

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：PMS1090154

學門專案分類：數理學門

執行期間：2020/8/1 – 2021/7/31

計畫名稱：電子學專題提升計畫  
配合課程名稱：電子學實驗

計畫主持人：蔣幼齡

共同主持人(Co-Principal Investigator)：

執行機構及系所：中國文化大學光電物理系

成果報告公開日期：

立即公開 延後公開(統一於 2022 年 9 月 30 日公開)

繳交報告日期：2021/09/10

## 電子學專題提升計畫

### 一. 研究動機與目的

少子女化現象導致大學入學門檻大降，學生基礎理論程度下降，而大學端也因名額太多面臨招生的困境。就學後，傳統課堂由教師主導的授課方式無法引起學生的興趣，學生學習意願低落，加上網路和手機的方便性，不但造成教師設計的作業或報告因學生很便利的抄襲而無實質功能，甚至嚴重影響課堂的學習效果。

多年來於本校實驗課程教學現場面臨的問題有：

- ◇ 學分太少，時間不足：實驗為一學分課程，雖然我們強調實驗課程有其重要性，但是僅占一學分的課程確實很容易導致學生的不重視。再則，實驗課程的時間每周3小時也著實不足，學生進入實驗室簽到，老師檢視預習情況，學生進行實驗儀器與零件檢查、架設完成已花費不少時間，剩下的時間只能實施較小議題的完整實驗。
- ◇ 程度不一，拖累進度：同學們的實驗能力不同，編排教材單元時往往以大部分學生能在課堂時間完成為主，導致能力好的同學實驗課無法有更多的收穫。
- ◇ 受限儀器零件，被動式學習：課程以教師事先編輯的教材為主軸，教師以實驗室現有零件和儀器依個人認定之難易度和重要性編撰系列教材，學生鮮少主動提出想法或更深入的學習。
- ◇ 以驗證理論為主，應用不足：由於時間、空間和設備因素，實驗多以驗證已知的理論為主，一學期課程驗證了很多理論，卻無法針對理論再作應用，很快就會忘記各理論的價值與重要性。

除上述問題外，在電子學實驗教學現場有幾個重要的現象，例如學生無法準時到課、程度降低、手機依賴度高等，此外，一些轉變也值得思考與融入教學改變計畫，例如新的教學方法和平台的出現、未來趨勢的觀察與應用等(圖一)。我們期望教學實踐計畫能一一化解困境和利用轉機。

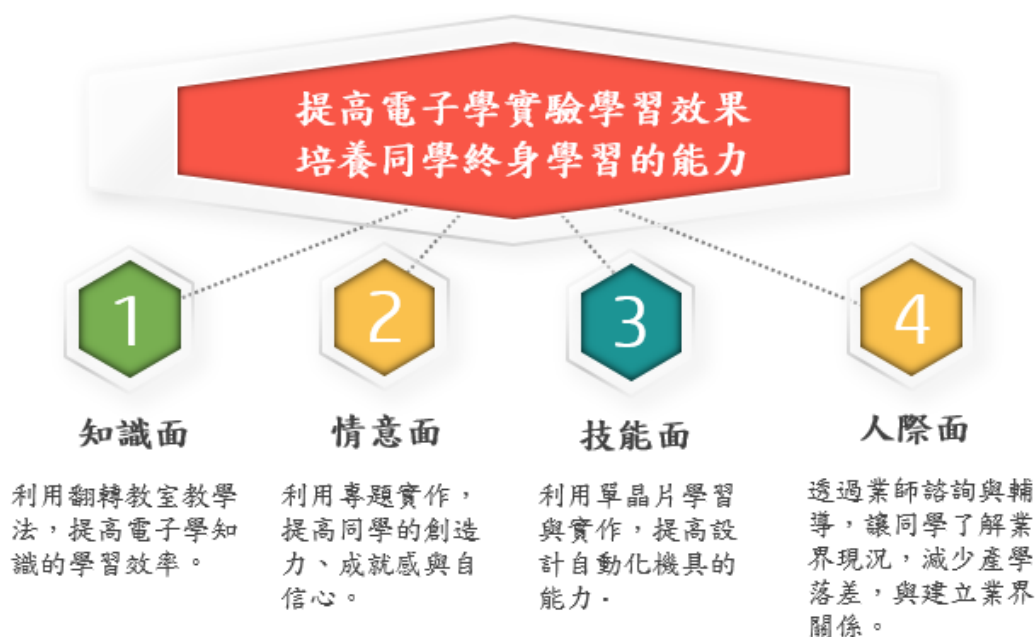


圖一、課程設計的重要因素

以學生自主學習導向之翻轉教室教學法的創新為改善學生學習意願低落帶來了契機。此外，教育界與產業界之間的學用落差一直是高等教育重視的環節，尤其在理工科系如何改善此落差更是課程設計的重要因素。

為了改變學習內容，改善學習氛圍，我們選定學生原來就比較能落實學習的實作課

程-電子學實驗，結合單晶片控制讓學生練習程式撰寫與實現機械自動化等未來趨勢，實施新的課程設計期望學生能在知識、情意、技能和人際面的能力皆有提升，並能自主學習。



圖二、計畫目標

## 二. 文獻探討(Literature Review)

翻轉教室(Flipped classroom)(黃政傑,“翻轉教室的理念，問題與展望”,2014)[1]主要的觀念是先由學生在家中看老師或其他人準備的課程內容，課堂上學生和老師一起完成作業，並且進行問題及討論。可以解決學生缺課問題並進行補救教學，由於學生及老師的角色對調，而在家學習，在學校完成作業的方式也和傳統教學不同，因此稱之。到目前有非常多翻轉教室的實施成效，學生可以反覆觀看老師提供的資料，沒有壓力的學習，不理解的問題在課堂上可以與同學和老師討論(Strauss, Valerie, “The flip: Turning a classroom upside down”, 2012)[2]。因為網路的發達，學校教育已經發生變革，高等教育的重點將從「教」轉為「學」。課堂成為解決問題、推進概念和參與協作學習的場所，對於糾正誤解和幫助學生思考與概念的發展理解是非常寶貴的(Diane B. Marks, “Flipping The Classroom: Turning An Instructional Methods Course Upside Down”, 2015)[3]。

由於少子女化現象，各大學面對續存的挑戰；各種知識量快速成長，傳統的課程安排和教材確實需要改變，於是我們要設計多元的課程幫助學生快速學習，完全利用課堂時間是不夠的。課程引入翻轉教室的理念，觀摩實施成效(臺灣教育評論月刊)[4]，及台大翻轉教室成功案例[5]。善用網路資源，線上會議系統(例如 MS Teams[6])與即時回饋系統(例如 Zuvio[7])的使用。

十數年來從本系開設的專題研究課程中，我們看到很多學生跳躍式的進步與其完成專題時的成就感。我們相信可以自由地、自主地去設定自己的學習方式時，學生對學習的承諾、投入及動力將達到最高點。(P. C. Blumenfeld et al, “Motivating project-based learning: Sustaining the Doing, Supporting the learning”, 1991)[8]討論了專題式學習(Project-Based Learning)具有幫助人們學習的潛力，指出專題設計中影響動機和思想的因素；檢查學生和教師在專題中可能遇到的困難；並描述教師如何在學生開始製作專題時為他們提供支持，從而保持動力和思想。(G. Solomon, “Project-Based Learning: A Primer.”, 2003)[9]提到，當學生面臨解決現實生活問題的挑戰時，整個世界變成了教室，讓學生在傳統教室裡以前所未有的方式賦予他們對自己教育的責任。學生學習者決定如何解決

