

# 中國文化大學教師教學創新暨教材研發獎勵成果報告書

## 壹、計畫名稱

利用PBL提升學習效果之電子學三教材研發計畫

## 貳、實施課程、授課教師姓名

實施課程：電子學三

授課教師姓名：陳信良

## 參、前言

電子學三是電機系電子與控制學程的重點選修科目，是未來學生進入電子電路領域的重要進階專業課程，教材的開發本於「提昇中國文化大學電機學生半導體積體電路設計技術」為主，目的在推動電機系電子電路設計教育升級，培育半導體電路設計產業人才與鼓勵升學為目標。希望電機系同學於修課後了解並參與我國半導體產業，課程教材核心將注重於電子電路系統分析能力的掌握，使電機系學生未來參與台灣的半導體產業。藉由本課程教材開發，逐步建構本校電子學進階內容相關資源，提供學生進入學界與業界所需的基本能力。課程將有系統的規劃修課學生接續三年級下學期所開設的晶片設計實作課程，適用於電機系大三的學生，培養電子電路設計之相關基礎能力，以縮短產學落差以及提升學生電子電路的發展願景。為加強修課學生的榮譽感與產業觀點，將導入期末電子電路專題報告，與問題導向式的授課教材，讓學生可以更了解電子電路本身相關的產業應用。

## 肆、計畫特色及具體內容

為達成課程改善與提升學生學習興趣，本課程內容包含下列三項教材內容：

### 一、進階電子電路理論

傳統的教學方式以教科書上的簡易電路模型及架構來說明設計電路的方法，可能因為過於單調與艱深，無法提高學生的學習意願，且對於學生的就業準備度也不夠。因此，在教材編寫中，除基礎理論教學外，須以實際問題作思學引導，再進行理論分析，並進一步將需要想像的理論分析過程，以軟體模擬與視覺呈現的方式展示於課程當中，並且多舉產品實例與經典研究論文，介紹電子電路設計基礎觀念。基礎理論的建立依然需要經過紙筆測驗確立，再輔以自主學習的研究報告與討論提升內化的學習效果；只有擁有扎實的理論基礎，才能在未來進入研究所實進行更進一步的研究，所以此教材會在引發興趣的同時，做基礎理論的教學與驗收，確保學習的深度。

### 二、電路設計實例及模擬說明

在電子電路學習上，傳統紙筆的上課難以讓學生對電路理論有更深一步的了解，若不著重於圖像化

所累積的經驗觀點，學生難以有效學習建立相關電路知識，因此不易具備未來電路設計之基礎理論。此教材研發計畫，除了基礎課程知識的講授之外，實務經驗及模擬呈現的部分是本課程著重的地方，以實際的電路說明設計理論及模擬驗證，讓學生以漸近式的方式熟悉理論，最後以期末電子電路主題閱讀報告作為學生學習效果考核標準，設計軟體的學習與實作，則留在次一學期的類比積體電路設計課程，讓有興趣實作的同學繼續延伸。

### 三、 期末電子電路主題報告

挑選代表性之電路報告與經典研究論文，作為修課學生之加深加廣的自主學習分享材料。

## 閱讀材料

### Miller's Theorem

Welcome to the sixth article in the "Circuit Intuitions" column series. As the title suggests, each article provides insights and intuitions into circuit design and analysis. These articles are aimed at undergraduate students but may serve the interests of other readers as well. I would appreciate your comments and feedback, as well as your requests and suggestions for future articles in this series. Please e-mail your comments to me at: ali@ece.utoronto.ca.

In the first article in this series, we said "looking into a node" we see Thevenin or Norton equivalent circuits of that node with respect to ground. In this article, we will introduce Miller's theorem to find the equivalent circuit of an impedance ( $Z$ ) that is connected between the input and output nodes of an amplifier, as shown in Figure 1. Miller's theorem states that, as far as the input and the output nodes are concerned, the impedance can be broken into  $Z_1$  (connected from the input node to ground) and  $Z_2$  (connected from the output node to ground). A simple proof for this theorem can be found in many textbooks, such as [1] and [2]. Here, we provide a proof followed by some intuitions.

As far as the input node is concerned, the current drawn by  $Z$  is equal to

$$I_1 = \frac{V_1 - AV_1}{Z} = \frac{V_1}{Z(1-A)}$$

If we were to find an equivalent impedance from the input node to

ground ( $Z_1$ ) that draws the same current from  $V_1$ , we would have

$$I_1 = \frac{V_1}{Z_1}$$

Therefore, comparing the two equations, we can write

$$Z_1 = \frac{Z}{1-A} \quad (1)$$

Similarly, if we write an expression for the current drawn by  $Z$  from the output node and equate it to the current being drawn by  $Z_2$ , we can write

$$Z_2 = \frac{Z}{1-1/A} \quad (2)$$

Note that  $Z$  is typically a resistor or a capacitor, although it can be any impedance in general. For simplicity, we assume  $Z$  to be a resistor ( $Z = R$ ) in the remainder of this article.

If  $A$  is negative (such as in any inverting amplifier), then the above equations tell us that both  $R_1$  and  $R_2$  will be positive. To see this intuitively, imagine Nodes 1 and 2 are electrically connected via a resistive string whose total resistance is  $R$ , as shown in Figure 2(a). Since one side of this string (Node 1) is connected to a positive voltage and the other side (Node 2) is connected to a negative voltage, there must be a location along the string where the voltage is zero. If we actually ground this location, as in Figure 2(b), we will not disturb the circuit, as no current will be drawn from this location to ground. This is simply because the current that flows through the left branch ( $R_1$ ) flows directly to the right branch ( $R_2$ ). The ground location naturally

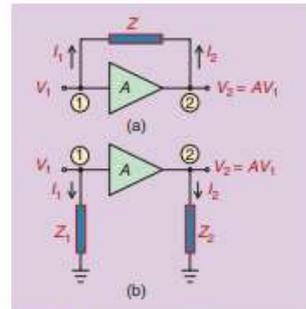


FIGURE 1: (a) Impedance  $Z$  is connected between the input and output nodes of a voltage amplifier with the gain of  $A$  and (b) Miller's equivalent circuit.

