度：■113 年度一年期 □112 年度多年期

執行期間/Funding Period：2024.08.01 – 2025.07.31

翻轉教室暨探究式教學法和 MSP-EXP430FR2355 科學教具
於微處理機概論課程之研究
Research of the flipped-classroom-inquiry-based teaching method
and MSP-EXP430FR2355 scientific teaching aid in Introduction to
Microprocessors
(微處理機概論/ Introduction to Microprocessors)

計畫主持人(Principal Investigator)：林正凱

計畫參與人員：簡澄

協同主持人(Co-Principal Investigator)：無

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：國立臺灣海洋大學電機
工程學系

成果報告公開日期：■立即公開 □延後公開

繳交報告日期(Report Submission Date)：2025 年 9 月 3 日

**翻轉教室暨探究式教學法和 MSP-EXP430FR2355 科學教具
於微處理機概論課程之研究**

一、本文 (Content)

1. 研究動機與目的 (Research Motive and Purpose)

因應科技快速發展，為強化學生專業基礎與實作能力，自 110 學年度起，本系將「微處理機概論」列為大一必修，期望學生能及早建立嵌入式系統核心知識，培養軟硬體整合思維。過去此課程多為高年級選修，學生通常在具備基礎知識後才接觸；課程前移雖改變學習歷程，卻也影響適應與成效，故本研究擬分析學生學習狀況及其影響因素，以優化教學策略，提升專業能力與實務競爭力。

授課中已觀察到數項障礙，包括：「課程內容繁複，大一學生難以掌握」、「理解模組概念卻無法完成實作」、「僅少數學生能建立正確知識，多數理解困難」。顯示若僅依靠傳統講授，學習效能難以提升。為此，本研究將導入「翻轉教室」與「探究式教學」，鼓勵具基礎的學生進行同儕分享，並結合小組合作與開放式探究，解決實作問題。此模式除能增進學生解題與合作能力，更可提升學習興趣與動機，最終有效增進學習成效，並奠定後續專業課程基礎。。

2. 研究問題 (Research Question)

基於本研究之動機與目的，為探究「微處理機概論」課程於大一必修化後，學生學習歷程與教學成效之變化，並評估翻轉教室結合探究式教學法的實施效果，進而改善教學策略，本研究聚焦於下列研究問題：

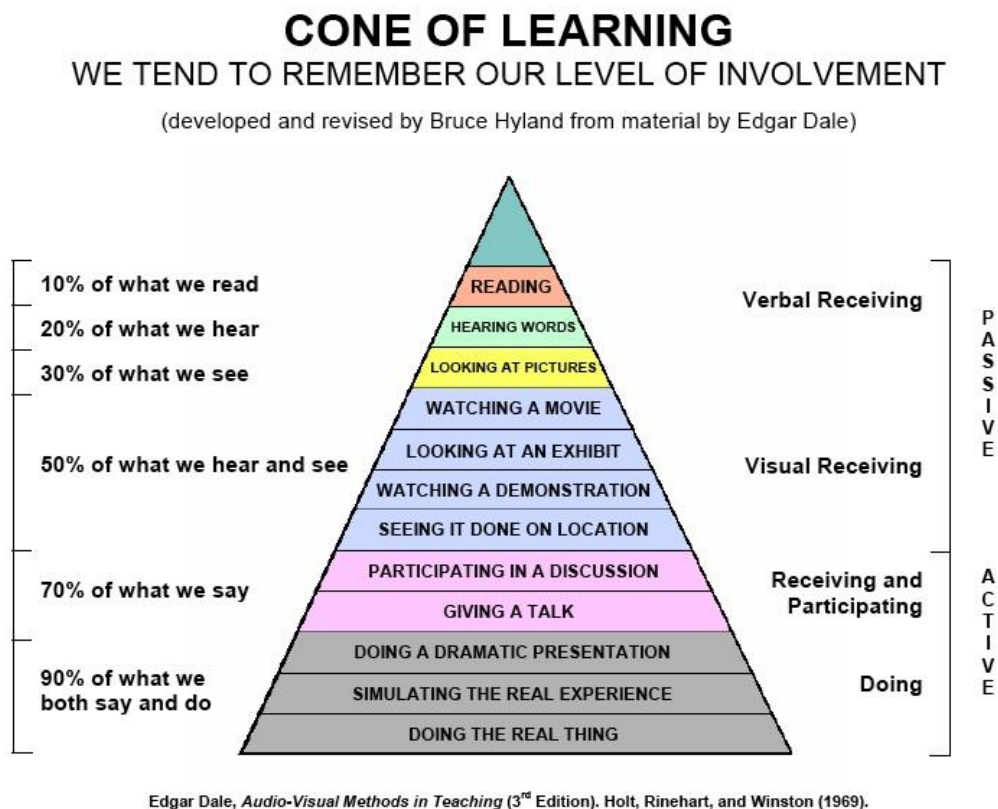
1. 課程調整為大一必修後，學生於「微處理機概論」課程中的學習適應情形及學習成效表現為何？
2. 翻轉教室結合探究式教學法之實施，是否有效提升學生的學習動機、問題解決能力與實作表現？
3. 學生之學習背景、學習策略與小組合作行為，是否對其學習成效具有顯著影響？

本研究將透過量化與質性資料之收集與分析，檢驗上述問題，期望釐清課程結構調整與教學策略導入對學生學習之影響，作為未來教學內容改善與策略修正之參考依據。

3. 文獻探討 (Literature Review)

對於翻轉教室，張輝誠提出了一種翻轉教室的實踐方式：「學思達」(2015)[1][2]，是一種將師生角色轉換，讓學生分享所學，老師主持並給予適度修正之教學方式，由五大環節進行組合(1.)學生自學、(2.)學生思考、(3.)組內討論、(4.)學生表達、(5.)教師統整，相對於傳統填鴨式教育法，能夠讓學生擁有更多的自由想像空間，讓學生對於課程有一定的思考力與創造力。

Edgar Dale 提出之 Cone of Learning(學習錐)[3][4]，表示若只透過閱讀、聽講等方式學習，其兩週後所記得之內容將只剩下原先之 10%，為此若在課程中提供機會讓學生討論、分享心得，則可保留約 70%之記憶，甚至若透過實驗，則更進一步增加至兩週後保留 90%學習內容之記憶，使用翻轉教室之方式促進學生在課堂中討論、實際實驗，將可以達到最佳化之學習成效。