問題以及進行哪些活動，他們從各種來源收集訊息，並從中綜合、分析和獲取知識。他們的學習本質上是有價值的，因為它與真實的事物有關，並涉及協作和反思等成人技能。(Toni Feder, “College-level project-based learning gains popularity”, 2017)[10]提到實施專題式學習後許多非常有意義的案例，例如：學生意識到在學習物理時，他們可以做一些有意義的事情；對非專業人士有用的東西對專業也同樣適用；他們比同儕更擅長解決開放式問題；更易謀職；協助解決環境議題等等。當然，因為有意義的專題的通常是開放性的議題，跨領域的學習變得很重要，教師的專業或跨領域素養也是幫助學生成功製作專題物件重要的因素，我們在實作的電子學課程加入專題製作，也邀請電子公司研發經理擔任業師協助，使學生的學習更具應用功能與成效。

微處理器(系統單晶片)是一個將電腦或其他電子系統整合到單一晶片的積體電路。它可以處理數位訊號、類比訊號、混合訊號甚至更高頻率的訊號，常常應用在嵌入式系統中。8051 是一種 8 位元的單晶片微控制器，由英特爾公司於 1981 年製造，屬於 MCS-51 單晶片的一種。到現在，有更多的 IC 設計商，如 Atmel、飛利浦、華邦等公司，相繼開發了功能更多、更強大的兼容產品。其為同步式的順序邏輯系統，整個系統的工作完全是依賴系統內部的時脈信號，用以產生各種動作周期及同步信號。目前使用 CMOS 技術製作核心，很節省能源，適合於電池供電設備，可以製作小型的嵌入式自動控制產品，坊間有許多實務設計的網站和參考教材可供參考[11-13]。

Arduino 是一家製作開源電腦硬體和軟體的公司，負責設計和製造單板微控制器和微控制器套件，用於構建數位裝置和互動式物件，以便在物理和數位世界中感知和控制物件。其允許任何人製造開發板和軟體分發。其開發板可以以預裝的形式商業銷售，也可以作為自製套件購買。Arduino 電路板設計使用各種微處理器和控制器。微控制器通常使用 C/C++ 程式語言。除了使用傳統的編譯工具鏈之外，其專案還提供了一個基於 Processing 語言專案的整合開發環境 (IDE)，目前常被用於對初學者或愛好者提供一種低成本且簡單的方法，以建立使用傳感器與環境相互作用的裝置，常見範例包括簡單機器人、恆溫器和運動檢測器[14-15]。

8051 是一種單晶片微控制器，Arduino 是被包裝好的開發板，簡單比喻，像是電腦的 CPU 和主機板的不同。Arduino 目前已開發到其周邊感測器不但模組化且零件的腳位都配置好了，要執行周邊的程式也都寫好了，所以非常容易上手，只是如此有失微電子學的核心訓練，要進階控制單晶片時，恐不知如何下手。我們將結合兩者的優點，可以使學生快速看到自動控制產品的效能，增加信心，並藉由檢測 Arduino 周邊的感測模組得知感測原理，再利用 8051 訓練學生撰寫程式與控制晶片的能力。

3D 列印技術的成熟，幫助我們只需使用簡單的網頁軟體[16]即可客製化特殊的 3D 物體，即使一時無法繪出理想的物件圖，網路上還有非常多的樣本圖例可供參考與利用[17-18]。專題的作品若能藉由 3D 列印製作周邊機構，學生不但能體驗和檢視對力學結構的理解和重要性，設法使作品外型或功能更完備，也能因此多學習一項技能。

### 三. 研究問題(Research Question)

我們更新電子學實驗課程內容，期望學生提升各層面能力和終身自主學習(見圖二)，並利用課程規畫研究以下幾個問題：

1. 在原課程的基礎元件實驗中實施前後測驗，是否能幫助學生有更好的學習成效？  
每單元實驗前提供預習資料並實施前測，學生可以由預習資料先理解電子學零件的特性，實施前測幫助學生檢視自己的預習成效及實驗的重點。實驗中可以針對前測不清楚或誤解的內容詳加驗證，實施後測幫助學生加深原理及元件特性的印象。
2. 實驗課程中加入單晶片學習，是否能增加學生對電子學學習的興趣和應用能力？

在課程加入微控制器 8051 及 Arduino 模組實作單元，設計讓學生學習(1)電路規劃(2)電路測試(3)焊接技巧(4)編寫控制單晶片的程式語言 (5)軟硬體除錯等訓練，希望學生能在學校學到就業的基礎能力，計畫中加入公開演示及問卷檢視成效。

3. 學習 3D 列印是否能提升學生的設計能力？  
加入 3D 列印技術學習，藉由快速實現製作各種機構，經由機構修正幫助學生體驗和檢視對力學結構的理解和重要性，計畫中加入作品解說及問卷檢視成效。
4. 製作專題是否能提升學生解決問題的能力？  
只在課堂上學習，不管在時間或學生能力上都有困難，利用週末邀請業師到校，增加學生的專業能力，指導學生完成創意作品，提高學生學習意願，請其利用課堂外的時間完成作品。本系的電子學專用實驗室更是每天開放，供學生測試作品和與同學間交流，盡可能提供最大的幫助。

#### 四. 研究設計與方法(Research Methodology)



圖三、課程規劃

配合課程的翻轉教室、業師諮詢、設備輔助和專題製作四個基礎架構(見圖三)，以及對學生在知識面、情意面、技能面和人際面等四項培育目標，將課程分成四個階段：

1. 電路基礎與電子學元件  
此階段與傳統電子學實驗內容相似，但實施時間大約過去實驗課的三分之一，為了培養學生自主學習的習慣，利用翻轉教室的精神，讓學生先預習實驗內容並實施實驗前後測驗，主要協助學生認識電子元件特性，增加學習效率。課堂時間中儘量讓學生操作各項儀器，尤其是函數產生器及示波器，希望學生們都能熟悉儀器的各種功能和用途。
2. 感測器、周邊與開發環境  
此階段開始介紹嵌入式系統需要的各種感測器(例如溫度、濕度、光線、顏色、聲音、磁場等)，週邊設施(例如按鍵、鍵盤、開關、繼電器等)，顯示裝置(LED、七段顯示器、LCD等)。講解兩種開發環境，Arduino IDE 及 8051 的  $\mu$ Vision IDE，教導學生如何編寫、燒錄程式及除錯。此時，開始講解上一期學長姐製作的個人專題作品的功能和架構，學生可以選擇優化前一期作品，或者提出新的專題構想，由教師與業界教師審查並討論零件需求及控制程式的核心知識，解答學生的問題，幫助

其瞭解專題的細節。

### 3. 輔助設備-3D 列印機

介紹 3D 列印機，實施教育訓練(見附錄一、3D 列印教育訓練)，講解建模流程和列印流程，並實施示範教學。

### 4. 專題製作

課堂上同學學習焊接技術並製作霹靂燈，霹靂燈是利用8051單晶片同步式順序邏輯系統內部的頻率信號，產生各種動作週期及同步信號控制一組LED燈明滅，同學有最大的自由度選擇LED燈的顏色和位置配置，撰寫C語言程式控制亮燈方式。指導同學安裝Arduino IDE，讓同學攜回Arduino開發板及其專題所選擇的感測器和周邊，請其利用課堂外的時間完成作品。

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

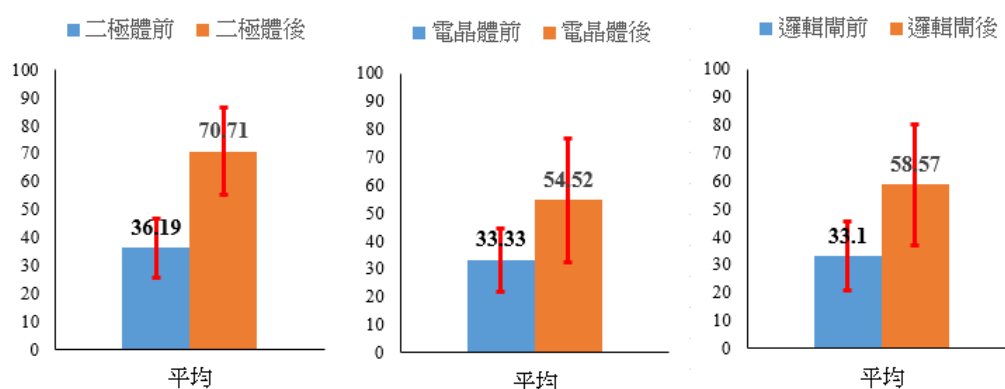
### 1. 教學過程與成果

教學過程與成果分三部分描述

#### (i) 學習狀況數據分析

修課的21位學生在基本元件基礎實驗時，參加了三次實驗前後測驗(考題參考108教學實踐研究計畫-「PMS1080047專題化的電子學實驗」成果報告之附件一至附件三)。

		二極體(前)		二極體(後)		電晶體(前)		電晶體(後)		邏輯閘(前)		邏輯閘(後)	
平均		36.19		70.71		33.33		54.52		33.10		58.57	
最低	最高	20	60	35	100	15	65	25	95	10	50	25	100
標準差		10.48		15.68		11.33		22.30		12.30		21.69	



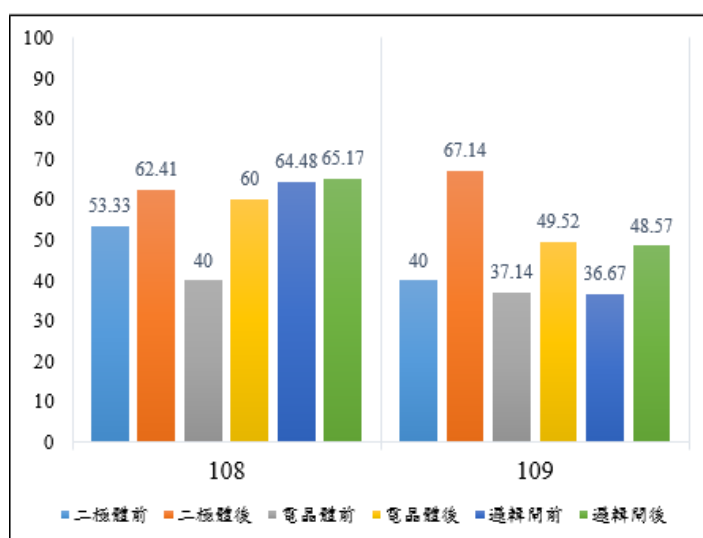
圖四、實驗單元前、後測驗成績

單元實驗測驗根據實驗內容及參考國家考試題目命題，實驗前測驗希望了解學生對實驗單元或元件的基本認知及自主學習的成效。實驗後測驗則是檢測學生在完成實驗後是否能夠清楚元件特性並應用。考題共20題，設計上有一半的考題可以檢測學生是否確實預習單元實驗內容，根據前測成績可以看出學生預習成效並不理想，後測成績平均有進步，但是從高低分的落差和很高的標準差可以看出有不少的學生沒有認真學習。

根據課堂觀察和與其他課程的授課教師非正式訪談，都感受到今年的二年

級學生對課業學習的關心度不好，於是將今年與去年二年級學生的學習成效做一比較。由於108學年學生的前(10題)、後(10題)測驗考題不同，而109學年的學生是將過去考題合併(20題)實施前後兩次測驗。比較時我們將109學年學生的前測驗之1~10題計分與108學生前測驗成績比對；後測驗之11~20題計分與108學生之後測驗成績比對，其中不準確的部分在於109學年的學生在前測驗執行實已經看過後測驗的題目，理論上成績應較108學年的學生有優勢。

	二極體(前)	二極體(後)	電晶體(前)	電晶體(後)	邏輯閘(前)	邏輯閘(後)
108 平均	53.33	62.41	40.00	60.00	64.48	65.17
標準差	17.09	25.73	13.36	17.21	17.64	16.17
109 平均	40.00	67.14	37.14	49.52	36.67	48.57
標準差	15.81	24.32	18.75	25.78	16.53	28.33

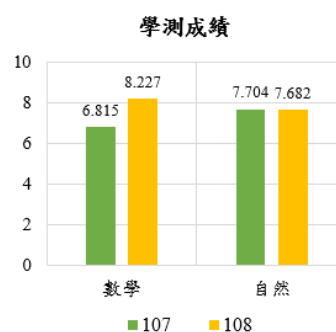


圖五、108 學年與 109 學年二年級學生實驗單元前、後測驗成績比較

分析成績發現今年大部分的學生沒有確實預習老師提供的實驗單元參考資料。除了第一次二極體的後測成績稍優於108學年的學生，之後的學習卻後繼無力，成績越來越差。從檢查學生的試卷及參考標準差數據，亦可以看出有一些學生是隨意作答，沒有仔細思考題目的內容。總總跡象顯示大部分學生主動性不夠，還有不少的學生呈現放棄學習的狀態，表示他們需要更多關注和協助。

以下以學生入學時的學科能力測驗成績，比較本期和前一期學生的入學背景：

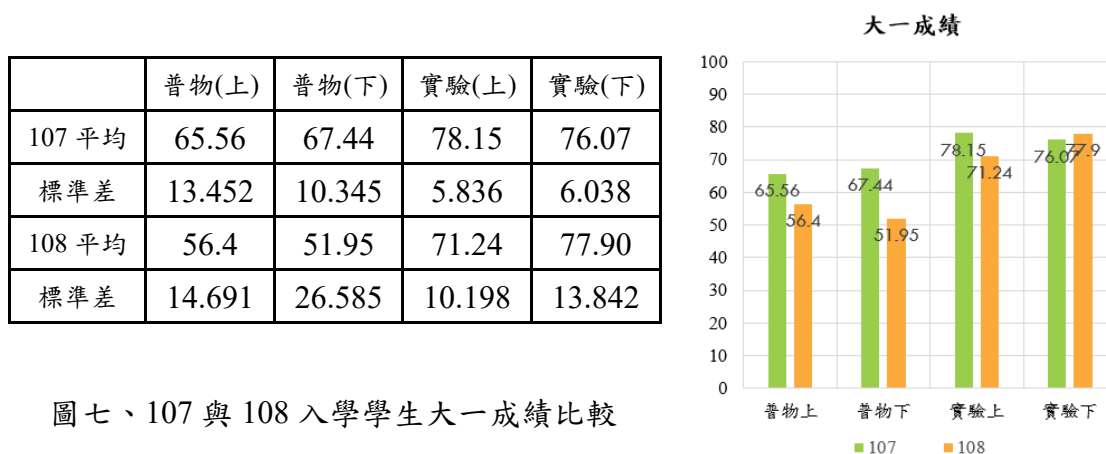
	數學	自然
107 平均	6.815	7.704
標準差	1.861	1.203
108 平均	8.227	7.682
標準差	2.022	1.783



圖六、107 入學與 108 入學學生數學與自然科成績比較

根據大考中心的 107 和 108 學年度學科能力測驗相關統計資料(附件一)，發現 107 學年度入學學生數學科平均成績 6.815 高於考生的均標(6 分)，108 學年度入學學生數學科平均成績 8.227 低於考生均標(9 分)。兩個年度入學學生自然科平均成績 7.704 和 7.682 雖然差異不大，都略低於考生的均標(8 分)，但 107 學年度報考自然科人數為 134,213 人，108 學年度報考人數為 108,515 人(參考圖七)。107 入學學生平均級分累計人數落在 61,715 ~ 762,895 之間，108 學生累計人數落在 51,077 ~ 60,616 之間，人數差異有一萬人。可以看出 108 入學學生數理的基礎可能比 107 入學學生弱一些。