圖一 Cone of Learning(學習錐) 概念圖 Holt, Rinehart, and Winston (1969)[5]

而對於探究式教學，洪文東等人於教育部教學實踐研究計畫成果報告(民國 94)[6]中指出：「探究式教學自引起學生興趣而起，之後預備探究，如解釋、設計方法、確定問題、準備材料等，再進入探究階段」，並說明「科學探究能力並非短時間所能明確觀察」，因此在探究式教學之實施採用兩個階段，第一階段主要為學前評估，將教學效果不佳、修正幅度較大之活動進行資料蒐集，評估受試者之興趣、

認知、思考知能，第二階段則將依據第一階段之學生反饋與研究者反省進行修正，並正式實施探究式教學。

表一 探究式教學各級別差異表(白佩宜，2009)

層級	探究式教學類型	問題與 可能結果	實驗器材	方式	答案
0	驗證式實驗	給予	給予	給予	給予
1	引導探究	給予	給予	給予	開放式
2-A	開放引導探究	給予	給予	開放式	開放式
2-B	開放引導探究	給予	開放式	開放式	開放式
3	開放式探究	開放式	開放式	開放式	開放式

Jerome S. Bruner 對於學生自我探究之方式分析也於 Bruner's Theory of Cognitive Development(王文科，2000)[7] 書中提到四大引導建議：

1. 直觀原則：教師鼓勵學生依據知識與經驗，以經驗猜測結果之方式啟發學生之學習與探究。
2. 引導原則：當學生遇上無法解決之問題時，會影響其動機與興趣，必須提供適度之引導。
3. 結構原則：學生在接受知識時必須循序漸進，有結構的一步步摸索新知識。
4. 回饋原則：學生於自我探究時發現並自我修正，將會比起外在獎勵更有價值。

基於上述原則，盧玉玲博士與其學生李宥霖提出以下探究式教學基礎(2021)[8]：

1. 確認學生的概念，如先備知識。
2. 提供機會讓學生能夠暨原有概念進行探索現象、表現探究結果。
3. 適時激發學生探究，並依序教師之概念、觀點進行討論與修正
4. 支持學生對於原有概念再次思考其內部問題。
5. 藉由科學探究，激發學生自己的學習模式。

本研究基於兩大教育法之結合，旨在針對研究問題進行課程之設計、研究與探討，為此，主題課程「微處理機概論/ Introduction to Microprocessors」將比較傳統教學方式與翻轉教室暨探究式教學法，且遵循以下規則：

1. 分為兩個班級，並基於學思達理論進行分組，每個班級皆分為 15 組，分組方式為自由分組，持續至學期結束。
2. 控制變因：評分標準、課程進度，操作變因：教學方式、提供自學教材，應

變因：課程興趣、自我探索占比、翻轉教學實施率、學習壓力與花費時間、學習成效，額外指標：是否感受課程相較於傳統式教學具有獨特性。

3. 知識結構多元(指令集、模組架構、外部設備連接)適合小組討論，能夠互補學生的學習速度。理論與實作緊密結合，課堂內實作、模組應用問題解決，能提升學習動機。
4. 探究式教學採取 2-A 級別，開放探究式教學。

Mayowa Olurotimi Ogunjimi 《Effect of Guided Inquiry and Explicit-Instructional Strategies on Lower Basic Students' Academic Performance in Mathematics》[9]

中，以準實驗設計，針對 44 位國小學生透過開放引導探究之方式，證明引導式探究對於學習、克服數學恐慌(Mathophobia)有顯著正向之成果，其使用共變數分析(ANCOVA)量化引導式教學之成效，以傳統教師講述教學作為控制組，其比對結果，開放引導式探究之 $F=80.85$ 且 $p<0.001$ 。

4. 教學設計與規劃 (Teaching Planning)

1.微處理機概論課程之教學目標與方向

此研究計畫針對之課程為微處理機概論並配有微處理機實驗課程進行學生之上機研習、操作，其中選用教材為 Embedded Systems Design Using the MSP430FR2355 LaunchPad™, Brock J. LaMeres, 2021[10]並提供德州儀器之操作手冊 MSP430FR4xx and MSP430FR2xx family User's Guide[11]讓學生了解 MSP-EXP430FR2355 之操作方式與內部參數，微處理機概論為本校電機系之大一必修，為 3 學分共 18 週的課程，而微處理機實驗為本校電機系之大一必修實作，為 1 學分共 18 週的課程，其中分為實驗班(A 班，採用開放式探究教學法)與對照班(B 班，採用傳統講述法)，此分配適配於微處理機概論與微處理機實驗，課程旨在(1)讓學生了解 MSP-EXP430FR2355 開發板的基本原理及其功能模塊 (2)讓學生使用 C 語言寫程式 (3)透過閱讀教科書和 MSP-EXP430FR2355 相關文件，增加英文閱讀能力 (4)讓學生熟悉集成開發環境 CCS[12]的基本操作並實際撰寫簡單程式於 MSP-EXP430FR2355 上運行 (5)提高學生對微處理機或寫程式的學習興趣 (6)增加學生的英文能力 (7)增加學生的邏輯思考能力。兩個班級採不同的教學方式，透過學習回饋問卷、實驗能力分析、期中與期末評量成績進行比較，進而了解兩種教學方式對於學生之成績、壓力、邏輯思考等能力之影響。

2.微處理機課程教學進度安排

因微處理機概論課程與微處理機實驗課程間擁有相輔的用處，因此以下將展示兩門課程間的教學進度安排表，其中微處理機概論課程將於大學課室進行講述，而微處理機實驗課程則是於校內實習場域(電腦教室)進行，以此實踐 Cone of Learning 中之學習最大記憶保留之方式「於課堂中實際討論並且進行實驗操作」。

表二 微處理機概論與微處理機實驗之教學內容週次表

週次	微處理機概論	微處理機實驗	備註說明
一	課程介紹	課程介紹	上半學期旨在了解學生是否有掌握基本概念，並依照學生吸收成果進行課程調整，方式為發放問卷與評量成績觀察。
二	嵌入式系統概論	介紹開發板	
三	和平紀念日	介紹開發平台	
四	計算機系統概念	邏輯閘之介紹與測驗	
五	介紹 MSP430 系列	邏輯閘與 MSP430 應用	
六	MSP430 基本程式撰寫	MSP430 基本程式撰寫	
七	兒童、清明連假	兒童、清明連假	
八	期中考試	期中考試	
九	基礎概念複習	基礎概念複習	下半學期旨在經過上半學期之調查、統計後調整進度與實施實驗。
十	數據、資料整合與移動	範例程式撰寫	
十一	程式編撰流程(1)	制式流程圖之介紹	
十二	程式編撰流程(2)	制式流程圖實作	
十三	輸入與輸出(1)	輸入與輸出設計(1)	
十四	輸入與輸出(2)	輸入與輸出設計(2)	
十五	端午補假	以所學達成指定問題	
十六	期末考試	期末考試	
十七	延伸、補充教學週		
十八			

由於 2-A 層級探究式教學需要學生自我探究課程內容、研究方式並完成指派作業，因此需要確定學生具有一定能力與對於微處理機的了解，才能夠有效的實施並分析，故一到八週將確定兩班學生透過各次的授課方式是否有吸收足夠的知識並能夠加以應用，而九到十八週則是修改一到八週不足的知識、授課速度的調整，並實施實驗，其中一到八週會派發兩次學習單來檢驗學生們吸收與表現的能力，並同時派發學習感受調查問卷得知同學對於此模式的適應程度，第九週時將針對學生們較不熟悉的部分進行重點複習，並於後續達成微處理機的學習評量、測驗。

1. 課程分組與其意義

兩班皆分成 15 組，並於小組內進行翻轉教室之實行，實驗組：將會指派一位同學為組長，給予組長由 Digital Logic & Programming[13]所提供的 Embedded Systems Design Using the MSP430FR2355 LaunchPad™ 教科書英文講解影片，並將其所學知識、概念、實際操作步驟等方式教導給組員，再透過教授之內容補充讓學生們可以加強自我學習的能力、正確表達能力，並透教師的統整補足完整內容，而對照組：將維持傳統講述，但各領域吸收能力較高之同學能夠轉

而擔任講師的角色，為其他同學說明觀念，達成翻轉教室之用意，同時希望翻轉教室能夠讓實驗組之同學面對開放問題時相輔相成，降低開放引導探究所需先備知識的門檻。

5. 研究設計與執行方法 (Research Methodology)

以下將說明如何實踐翻轉教室、開放引導探究式教學之過程，同時解釋使用之研究工具(如問卷、期中、期末評量)與預期結果為何。

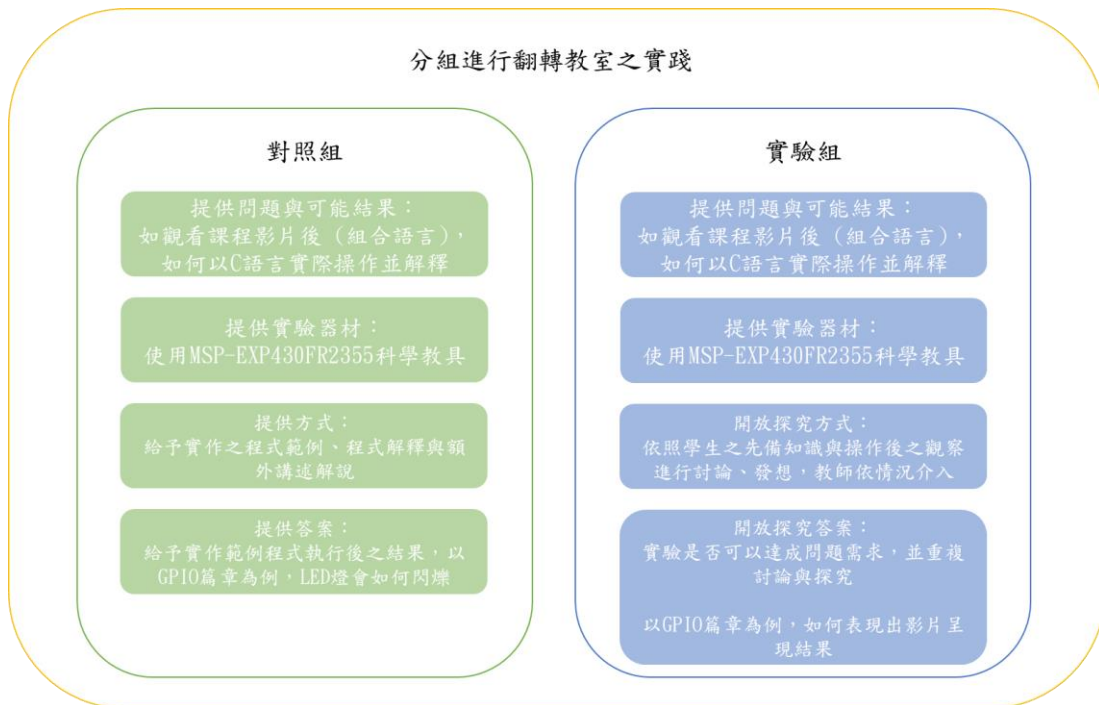
1. 翻轉教室之實踐

據 Galindo-Dominguez, H 《Flipped Classroom in the Educational System: Trend or Effective Pedagogical Model Compared to Other Methodologies?》[14]與均一平台教學基金會《教學心得分享 | 翻轉看似複雜，卻是一分耕耘一分收穫的挑戰！》[15]提出在如今 M 形社會加劇學生學習吸收速度、學習水平不同的情況，透過分組之概念實踐翻轉教室，讓學生在一個團體內，達成有如讀書會般，分工、發揮各自所長、討論，對於降低整體學生之學習成效差距系為一個極具影響力與成效的方式。

為此，本課程將實驗組與對照組以每組 2~4 人分為 15 組，學期間之作業、實驗皆以組別進行，且為了避免組別間出現部分組員偷懶之現象，提供投訴方式，給予被投訴者成績上之懲罰，讓學生可以信賴分組後所得之成績。