比較入學基礎後，我們再看看這兩屆學生就讀大一時，在同一位老師教授的普通物理學和普通物理實驗兩個課程的學習表現(參考圖七)：



圖七、107 與 108 入學學生大一成績比較

根據圖七的數據，108 學年度入學的學生普通物理學上下學期平均成績皆低於 60 分，下學期標準差甚至超過平均成績的 1/2，兩屆學生的普通物理實驗成績雖然差異不大，但 108 學年的學生成績的標準差卻為 107 學年的兩倍。我們可以合理的假設今年二年級的學生中有很高的比例對課業學習是不感興趣的，這也與我們的課堂觀察相符。

(ii) 感測模組、開發環境與輔助設備

授課前編寫新教材(附件二)，除原 8051 單晶片實習內容外，重新編寫 Arduino 開發環境的安裝與使用、感測器與嵌入式系統周邊、3D 列印原理與列印機的使用。

課堂上執行的活動如下：

- (1) 說明 Arduino 開發環境的安裝與使用、講解程式、練習範列程式的修改；
- (2) 幫助同學檢測各種感測模組的特性並說明其與單晶片間的傳送和接收訊息；
- (3) 說明完整的嵌入式系統需要的其他周邊元件並講解如何使用；
- (4) 講解前一期(108)學生的霹靂燈和 Arduino 專題作品(附件三)；
- (5) 講解 3D 列印的建模與執行列印機操作的教育訓練(附件四)；
- (6) 講解 8051 單晶片的腳位與功能、Keil  $\mu$ Vision 開發環境、霹靂燈電路與範例程式、練習焊接技術；

課堂外，除了平時授課教師提供學生請益外，自 109 年 8 月 1 日至 110 年 5 月 1 日利用假日或週末共提供業師諮詢 20 次(附件五)。通常學生到了製作專題作品的時候，比較清楚想問什麼，也才會密集參與業師諮詢，大部分的學生在 5



月1日才參加第一次的業師諮詢，接下來的周末是母親節，接著因為疫情警戒，取消了之後的諮詢規劃。所以這次計畫中，業師諮詢主要的效益是協助了教材和教具的更新，還有助理的培訓。

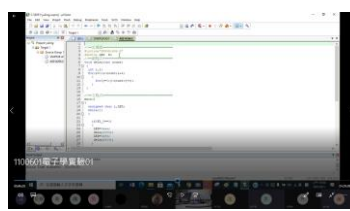


圖八、業師諮詢現場

### (iii) 專題製作

第十三週開始學校全面實施遠距授課，除住宿生外學生已不到校。雖然霹靂燈的零件和 Arduino uno 板已發放，但是大部分學生尚未選定是要優化前一期學長姊的 Arduino 作品，還是自製新的作品，感測器都還未選定，所以發放的零件和開發板都還放在實驗室的個人零件盒中。於是重新規劃後續課程分兩部分。

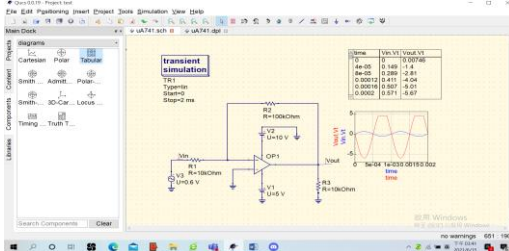
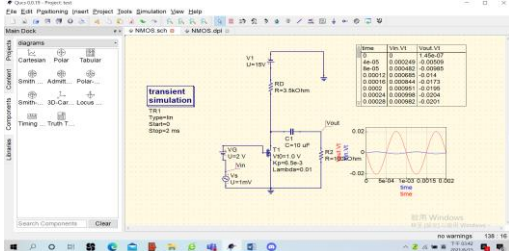
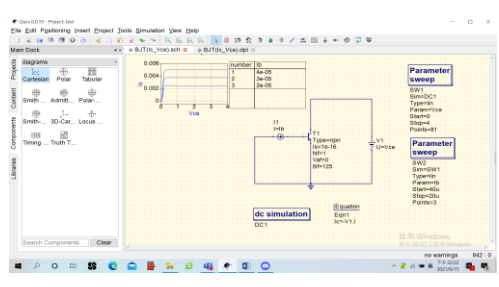
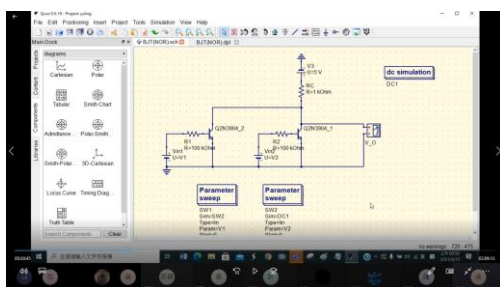
(1)本來要在實驗室焊接的霹靂燈，因為學生不能到實驗室焊接，改成先讓學生寫好程式上傳，我在實驗室幫忙組裝霹靂燈、燒錄程式、修改和演示，然後協助同學修改程式完成整個流程。



名稱	修改日期	類型	大小
A8205437.c	2021/5/1 下午 02:47	C 檔案	1 KB
A8214011.C	2021/5/1 上午 10:01	C 檔案	2 KB
A8214037.c	2021/5/1 下午 01:07	C 檔案	2 KB
A8214045.C	2021/5/1 下午 02:27	C 檔案	2 KB
A8214100.C	2021/5/1 下午 02:17	C 檔案	1 KB
A8214118.C	2021/5/1 下午 02:44	C 檔案	2 KB
A8214177.C	2021/5/1 下午 02:39	C 檔案	1 KB
A8214215.C	2021/5/1 下午 03:02	C 檔案	1 KB
A8214274.c	2021/5/1 上午 11:20	C 檔案	1 KB
a8235034.c	2021/5/1 上午 10:56	C 檔案	1 KB
A8241417.c	2021/5/1 上午 01:32	C 檔案	1 KB
A8241441.C	2021/5/1 上午 10:47	C 檔案	1 KB
A8241476.C	2021/5/1 上午 08:43	C 檔案	1 KB
A8241506.C	2021/5/1 上午 11:13	C 檔案	2 KB
A8241611.C	2021/5/1 下午 02:18	C 檔案	1 KB
A8241646.C	2021/5/1 上午 10:40	C 檔案	1 KB

圖九、霹靂燈

(2)接下來更因為學生宿舍傳出了疫情，學校強烈建議老師也不要到校。後續課程我就協助學生安裝電路模擬軟體QUCS，線上帶領同學完成各種電路模擬實驗。



圖十、QUCS 電路模擬

## 2. 教師教學反思

在課程實施本計畫後，我們觀察到四個現象

- (1) 學生主動學習的意願需要引導：我們若能設計有吸引力的課程教案，大部分學生願意主動積極學習。
- (2) 實驗室資源的開放有助於學生學習：實驗室裡有一些需要管理的儀器和設備，本系規定學生必須經過系上同意並有教師在場方可使用實驗室。我們培訓了幾位學生助理排班，解決學生學習的阻礙，學生經常在課餘來使用實驗室。
- (3) 同學間的學習互動比老師的督促有效：可以提供對單晶片實務或 Arduino 程式有興趣的學生更多資源，加強訓練為種子學生，可以減輕教師負擔並達成更好的學習成效。
- (4) 實作課程比理論課程更有學習成效：本人同時教授電子學與電子學實驗課程，相同的觀念與現象，實作可能因為參與感，能夠帶給學生比較好的學習成效。所以我們可以思考將兩個課程適當結合安排教案，也可以排除實驗課程學分不足的缺點。