2. 開放引導探究式教學之實踐

本教學計劃以準研究方式，將 A、B 兩班共 107 人分為實驗組，實驗組採取開放引導式教學，B 班對照組，採取傳統教師講述(實驗組 48 人，對照組 59 人)，兩班皆分為 15 組，來實踐翻轉教室暨探究式教學法與翻轉教室暨傳統教師講述教學法之區別，其中對照組將在課程中獲得問題與結果、科學教具 MSP-EXP430FR2355，如何得到結果之方式、答案，如完整程式碼、實際操作示範，並實際執行，撰寫報告與回答問題，而實驗組僅能獲得問題與結果與科學教具，得到之答案與途徑皆為開放式，讓學生透過先備知識與實際操作時觀察到之現象進行發想、組內討論，但若在解決問題時若遇上難以克服、遲遲無法解決之狀況，教師會依據引導原則介入給予階段性提示。



圖二 翻轉教室暨探究式教學法實踐之對照組與實驗組歸納圖

3. 研究工具與預期結果設計

教學設計與規劃中提到開放式教學需要一定的知識了解，因此在研究設計上採取兩階段實施法，第一階段主要為了解學生之學習狀況並加以輔導，第二階段系為學生有一定知識之掌握後採取開放式引導探索，兩階段皆採取授課前、後測問卷，包括使用李克特量表(Likert scale)[16]進行評估與學生學習成效問卷觀察學生對於知識吸收是否正確，以利在課程中進行補充與加強，以利學生端與教師教學端之進步與改善。

在微處理機概論課程中，分為質化、量化之分析：

- a. 質化分析：以主要指標進行問題之延伸，主要指標包括課程興趣、課程獨特性、對於開放式教學之感受、對於翻轉教室之感受，學習壓力，學習花費時間等六大指標，並加入相反問題、簡答之類的增加問卷之可信度，如對於開放式教學之感受問題：「在每週課程講述後，我可以直接透過簡報內容完成報告，不需額外考察、找資料等。」、對於翻轉教室之感受「與組員、同學的互動對於學習上佔了非常大的部分。」
- b. 量化分析：於期中、期末時進行學生對學習內容之評量，了解學生對於重點章節的熟悉度，並且在期末時進行非簡答題之提問，希望學生能夠思考並應用所學內容進行創造。

14. What should we do if we just want to control P6.6 on MSP?

A. P6DIR |= P6BIT;

B. P6.6DIR == 1;

C. P6DIR |= BIT6;

D. 6.6 = DIR("on");

圖三 重點章節之問題提問：GPIO

2. Draw the flow chart for polling SW1, including start, initial, SW1=1?, toggle.

圖四 開放式非簡答題：程式流程圖之概念與設計



圖五 研究設計與執行方法流程示意圖

6. 教學暨研究成果 (Teaching and Research Outcomes)

本研究計畫申請時，所提出之研究方式為每週皆進行開放引導探究式教學，然而實際執行後發現，學生於教學反饋問卷中皆提出跟不上進度、不了解內容，有些操之過急，僅有少部分學生能夠大致了解授課內容，為此基於「洪文東等人於教育部教學實踐研究計畫成果報告」將原先計畫申請書之每週實行改為上學期之基礎教育與下半學期之正式實施研究，同時因學習錐之理論，微處理機概論課所配套之微處理機實驗課會用於輔佐學生，提供學生更多時間與機會進行實作、發想、小組討論。

(1) 教學過程與成果

本研究計畫系針對於113年修習修習完整的微處理機課程(含微處理機概論與微處理機實驗)，並簽署過研究知情同意書之學生，研究知情同意書於課程第一週時進行發放並解釋實驗內容、提問，並且於數位學習系統"Tron Class"提供學生確認與後續提問，最後統計結果共107名學生，依照選課班級進行準研究式分為A、B兩班(A班為實驗組，共48人，B班為對照組，共59人)，微處理機概論課程之研究場域為一般講課教室，位於海洋大學電機系一、二館，而微處理機實驗課程之研究場域為電機系二館118電腦教室，供每位學生都有電腦可以實際操作、發想問題。



圖六 研究場域：電腦教室

微處理機概論課中採以靜態教學，講述基礎概念，而實驗組之部分則將概論課中程式之部分加以延伸應用，並根據班別進行：

a.對照組：講解程式應用，給予大部分程式寫法、學生需思考如何修改程式與程式邏輯並達成指定目標。

b.實驗組：僅給予目標，要求學生使用所學或是可行方式嘗試探索出方式與答案，在第八週前因學生尚未具備一定之能力，因此將解釋基本原理與程式撰寫平台之運用，第九週開始學生將完全進行開放引導探究式教學。



圖七 教學過程

上圖所提及之前測、後測問卷分為兩個版本，使用 Google 表單進行，第一版為前八週之學生能力了解與回饋問卷，第二版為後續正式實行實驗後之實驗問卷與回饋問卷，第一版之回饋問卷問題較少，主要著手於學生之基本學習狀況，第二版之回饋問卷則著重於對於教學模式之感受與回饋，以下將展示八週前與八週後之問卷與相關回答狀況，其評分根據多方面指標給予分數，如合作、正確性、精準性、操作方式、學生自評：

(I).質化教學問卷：

(A).開放式課程題目(八週前)：

表三 質化教學問卷(八週前)統計

	質化教學問卷 (前測)		質化教學問卷 (後測)	
題目類別	回答組數	得分	回答組數	得分
微處理器優缺點舉例	15/15	實驗組： 95.06 分 對照組： 86.13 分	15/15	實驗組： 94.46 分 對照組： 92.42 分
程式撰寫	15/15		15/15	
參數解釋	15/15		15/15	
指令解釋	15/15		15/15	
學生自評	15/15		15/15	

(B).開放式課程題目(八週後)：

表四 質化教學問卷(八週後)統計

	質化教學問卷 (前測)		質化教學問卷 (後測)	
題目類別	回答組數	得分	回答組數	得分
MSP 與電子元件應用	15/15	實驗組： 95.25 分 對照組： 89.42 分	15/15	實驗組： 94.80 分 對照組： 92.66 分
電子元件實驗設計	15/15		15/15	
微處理器模塊解釋	15/15		15/15	
模塊實驗設計	15/15		15/15	
學生自評	15/15		15/15	

(II).教學回饋問卷：

(A).八週前之回饋問卷(重視學習狀況)

表五 八週前之回饋問卷(重視學習狀況)