### 3. 學生學習回饋

今年二年級的學生學習的意願和情況比較不理想，他們的學業基礎雖然沒有很好，在實驗課還是很願意動手，原期望開始製作專題時會提高他們對電子電路的興趣，不料運氣不好，開始遠距上課。不過，遠距上課後，學生卻反而能準時出席課堂，其實我們也知道，對年輕學生來說要克服天氣因素，早早出門到陽明山上學是最大的難題。

期末對 21 位同學實施回饋問卷(附件六)，看看他們對本學期電子學實驗課程設計的想法，依非常同意 5 分至非常不同意 1 分為意見的量化結果統計平均值為 4.43，顯示即使程度沒很好、運氣又不好，同學們對課程的設計還是滿意的。

- (i) 最同意的前三項分數都是 4.71：
  - (1) 對基本電子零件實習感到滿意；
  - (2) 對實驗室設備感到滿意；
  - (3) 本課程增進我檢測電子零件特性的能力。

今年比較可惜的是，實驗課中學生自主性較高的專題相關之動手項目沒能實際操作，是故學生比較滿意的三個項目皆是關於基本零件實驗的內容。

- (ii) 分數低於同意的項目(3.95)是：這門課提升了我對將來從事光電產業的興趣。

第二低同意度的題目是平均值 4.10 的「這門課提升了我對將來從事光電產業的信心」，我相信如果這學期專題製作的部分可以如計畫的設計完成，學生對這兩道題目應該會有較高的認同感。

- (iii) 意見分歧較大，標準差超過 0.8 的項目有兩項：

- (1) 我對 8051 單晶片學習感到有興趣(0.854)，平均 4.14；
- (2) 我對基本零件實習的課後測驗感到有幫助(0.811)，平均 4.43。

針對 8051 的學習興趣會有意見分歧，可能是因為學生並未實際焊接自己的霹靂燈，只是以想像霹靂燈如何閃爍的方式撰寫程式，雖然我在實驗室協助同學在麵包板上組裝他們的霹靂燈並演示效果，與真正完成一個作品畢竟有實質上的差異。不過學生中有四位同時在修習 8051 的相關專題課程，他們的興趣就會比同學高出許多。

至於實驗後測對學習是否有幫助的意見分歧，我們檢查試卷發現，不管是前測或後測都有一些對測驗不用心，任意作答的學生，前後測對這些同學而言確實是沒有幫助的。

同學對本課程的文字回饋建議有五筆(附件六)，其中沒有課程改進的建議。

## 六. 建議與省思(Recommendations and Reflections)

課程結束，我們可以在新的課程上改進的方向見圖十一。

- (1) 本系電子學實驗規劃在下學期，上學期的電磁學與電路學實驗是電子學實驗的重要基礎，兩門課都是必修課程，我們可以重新規劃時程，適時在上學期電路學實驗期末階段加入電子學相關議題，適當安排寒假期間學生自主學習的內容。
- (2) 學生自主學習習慣的養成是大學教育重要的課題，也是本系學生很欠缺的能力，我希望能用同儕督促的力量來協助習慣的養成。
- (3) 遠距授課已經是實作課程必須儘早考慮與克服的問題，也使這次的課程規劃產生了變數，我們已經著手設計各單元的遠距方案，設法不使實作課程的成效不打折。
- (4) 發表是專題製作很重要的環節，本校教學資源中心有簡報指導的專業資源，會安排一個自主學習單元，讓學生學習簡報設計及口頭報告技巧。
- (5) 今年的專題期末發表因課程變更沒有實施，同儕互評表單(附件七)將會隨課程滾動修正隨時修正。
- (6) 課程實施的回饋問卷會依兩年執行經驗與效益評估，並再請益教育學院教師協助修正。



圖十一、省思與改進

感謝教育部的支持，我們證實教學現場的觀察，採取適當的研究方法與評量工具檢證，可以良性循環有效提升學生學習成效；我們第一次分析不同實施對象的背景和學習特質，可以適時修正課程設計，因材施教；提供我們尋找電子學實驗課程遠距教學新模式。期望撰寫和發表這些分析與研究成果的內容，能提供教學者和學習者有用的資訊。

本課程能夠順利執行，感謝中國文化大學和光電物理系在設備和行政上的協助；四位學生助理的協助；業師的協助。

## 參考文獻(References)

- [1] 黃政傑, “翻轉教室的理念, 問題與展望”, 臺灣教育評論月刊, **3**, (12):161-186, 2014.
- [2] Strauss, Valerie (3 June 2012). "The flip: Turning a classroom upside down". Washington Post.
- [3] Diane B. Marks, “Flipping The Classroom: Turning An Instructional Methods Course Upside Down”, Journal of College Teaching & Learning, **12**, (4):214-248, 2015.
- [4] 臺灣教育評論月刊, <http://www.ater.org.tw/commentmonth.html>
- [5] 國立臺灣大學教學資源網-[臺大] 「翻轉教室」(Flipped Classroom) 介紹。  
[https://ctld.ntu.edu.tw/fd/teaching\\_resource/page1-1\\_detail.php?bgid=&gid=37&nid=300](https://ctld.ntu.edu.tw/fd/teaching_resource/page1-1_detail.php?bgid=&gid=37&nid=300)
- [6] MS Teams - 通訊和協同運作軟體。公司網址：<https://teams.microsoft.com/>
- [7] Zuvio - 大學課堂教學互動工具。公司網址：<https://www.zuvio.com.tw/>
- [8] P. C. Blumenfeld, E. Soloway, R. W. Marx, J. S. Krajcik, M. Guzdial and A. Palincsar, “Motivating project-based learning: Sustaining the Doing, Supporting the learning” Educational Psychologist **26**(3&4)369-398, 1991.
- [9] G. Solomon, “Project-Based Learning: A Primer.” Technology and Learning, 23(6), 2003.
- [10] Toni Feder, “College-level project-based learning gains popularity”, Physics Today **70** (6): 28, 2017. “專題式學習在大學間漸受歡迎”, 譯者：常雲惠, 物理雙月刊 **39**, (4): 63-69, 2017.
- [11] 台灣嵌入式暨單晶片系統發展協會 <http://www.temi.org.tw/>
- [12] 8051 入門：組合語言輕鬆學, 第三版, 楊明豐, 碁峰資訊, 2013-10.
- [13] 8051 入門：C 語言輕鬆學, 楊明豐, 碁峰資訊, 2015-05
- [14] Arduino最佳入門與應用：打造互動設計輕鬆學, 楊明豐, 碁峰資訊, 2015-04-13
- [15] Arduino-參考文獻-陳鍾誠的網站- Wikidot：<http://ccckmit.wikidot.com/ar:ref>
- [16] Autodesk Tinkercad, <https://www.tinkercad.com/>
- [17] Thingiverse, <https://www.thingiverse.com/>
- [18] 機器人講堂, Gambody / 阿里哥, <https://makerpro.cc/2017/12/3d-printed-robot/>

## 附件(Appendix)

### 附件一：學科能力測驗統計資料

年度	標準	國文	英文	數學	社會	自然
108 學 年 度	頂標	13	14	14	13	13
	前標	13	13	12	12	11
	均標	11	10	9	10	8
	後標	9	5	5	9	6
	底標	8	4	4	7	5
107 學 年 度	頂標	13	14	12	13	12
	前標	12	13	10	12	10
	均標	11	10	6	10	8
	後標	9	6	4	8	6
	底標	8	4	3	7	5

級分	自然			
	人數	百分比	累計 人數	累計 百分比
15	2,912	2.17	134,213	100.00
14	4,594	3.42	131,301	97.83
13	6,788	5.06	126,707	94.41
12	8,793	6.55	119,919	89.35
11	10,090	7.52	111,126	82.80
10	11,626	8.66	101,036	75.28
9	13,121	9.78	89,410	66.62
8	14,574	10.86	76,289	56.84
7	16,672	12.42	61,715	45.98

107 學年度

級分	自然			
	人數	百分比	累計 人數	累計 百分比
15	4,135	3.81	108,515	100.00
14	5,623	5.18	104,380	96.19
13	6,631	6.11	98,757	91.01
12	7,317	6.74	92,126	84.90
11	7,752	7.14	84,809	78.15
10	7,892	7.27	77,057	71.01
9	8,549	7.88	69,165	63.74
8	9,539	8.79	60,616	55.86
7	11,344	10.45	51,077	47.07

108 學年度

## 附件二：開發環境、感測模組、3D列印

### 二、Arduino 環境

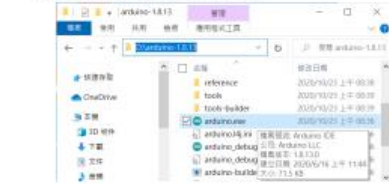
官網：<https://www.arduino.cc>

#### A. 下載

下載網址：<https://www.arduino.cc/en/Main/Software>  
 下載 Arduino IDE (Integrated Development Environment)



下載後解壓縮-點擊「arduino.exe」啟動 IDE



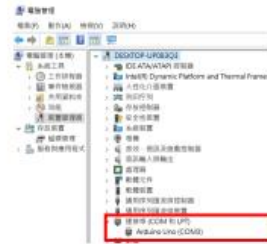
#### B. 選擇開發板

工具-開發板-Arduino Uno



### C. 設定序列埠

開啟裝置管理員-查看連接埠



工具-序列埠-選擇 COM ? (依電腦而定)



### D. Arduino IDE 介紹

驗證前需存檔  
 儲存後會自動產生  
 與檔名相同之資料夾  
 和檔案名.ino 檔案。



## 實驗六、嵌入式系統感測器與 Arduino 感測模組

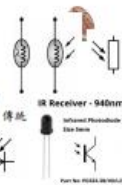
嵌入式系統(Embedded System): 機械或電氣系統內部嵌入具有單一功能即時計算效能的電腦系統, 通常以微控制器(含整合記憶體和/或外部裝置介面的中央處理單元)為基礎, 用於高控制許多常見裝置, 被嵌入的系統通常包含各種感測器和機械部件。

### 一、光感測

#### A. 光敏電阻

當有光線照射時, 電阻內原本處於穩定狀態的電子受到激發, 成為自由電子, 所以光線越強, 產生的自由電子也就越多, 電阻就會越小。

檢測時電阻: \_\_\_\_\_ Ω  
 利用手機 LED 燈檢測光敏電阻: \_\_\_\_\_ Ω



#### B. 光電晶體

光電二極體(photo diode)是一種能夠將光轉換成電流或者電壓訊號的光探測器(PD333-3C-H0-L2, PD333-3B-H0-L2)。傳統太陽能電池就是透過大面積的光電二極體來產生電能。

#### 紅外線感測模組

檢測紅外線 LED: \_\_\_\_\_



- 順時針調整可變電阻至底, 觀察輸出指示燈為 \_\_\_\_\_, 輸出腳位電位為 \_\_\_\_\_ V。
- 逆時針慢慢調整可變電阻至輸出指示燈改變燈亮, 輸出腳位電位為 \_\_\_\_\_ V。
- 測試反應距離最長的為 \_\_\_\_\_ cm。

#### C. 人體紅外線感測

HC-SR501 人體感應模組

- 感測到物體時, 輸出 \_\_\_\_\_ 電位
- 調整可變電阻決定延遲時間和感測距離



### SR-602 微型人體紅外線感應模組

- 適合檢測 0 到 3.5 米距離的移動
- 靈敏度高, 響應速度快, 靜態功耗低, 體積小, 安裝方便
- 上電後輸出高電平 2 秒, 然後變為低電平, 進入待機狀態
- 物體經過輸出高電平 2.5 秒



### D. 紅外線遙控模組 HX1838

模組三隻腳位: 「S」: 輸出, 「-」: 地, 中間電源正極。

遙控器各符號的代碼

符號	代碼	符號	代碼
0	FF9867	9	FF306F
1	FFA25D	0	FFB04F
2	FF629D	*	FF6897
3	FF221D	▲	FF18E7
4	FF22DD	▼	FF4AB5
5	FF02FD	◀	FF10EF
6	FFC23D	▶	FF5AA5
7	FFE01F	OK	FF38C7
8	FFA857		



## 二、聲音感測

### A. 蜂鳴器

蜂鳴器主要分為兩種類型一種是壓電式蜂鳴器另一種是電磁式蜂鳴器。

- 壓電式蜂鳴器: 以壓電陶瓷的壓電效應來帶動金屬片的振動而發聲。
- 電磁式的蜂鳴器: 用電磁的原理, 通電時將金屬振動膜往下吸, 不通電時依振動膜的彈力彈回。
- 壓電式蜂鳴器以方波來驅動, 電磁式則用半波驅動。
- 相同的尺寸時電磁式的蜂鳴器響應頻率可以做得比較低。
- 電磁式蜂鳴器的音量一般最多到 90dB, 壓電的有些規格可以達到 120dB 以上, 較大尺寸的也很容易達到 100dB。

	壓電式蜂鳴器	電磁式蜂鳴器
驅動原理	壓電效應	電磁效應
尺寸	較大(10-50mm)	較小(6-25mm)
谐振頻率	較高(2-6kHz)	較低(1-3kHz)
工作電壓	較高(9-24V)	較低(1.5-12V)
音量	較大聲(85-120dB)	較小聲(70-95dB)
消耗電流	較低(5-20mA)	高(35-60mA)

### 有源蜂鳴器和無源蜂鳴器:

有源內部帶電源, 通電就會叫。無源內部不帶電源, 必須用方波驅動。

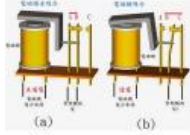
## 實驗七、嵌入式系統周邊

### 一、電源

1. 9V 直流電池，用 7805 穩壓至 5V 供電。
2. 行動電源，用 USB 連接線供電。

### 二、繼電器

用較小的電流控制較大電流的一種「自動開關」。



5VDC  $\Rightarrow$  10A 250VAC, 15A 125VAC  
可為低電位觸發。

### 三、馬達

1. 直流馬達：直流馬達 (DC Motor) 在控速方面比較簡單，只須控制電壓(電流)大小即可控制轉速，但不宜在高溫、高濕等環境下操作。
2. 步進馬達：通過脈波信號的操作，即可簡單實現高精度的定位，並使工作物在目標位置高精度地停止。步進馬達是以基本步級角的角度為單位來進行定位，以 5 相步進馬達為例，其基本步級角為 0.72，因此可以將馬達轉 1 圈分為 500 等分 ( $=360$  度 / 0.72)，以此方式來細分每次行進量做為定位基準。
3. 伺服馬達：伺服電機是以回饋控制，會依照設計者給予的命令和指定位置動作。在接收到命令時，移動至某一位置，當反作用力保持在該位置上一段時間，馬達使用內部的線性或旋轉編碼器，通過速度和加速度，控制直接成不同角度上的位置。伺服馬達大多藉由電線、地線和控制線，於電壓 4.5V 至 6V 的環境運作。