題目	五分量表 A-1	五分量表 B-1	五分量表 A-2	五分量表 B-2
我會跟組員們分擔問題，再一起討論互相學習	4.57	4.35	4.42	4.06
我認為自己對課程的投入程度	4.34	4.12	4.4	4.13
這種教學方式讓我感到吃力	2.57	2.6	2.44	2.42
這種教學方法不會讓我在課後有額外的負擔	4.09	3.94	3.98	3.87
我需要自主學習、探索	4.43	4.12	4.44	4
這種教學方法有助於讓我對課程感到興趣	4.13	3.87	4.19	3.69
這種教學方法讓我感到厭惡	2.17	2.02	1.67	1.94
這種教學方法讓我感到學習壓力	2.49	2.31	2.44	2.52
我感覺學習到更多課外的事物	4.11	4.06	4.28	3.71
我跟組員有更多小組內的討論	4.47	4.23	4.44	4.12

八週前之回饋問卷結果顯示，實驗組(A 班)在課程初期即展現出更強的學習投入與小組合作行為，如 Q1「我會與組員分擔問題」：A 班明顯高於 B 班，平均高達 4.50，與 Q10「有更多小組討論」：A 班(平均 4.45)亦優於 B 班(平均 4.18)而 Q5「我需要自主學習」A 班達 4.43~4.44，B 班則為 4.0~4.12 與 Q9「學到課外知識」：A 班升至 4.28，B 班下降為 3.71，代表其對翻轉與探究式教學模式已有初步正面回應。而學生對「課後負擔」、「學習壓力」與「厭惡感」的回應皆偏低，顯示挑戰與負擔之間取得平衡。

(B).八週後之回饋問卷(重視對於教學模式之感受)

表六 八週後之回饋問卷(重視對於教學模式之感受)

題目	五分量表 A-1	五分量表 B-1	五分量表 A-2	五分量表 B-2
對於本課程所學，我感到有興趣	4.11	3.69	4.11	3.94
之前就修過相同上課方式的課程	2.98	2.98	2.96	3
我覺得被難題跟作業追趕	2.44	2.73	2.5	2.66
小組內發生互相引導、協助的情況	4.42	4.08	4.2	4.12
我認為學習下來是愉快的	4.24	3.53	4.17	3.98
我認為這門課的作業跟難題太多	2.6	2.78	2.43	2.74
對於自行摸索專有名詞意義是什麼 並進行解釋得心應手	4.12	3.35	4.33	3.62
這是我第一次遇到要自行解釋課程 的上課方式	3.61	2.92	3.48	3.08
每週學習內容都具有太高的難度	2.69	2.92	2.43	2.94
因為組內討論而學習到新知識	4.24	3.82	4.22	4.1
上課簡報的用意僅僅在於開啟問題， 實際上自我發想還是佔多數	3.87	3.07	3.93	3.46
學習這些知識是有趣的	4.18	3.63	4.2	3.9
如果今天出現了一個開放式問題， 我認為我可以迎刃而解	4.21	3.1	4.35	3.48
與組員、同學的互動對於學習上佔 了非常大的部分	4.27	3.98	4.28	3.96
總體而言，我喜歡這門課	4.18	3.71	4.2	4.06

根據課程末期之量化問卷結果顯示，實驗組(A 班)學生在面對翻轉教室與開放式探索任務時，展現出良好的適應力與高度學習成效，如 Q13「面對開放式問題能迎刃而解」從 4.21 成長到 4.35，對照 B 班 3.1 成長至 3.48，與 Q11「簡報只是引導，需自我發想」，A 班之回饋也高於 B 班。小組合作方面，A 班學生持續肯定互動對學習的幫助，並透過討論獲得新知，如 Q4「互助協助」與 Q10「討論學習新知」兩班皆有明顯之感受，而 Q14「互動佔學習很大部

分」於實驗組更達到 4.28，側面證明翻轉教學對於探究式教學之協助，整體而言，本教學法不僅未造成過高壓力，反而建立起正向的學習循環，證實翻轉與開放探索策略具有可行性與成效性。

(III).學生課後花費時間統計：

觀察學生於課後花費的時間，可以看作是學生對於本課程之額外探索程度之參考基準之一，對於探究式教學而言，學生除了課堂上吸收知識外，主要學習途徑是課後的吸收、再探索與同學討論，為此在回饋問卷中，也調查了學生的課後花費時間。

表七 八週前之額外學習時間調查(重視學習狀況)

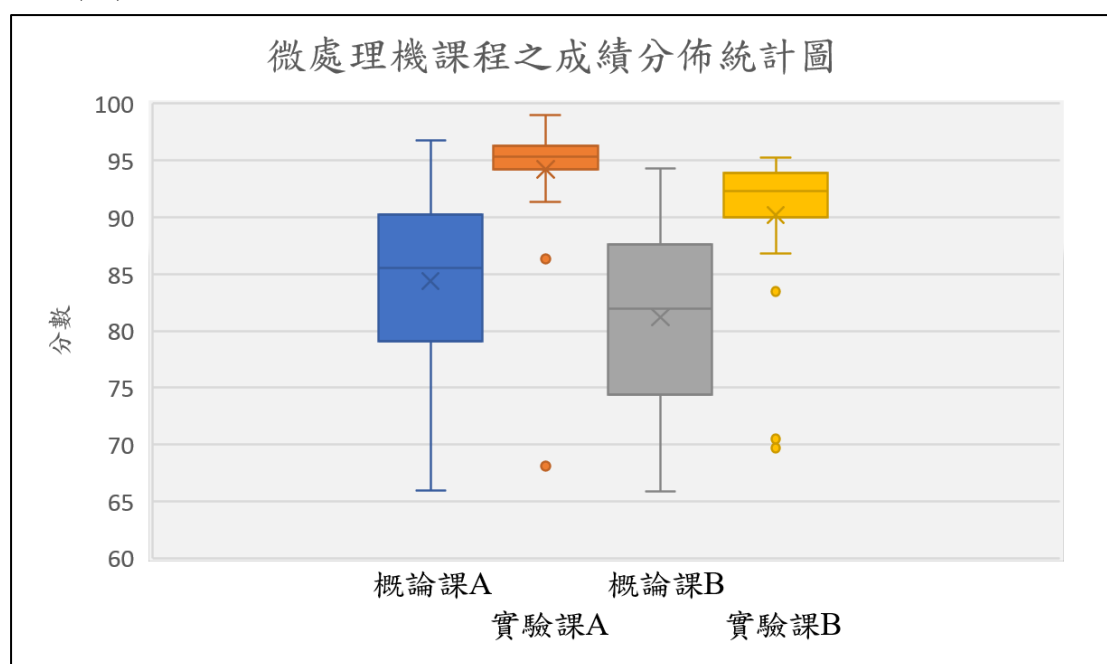
	總填 答數	0min	1~30 min	31~60 min	61~90 min	91~120 min	121min 以上	總學生數 (人)	填答比 (%)
A-1	45	13 (28.9%)	10 (22.2%)	9 (20.0%)	2 (4.4%)	4 (8.9%)	7 (15.6%)	48	94%
A-2	41	12 (29.3%)	14 (34.1%)	6 (14.6%)	0 (0.0%)	6 (14.6%)	3 (7.3%)	48	85%
B-1	42	13 (31.0%)	13 (31.0%)	10 (23.8%)	2 (4.8%)	2 (4.8%)	2 (4.8%)	59	71%
B-2	41	12 (29.3%)	18 (43.9%)	7 (17.1%)	2 (4.9%)	1 (2.4%)	1 (2.4%)	59	69%