### 四、顯示裝置

1. LED 小燈：Light-emitting diode
2. 七段顯示器：由七個發光二極體以不同組合來顯示數字。



3. LCD：液晶顯示器 (liquid-crystal display) 為平面薄型的顯示裝置，由一定數量的彩色或黑白畫素組成，放置於光源或者反前方。液晶顯示器功耗低，因此備受工程師青睞，適用於使用電池的電子裝置。它的主要原理是以電流刺激液晶分子產生點、線、面配合背板燈管構成畫面。



### 五、輸入裝置

#### 1. 按鈕



#### 2. 矩陣鍵盤



## 二、3D 建模

### A. 3D 建模軟體總論

為了列印出符合理想需求的 3D 物件，現今普遍都使用電腦輔助設計(Computer Aided Design, CAD)，其中又因應物件的差異衍生出許多不同領域的建模軟體，於工程方面以下介紹幾款 3D 建模軟體。

	TinkerCAD	Fusion360	SolidWorks
費用	免費	校園授權	需付費
特色	基於瀏覽器的免費軟體，不須特別下載，操作介面淺顯易懂，非常適合初學者。	整合了幾個在過去不同分支的建模系統，為較新型的建模軟體，擁有仿真、運動和設計驗證工具。	業界公認的主流軟體，擁有廣泛的仿真、運動和設計驗證工具，適合對製圖有基礎的人。

### B. TinkerCAD 介紹

進入網頁 <https://www.tinkercad.com>，點選「立即加入」，則可使用 Google 帳號免費申請帳戶。點選「[建立新設計](#)」後，以下為 TinkerCAD 介面，可藉由滑鼠拖曳右方素材，並藉由合併工具拼湊出模型。工作平面能有效定義出新的設計平面，尺規則輔助使用者於工作平面上精準移動物體。繪製完成的模型能匯出成 STL 檔案。



## 三、切片軟體

### A. 切片軟體簡介

由建模軟體匯出的 STL 檔案僅描述 3 維物體的表面幾何形狀，為了使 3D 列印機運作，我們需要利用切片軟體設定列印參數，其中包含噴頭溫度、熱床溫度、列印層厚、壁厚、填充度等等，在某些特殊情況我們需要特別生成支撐，以助於我們列印一些懸空的部分，最後對我們所設計的 3D 物件進行層層切片並計算列印路線。切片軟體的參數會受不同機器、不同環境所影響，好的參數能大大提升列印品質。

### B. Ultimaker Cura 介紹

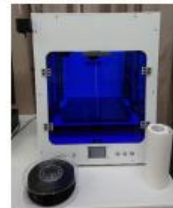
本實驗室使用 Ultimaker 所開發的 Cura 切片軟體，以下為 Cura 軟體介面(圖)，再列印設定中我們能調整許多列印條件，其中包含品質、外觀、填充、耗材、速度、空跑、冷卻、支撐、列印平台附著、雙層抽出等等。設定完成後對我們所設計的 3D 物件進行層層切片並計算列印路線(圖)。



## 四、3D 列印

本實驗室的機器為相星科技所研發的 M2-300 3D 列印機，以下為規格表。

機台型號	M2-300
機台尺寸	500x540x655mm
列印範圍	290x290x300mm
噴嘴尺寸	標配 0.4mm
列印層高	0.05-0.3mm
重量	約 25Kg
噴嘴數量	標配單噴頭
絲面	加熱絲面
支援系統	Windows / Mac OS
連接埠	USB
電源規格	AC 100-240V



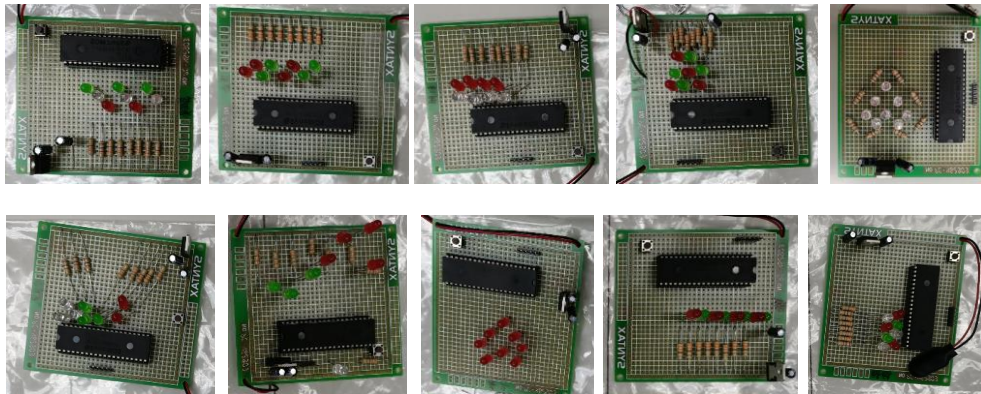
將匯出的 gcode 檔案存入 3D 列印機，列印前需先將 3D 列印機校正，接著開始列印。列印時請注意以下事項，耗材是否打結、熱床是否平整、若列印前需手動送料，我們必須先預熱噴頭使耗材能受熱融化，這樣耗材才能由噴頭擠出。列印完成後，最好等熱床冷卻再將成品拿出，待列印機噴頭溫度低於攝氏 100°C，才能關機。

## 五、參考資料

- <https://ultimaker.com/software/ultimaker-cura>  
<https://kknews.cc/news/b26kgm.html>  
<https://www.3dprintinglab.com/hk/>  
<https://3dprint.com.tw/news/form2-samples>  
<https://3dprint.com.tw/news/comparing-ift-sls-and-sls-technologies>  
<https://3dprint.com.tw/news/3d-printing-troubleshooting-guide>

本章節(實驗八)教材由光電物理系三年級楊昇翰同學於 2021 年 1 月整理編寫

附件三、前期專題作品



8051 霹靂燈作品



Arduino作品



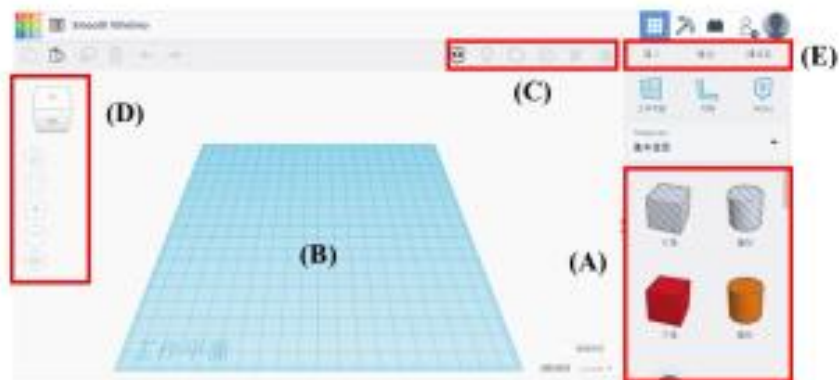
### 3D 列印教育訓練

組別： 姓名：

#### 一、構思

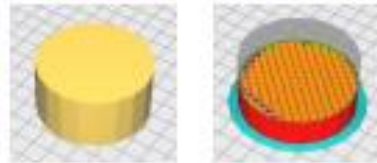
#### 二、建模

- 繪圖軟體：(1) 軟體名稱 ( ) (2) 匯出檔案格式 ( )
- 介面介紹：(A)\_\_\_\_\_ (B)\_\_\_\_\_ (C)\_\_\_\_\_ (D)\_\_\_\_\_ (E)\_\_\_\_\_
- 注意事項：(1) 物體建模方向與3D列印\_\_\_\_\_關係 (2) 物體\_\_\_\_\_與列印平台關係