表八 八週後之額外學習時間調查(重視對於教學模式之感受)

	總填 答數	0min	1~30 min	31~60 min	61~90 min	91~120 min	121min 以上	總學生數 (人)	填答比 (%)
A-3	41	3 (7.3%)	13 (31.7%)	11 (26.8%)	6 (14.6%)	3 (7.3%)	5 (12.2%)	48	85%
A-4	38	8 (21.1%)	10 (26.3%)	11 (28.9%)	2 (5.3%)	3 (7.9%)	4 (10.5%)	48	79%
B-3	43	7 (16.3%)	11 (25.6%)	19 (44.2%)	1 (2.3%)	4 (9.3%)	1 (2.3%)	59	73%
B-4	39	6 (15.4%)	11 (28.2%)	14 (35.9%)	1 (2.6%)	4 (10.3%)	3 (7.7%)	59	66%

透過上面針對實驗組(A 班)與對照組(B 班)的四次額外學習時間調查統計表格可以看出，不論何時，實驗組所花費一小時以上去額外探索之比例都高於對照組，可知探究式教學對於學生而言，所需的作業量更為龐大，而在正式實施實驗後(八週後)，平均花費時間更是上升，更可證明探究式教學對於學生而言需要大量時間去探索、討論...等探索、發現。

(IV). 量化分析結果



	概論 A	實驗 A	概論 B	實驗 B
平均值	84.38	94.21	81.19	90.21
Q1	79.06	94.25	74.41	90.02
Q3	90.28	96.29	87.64	93.91
中位數	85.53	95.33	81.96	92.28

由分析可知，相對於傳統講述教學法，經探究式教學法教授出來的學生，各項量化之成績皆高 3~4 分左右，其可能反應學生在自我探索與多方閱讀上投入較多心力，造成更高的創造力與思考能力，進而導致這個結果。

(2) 教師教學反思

本研究以翻轉教室結合開放式探索學習任務進行「微處理機」課程教學設計，透過分段式實施方式，先建立學生基本知識，再於課程後段實施探索導向任務。從課堂觀察與問卷資料分析結果可知，該教學法具備實施可行性，能促進學生自主學習與小組合作，特別是在任務導向操作與實驗課程整合的安排下，學生實作參與度高，並能透過問題導向逐步建立解決能力。

然而初期學生在面對開放式問題時仍出現理解落差與時間分配困難，未來教學設計可進一步提供明確任務階段指引與適時回應機制，幫助學生掌握學習節奏，在針對先備能力較弱學生，亦可考慮增設課前補充教材或即時引導資源，以減少焦慮與學習挫折感。

(3) 學生學習回饋

從四次教學回饋問卷中可發現，學生對於翻轉教室結合探究式教學的學習方式，普遍持正面態度，認為此教學方式能提升課程興趣與理解深度，多數學生表示，透過小組合作可有效促進問題討論與知識吸收，並且在逐步習慣開放

式任務設計後，能更有信心處理無標準答案的問題情境。學生也反映此課程方式鼓勵其主動學習、搜尋資料與釐清概念，尤其在面對實驗課的實務任務時能發揮創意與責任分工。根據問卷中「我可以迎刃而解開放式問題」、「因為組內討論而學習到新知識」、「學習這些知識是有趣的」等項目得分皆高達 4.2 以上，顯示課程設計能有效激發學生學習動機與自我評估能力。未來可進一步根據學生不同學習風格與背景需求進行差異化調整，並設計更多階段性任務與範例任務，協助學生逐步建立問題解決的策略與信心。

7. 建議與省思 (Recommendations and Reflections)

感謝教育部提供本次教學實踐研究計畫之機會與經費與本校教學中心之協助，才能夠使本計畫順利完成而無後顧之憂，本計畫之實踐成果與計畫主持人之申請書提出之方向有非常大的設計出入，特別是學生們提出這種教學方式過於吃力時，需思考該如何更改教學方式或調整教學步調，也感謝受研究者對於教學回饋問卷之填寫，讓計畫主持人可以馬上依照學生學習情況改善問題，翻轉教室暨探究式教學法對學生而言可以增加一定的教學成效，且增進學生自我學習的意願，然若後續要進行翻轉教室暨探究式教學法之執行，需要顧及學生對於知識上之掌握，建議採取分段式或是多學期教學來執行此教學方法，讓學生能夠學習、思考是教育者的義務，感謝教學實踐計畫讓教師有機會去實驗不同教學方式對於學生學習之感受與成效，對於未來學習之創新是不可或缺之寶貴經驗。

8. 報告中是否使用 AI 工具:

是的，本結案報告有使用 AI 工具，例如，ChatGPT，以進行文字的編修，使用目的是為了讓文章讀起來更加通順。

二、參考文獻 (References)

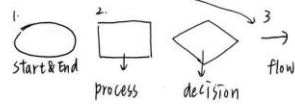
- [1]推廣學思達教學法的十年第略，張輝誠，2015，Secondary Education 6-15 頁
- [2]學斯達教育基金會
- [3] Dale, E. (1969). Audiovisual methods in teaching (3rd ed.). New York: Dryden Press.
- [4] Masters, Ken (2020). "Edgar Dale's Pyramid of Learning in medical education: Further expansion of the myth". Medical Education. 54 (1): 22–32
- [5] Lamia Brissel (2013). Contribution to setting up a sustainable learning in an Eco-Neighbourhood development plan based on “serious game”. IEEE.
- [6]以探究式教學活動設計提升學生科學研究能力，洪文東，國立屏東教育大學自然科學教育學系，2005
- [7]Bruner's Theory of Cognitive Development (王文科，2000)
- [8]A Study on the Influence of Progressive Open Inquiry Teaching on the Problem Solving Ability of Eighth-Grade Students (Li,Yung-Lin,2021)
- [9]Mayowa Olurotimi Ogunjimi (2023). Effect of Guided Inquiry and Explicit-Instructional Strategies on Lower Basic Students' Academic Performance in Mathematics. IJOTIS
- [10]Brock J. LaMeres (2021). Embedded Systems Design Using the MSP430FR2355 LaunchPad™
- [11]Texas Instruments October 2014–Revised March 2019. MSP430FR4xx and MSP430FR2xx family User's Guide.
- [12]Code Composer Studio™ integrated development environment (IDE).
- [13]Digital Logic & Programming.
https://www.youtube.com/c/DigitalLogicProgramming_LaMeres.
- [14] Héctor Galindo-Domínguez (2021). Flipped Classroom in the Educational System: Trend or Effective Pedagogical Model Compared to Other Methodologies?. ETS.
- [15]均一 (2018). 翻轉看似複雜，卻是一分耕耘一分收穫的挑戰！
- [16]Likert, Rensis, A Technique for the Measurement of Attitudes, Archives of Psychology, 1932, 140: pp. 1–55

三、附件 (Appendix)

附件一：微處理機概論開放式非簡答題之回答狀況

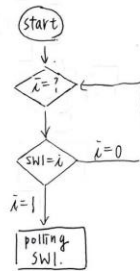
1. Draw the Main Elements of a Flow Chart below

1. Start&End 2. Process 3. Flow 4. Decision



4

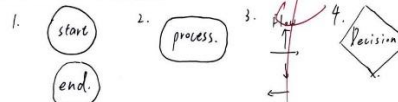
2. Draw the flow chart for polling SW1, including start, initial, SW1=1?, toggle.



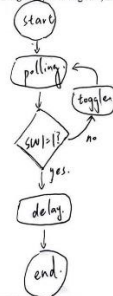
5

1. Draw the Main Elements of a Flow Chart below

1. Start&End 2. Process 3. Flow 4. Decision



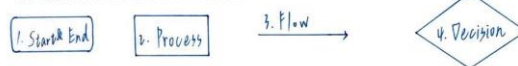
2. Draw the flow chart for polling SW1, including start, initial, SW1=1?, toggle.



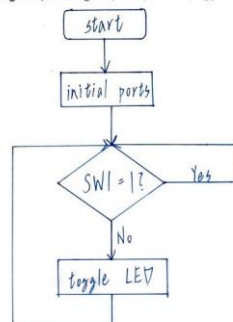
6

1. Draw the Main Elements of a Flow Chart below

1. Start&End 2. Process 3. Flow 4. Decision



2. Draw the flow chart for polling SW1, including start, initial, SW1=1?, toggle.



13

附件二：學生製作之學習單

其之一：Unit7-黃同學

Microprocessor Learning
微處理器學習單 Worksheet

Summary 大意

The I/O ports on the MSP430 are grouped into eight-bit ports, labeled P1, P2, etc. Each port has up to eight individual pins, and each pin can be configured independently as input or output.

Microprocessor-Related Terms

1. configure	配置	5. label	標籤
2. input/output	輸入/輸出	6. concise	簡潔
3. individually	個別地	7. upgrade	升級
4. flexible	靈活	8. assembler	組譯器
9. inherent mode	固有模式		

Reflection 心得

Through this section, I gained a clearer understand of how the I/O ports of the MSP430 work. Each port has independent pins that can be individually set as input or output, giving me more flexibility when designing circuits or writing code. The function of the PDIR register also

Problem 問題

1. In the MSP430, which register is used to configure the input or output direction of each I/O pin?
2. Why is it important to configure each pin individually as input or output in application design?

Unit 7

* Computer is a collection of hardware & software working together to accomplish a task

⇒ hardware are constructed to execute a specific instructions

* main hardware component of computer are ^① central processing unit (CPU), ^② program memory, ^③ data memory, ^④ input/output ports

* CPU = ^① fast storage registers ^② arithmetic logic unit (ALU) for data manipulation

^③ control state machine → directs all activity to execute an instruction

* Control unit performs fetch-decode-execute
取指 解码

* 記憶體映射系統是 ^① 程式記憶體、^② 資料記憶體、^③ I/O 端口都被分配唯一地址的系統。
(memory mapped system) 一地址系統。

⇒ CPU 可簡單地處理資料和地址，允許程式處理資料被送往的位置。

⇒ memory map 是一個圖形表示，顯示各組件被映射的地址範圍。

* 3 of Instructions: ^① data movement ^② data manipulation ^③ 程序流程
program flow

* An instruction consists of an 操作碼
op-code & a 操作數
potential operand.

⇒ op code is unique binary code tells control state machine which instruction being executed
控制狀態機

⇒ An operand is additional information may be needed for the instruction.

* 資料移動指令
Data movement instructions copy information between ^① memory & CPU registers ^② between CPU registers
^③ between memory locations

* 資料處理指令
Data manipulation instructions perform ALU operation on information being held in CPU registers.