#### 三、列印

- 切片軟體：(1) 軟體名稱 ( ) (2) 匯出檔案格式 ( )
- 參數介紹
  - 品質 ▶ 層高：( )
  - 外觀 ▶ 壁厚：( ) 圈數：( ) (依據噴嘴尺寸)  
頂層/底層：( ) 圈數：( ) (依據層高厚度)
  - 填充 ▶ 填充密度：( )  
填充列印樣式：( )
  - 耗材 ▶ 列印溫度：( )  
熱床溫度：( )  
流量：( )
  - 速度 ▶ 列印速度：( )  
起始層速度：( )
  - 支撐 ▶ 產生支撐：\_\_\_\_\_



支撐位置：\_\_\_\_\_

支撐突出角度：\_\_\_\_\_

支撐列印樣式：\_\_\_\_\_

G. 列印平台附著 ▶ 列印平台附著類型：\_\_\_\_\_

### 3. 列印流程

(1) \_\_\_\_\_

依照不同總額的材料選擇適當溫度，加熱後須迅速送料以**防止噴頭空燒**。

(2) \_\_\_\_\_(噴頭為高溫狀態)

手動送料需一手輕壓送料機夾具，一手將料向噴頭推入。

(3) \_\_\_\_\_(噴頭為高溫狀態)

點選操作面板中的平台校正，以助於機器噴頭與熱床定位。

(4) \_\_\_\_\_(噴頭為高溫狀態)

(5) \_\_\_\_\_(噴頭為高溫狀態)

手動送料需一手輕壓送料機夾具，一手將料**先推後迅速拉出**。

(6) \_\_\_\_\_(噴頭為高溫狀態)

將餐巾紙摺出厚度後，小心的以捏與旋轉的方式將噴頭擦拭乾淨。

(7) \_\_\_\_\_

等待噴頭溫度降溫至 \_\_\_\_\_ 方可關機。

(8) \_\_\_\_\_

大型物件(底面積 50mm\*50mm 以上)於高溫熱床上無法輕易摘除，需等待熱床冷卻至室溫後方可摘除，否則會影響校正平台精度與作品底層細緻度。若冷卻後作品依然無法摘除，請將熱床上的玻璃板取下並摘除，取下後的玻璃板須依照**圖檢定書**放置回去，以維持噴頭與熱床精密差距。

### 4. 注意事項

(1) 列印過程中若發現噴頭出料情況異常，出料不均，沒有出料等不正常情況，請先**停止列印，並將噴頭降溫**。

(2) 列印開始前 \_\_\_\_\_ 內需於機器旁確認出料狀況，以確保機器運行順暢。

### 5. 常見問題及解決辦法

3D 列印機器往往受到參數、環境、機器、操作方式等差異影響作品品質，以下為較常見的問題

(1) \_\_\_\_\_(Under extrusion)

(2) \_\_\_\_\_(Stringing)

(3) \_\_\_\_\_(Warping)

不同問題往往受到綜合因素影響，因此遇到問題時，最佳解決方式是先蒐集資料，並針對不同問題進行測試。

附件五：業師諮詢紀錄



1090801



1090905



1090912



1090926



1091009



1091024



1091107



1091121



1091128



1091205



1091212



1091217



1091226



1100116



1100130



1100220



1100313



1100327



1100418



1100501

附件六：課程回饋問卷

題 目	非常同意	同意	無意見	不同意	非常不同意	平均	標準差
1. 本課程提升了我電子學的知識						4.67	0.577
2. 我對基本電子零件實習(實驗一~實驗四)感到滿意						4.71	0.561
3. 我對基本零件實習的課前測驗感到有幫助						4.52	0.680
4. 我對基本零件實習的課後測驗感到有幫助						4.43	0.811
5. 我對實驗室設備感到滿意						4.71	0.561
6. 我對 Arduino 學習感到有興趣						4.48	0.750
7. 學長姊的 Arduino 專題製作能引發我的興趣						4.14	0.793
8. 我對 8051 單晶片學習感到有興趣						4.14	0.854
9. 我對電路板焊接學習感到有興趣						4.67	0.658
10. 我對撰寫霹靂燈實作程式感到有收穫						4.43	0.746
11. 本課程增進我寫電腦程式的能力						4.38	0.740
12. 我對 3D 列印的學習感到有興趣						4.43	0.746
13. 我覺得 3D 列印實作對製作產品機構有幫助						4.43	0.746
14. 我對電路模擬軟體 QUCS 學習感到有收穫						4.33	0.796
15. 我覺得電路模擬軟體對學習電子電路有幫助						4.29	0.784
16. 本課程增進我的邏輯能力						4.57	0.598
17. 本課程增進我檢測電子零件特性的能力						4.71	0.463
18. 本課程增進我電路規劃的能力						4.43	0.598
19. 這門課提升了我對將來從事光電產業的興趣						3.95	0.740
20. 這門課提升了我對將來從事光電產業的信心						4.10	0.768

課程文字建議：

- 1) 讚
- 2) 謝謝老師
- 3) 這課很好玩
- 4) 我覺得蔣媽太強了有些東西學一次不會馬上就會,但是只要有問問題蔣媽都會回答到我懂,讚讚!!!
- 5) 感謝蔣媽大大

附件七：同儕互評表單

期末報告

組別：\_\_\_\_\_ 學號：\_\_\_\_\_ 姓名：\_\_\_\_\_ 專題主題：\_\_\_\_\_

Rubric 評分表參考

層面	項目	5	4	3	2	1
知識面	理論應用	完整敘述和作品相關的理論與應用	能敘述和作品相關的理論與應用	敘述的作品相關的理論與應用有缺漏	基本理論內容欠缺或嚴重錯誤	基本理論內容欠缺且嚴重錯誤
	程式撰寫	熟稔 Arduino IDE 撰寫程式；程式流程架構清晰完整	部分熟悉 Arduino IDE 撰寫程式；程式流程架構完整	會使用 Arduino IDE 撰寫程式；程式流程架構有缺漏	會使用 Arduino IDE 撰寫程式；無程式流程架構	不會使用 Arduino IDE；無程式流程架構
	簡報製作	簡報內容完整無誤，架構清晰並注重細節	簡報內容完整，架構清晰，但有圖片、排版或文字瑕疵	簡報內容大致完整，但架構不清晰	簡報內容不完整，圖片、排版和文字有瑕疵	簡報內容嚴重錯誤
技能面	應用性	明確敘述作品實用或娛樂價值且具個人創意	能明確敘述作品實用或娛樂價值	藉由引導能說明作品的實用性或娛樂性	對作品的實用性或娛樂性無想法	無實用性或娛樂性
	完成度	完整完成難度高的專題	完整完成難度適中的專題	完整完成難度低的專題	未完整完成專題	未製作專題
情意面	熱情傳達	台風穩健並能吸引聽眾對作品的強烈興趣	台風穩健並能吸引部分聽眾對作品的興趣	台風待加強但能吸引部分聽眾對作品的興趣	講解令人感覺無聊，無法引起聽眾對作品的興趣	講解令人無法理解，語無倫次

組別	TA1	姓名	主題：				
理論應用	程式撰寫	簡報製作	應用性	完成度	熱情傳達	總分	
評語：							

組別	TA2	姓名	主題：				
理論應用	程式撰寫	簡報製作	應用性	完成度	熱情傳達	總分	
評語：							

組別	I-1	姓名	主題：				
理論應用	程式撰寫	簡報製作	應用性	完成度	熱情傳達	總分	
評語：							

組別	I-2	姓名	主題：				
理論應用	程式撰寫	簡報製作	應用性	完成度	熱情傳達	總分	
評語：							