7.5.8

7.5.8

What is the value in position 7 of R4 after the following instructions have been **executed** (you can assume $C = 0$ prior to this code)?

```
mov.b #10000001b, R4
rlc.b R4
```

執行

asm

```
mov.b #10000001b, R4
rlc.b R4
```

執行

Answer: After the rotate - left - through - carry (rlc.b)

operation with initial $C = 0$, the value becomes

00000011b So, bit 7 of R4 is 0

7.4.8

7.4.8

Is the Z-flag **asserted** after the following instructions are executed?

```
mov.w #99h, R4
cmp.w #99, R4
```

插入

asm.

```
mov.w #99h, R4
```

```
cmp.w #99h, R4
```

Z標誌

Answer: Yes. The Z-flag is set because $R4 - 99h = 0$

代表
indicating equality,

044電機1A

耳火

Summary

This chapter explains CPU structure, including the ALU, control unit, and registers. It covers the instruction cycle (fetch-decode-execute), data addressing modes, interrupt handling, and performance metrics like CPI and clock speed.

Reflection

This chapter helped me understand how CPUs execute instructions step by step. I was especially interested in how interrupts work and how the CPU prioritizes tasks. The concept of addressing modes clarified how data is accessed efficiently. Overall, I gained a clearer view of the CPU's internal operations and performance factors.

Questions

- 1 What is the purpose of MSP430's ALU status flags?
- 2 How does the MSP430 perform subtraction internally? I love you!

Problem's answer

- Q10.1.4: Labels simplify address cracking, enable jumps without manual memory calculation.
- Q10.2.4: jnc
- Q10.3.4: It compares a variable to values and executes the matching code block.
- Q10.4.4: Switch / Case

Answers

- Q1: To indicate results of operations, like overflow or zero.
- Q2: It uses two's complement and addition instead

Vocabulary

1. Flow chart 流程圖
2. Conditional jump 條件跳轉
3. Addressing mode 定址方式
4. Hexadecimal 十六進制
5. Carry flag 進位標記
6. Subroutine 子程序
7. Offset 偏移量
8. Boolean 布林
9. Literal 常數

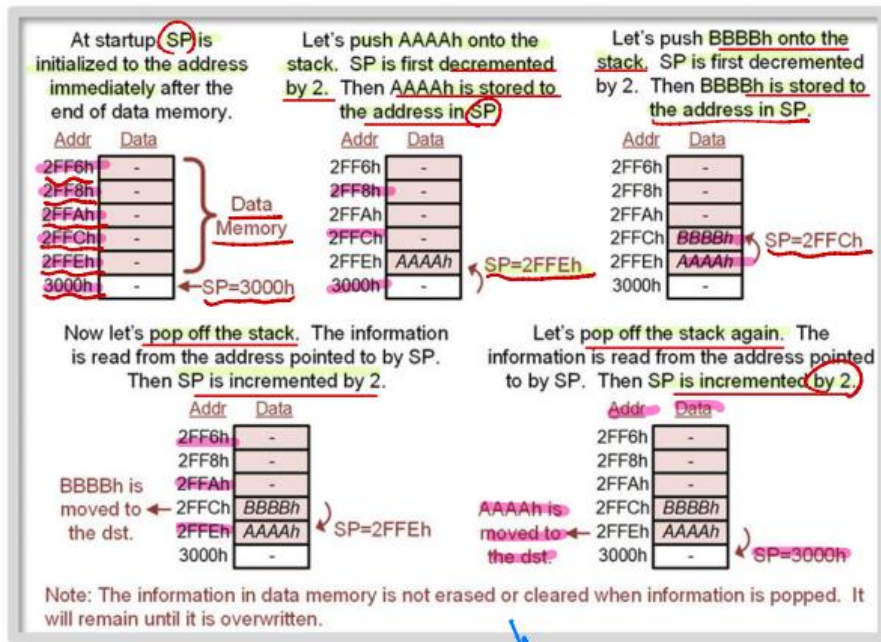


Fig. 10.2
Stack implementation in the MSP430 memory system

缺点：- 要知道地址是多少

`test dst; dst - 0`

$\left\{ \begin{array}{l} \text{dst} > 0 \rightarrow Z=0, N=0 \\ \text{dst} = 0 \rightarrow Z=1, N=0 \\ \text{dst} < 0 \rightarrow Z=0, N=1 \end{array} \right.$

* 练习

由组成 instruction statement (指令语句)

组合语言原始档案

directive statement (组译指令语句)

(Assembly source files)

comment (注释)

作業：

10.1.5 What does LIFO stand for?

LIFO (後進先出)

Last-In, First-Out 的縮寫

stack 的一種操作特性 = 最後放入最先被取出

10.2.5 What does the call instruction do?

1. 計算返回位址

(即主程式中呼叫 call 之後的下一條指令的位址)

2. 將返回位址 push 到堆疊上，然後跳轉至副程式的起始位址執行副程式

跳到副程式執行任務，同時記住回來的位置，以便日後用 ret 返回原位繼續執行主程式

學習心得 =

在第十章中，深入學習了微處理器中 MSP430 微控制器，不只是從語法上了解 push 與 pop 指令的使用，更重要的是從概念上掌握了「堆疊」在微處理器中的重要角色

About Stack =

首先，**堆疊 (Stack)** 這個資料結構雖然我在其他程式語言中早有接觸，但透過這章的學習，我了解了 MSP430 是如何將堆疊實作在實體記憶體之中的。特別是堆疊使用「**後進先出 (LIFO)**」的邏輯、如何由高位址向低位址成長，以及如何避免與一般變數記憶體衝突的設計，這些細節幫助我建立了更完整的系統層次觀念。透過 SP (Stack Pointer) 的 **pre-decrement / post-increment** 機制，我也更清楚硬體層級如何管理 **push 與 pop** 的實作。

About Subroutine

其次，在副程式 (Subroutine) 部分，我認識到模組化程式設計的重要性。透過使用 **call** 與 **ret** 指令，我學會了如何將重複的程式邏輯抽離出來，提高程式的可讀性與維護性。尤其是副程式的 **返回位址是動態的**，因此需要依賴堆疊來保存，這樣的結合使我體會到堆疊不僅僅是用來儲存變數或暫存資料，更是程式流程控制不可或缺的一部分。

此外，這個單元也提到副程式之間可透過暫存器、堆疊或資料記憶體來傳遞參數，這讓我對於不同資料傳遞方式的優缺點有了初步的認識，也為之後的進階學習打下了基礎。

透過這章的學習，讓我學會如何透過硬體資源 (像是堆疊) 設計出結構化、模組化且高效率的程式架構，在日後無論是進行組合語言開發還是嵌入式系統設計時，是重要的能力