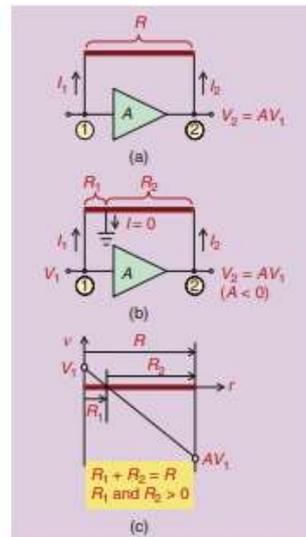
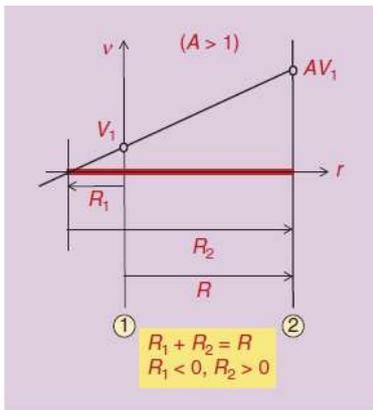


FIGURE 2: (a)  $R$  is displayed as a resistive string. (b) If  $A$  is negative,  $R$  can be broken into positive  $R_1$  and  $R_2$  such that the common node is at  $0V$ , and  $R_1 + R_2 = R$ ,  $R_1$  and  $R_2 > 0$ . (c) voltage along the resistive string.

Digital Object Identifier 10.1109/MSSC.2015.2446457  
Date of publication: 15 September 2015



**FIGURE 3:** When  $A > 1$ ,  $R$  can be split into one negative ( $R_1$ ) and one positive resistance ( $R_2$ ) such that  $R = R_1 + R_2$ .

splits the total resistance  $R$  into  $R_1$  and  $R_2$ , which are the string resistances from Nodes 1 and 2 to the 0 V location, respectively. This is shown pictorially in Figure 2(c), where we have assumed  $V_1$  to be a positive voltage and  $V_2 = AV_1$  to be a negative voltage. The voltage along the resistive string decreases linearly from  $V_1$  (at Node 1) to  $AV_1$  (at Node 2). The intersection of this line with the resistance axis breaks the resistor into two pieces,  $R_1$  and  $R_2$ . One can easily verify through the two similar triangles that the ratio of  $R_2$  to  $R_1$  is  $|A|$ . Given this

and the fact that  $R_1 + R_2 = R$ , we will arrive at the same equations as in (1) and (2).

It would be interesting to use this graphical approach to gain intuition in the case when  $A$  is positive and greater than one. In this case, both ends of the resistive string have voltages of the same sign, and hence

*In either case, the sum of the two resistances in series is equal to the original resistance.*

there exists no intermediate location with 0 V. This is shown in Figure 3 for the case where both nodes have positive voltages. If we connect  $V_1$  and  $V_2$  via a line, we will find that the location with 0 V lies outside the  $[0, R]$  region at a negative resistance ( $R_1$ ) with respect to Node 1 and at a positive resistance ( $R_2$ ) with respect to Node 2. This makes intuitive sense because if we apply a positive voltage to Node 1, given  $V_2 > V_1$ , there will be a current moving toward Node 1 (not leaving Node 1 as we expect with a positive resistance). For this reason,

Node 1 experiences a negative resistance ( $R_1$ ). From the perspective of Node 2, the current always leaves the node (when  $V_2$  is positive) indicating a positive resistance. The resistance, however, between this node and ground ( $R_2$ ) is now larger than  $R$  as indicated in Figure 3. Similar to the previous case, given the two similar triangles in this figure, we can verify that  $|R_2/R_1| = A$  and  $R_1 + R_2 = R$  to arrive at the same equations as (1) and (2). In other words, we can still split  $R$  into  $R_1$  and  $R_2$  but with  $R_1$  being negative for the common node of the two resistors to be at 0 V.

To summarize, in applying Miller's theorem, we are essentially splitting the resistor between two nodes as two resistors in series such that their common node will have 0 V! If the two node voltages have opposite signs, we will end up with two positive resistors. If they have the same sign, we will end up with one negative and one positive resistor. In either case, the sum of the two resistances in series is equal to the original resistance.

#### References

- [1] A. S. Sedra and K. C. Smith, *Microelectronic Circuits*, 7th ed. London, U.K.: Oxford Univ. Press, 2014.
- [2] B. Razavi, *Fundamentals of Microelectronics*. Hoboken, NJ: Wiley, 2008.

SSC

## 閱讀報告

### 範例一

#### 電子學(三)

吳 O 煌 A9222005

Miller effect 閱讀報告

看完 Miller effect 的 PDF 後整個人大受震驚，並不是因為內容難的嚇人或是繁瑣嚴謹，而是只用電流電阻的關係以及三張範例圖就能把 Miller 定律給解釋完畢。從一開始用計算的方式去分析  $Z$  值，到後面用  $V$ 、 $AV$  以及  $R$  去做畫圖分析，整段流程並沒有過於複雜或是困難的地方，雖然後面部分需要思考一下，但只要知道電阻、電流之間關係以及電流流向、 $A$  值，就可以理解整篇文章在做什麼。在一開始看圖 2 時不太能理解(c)部分為什麼要那麼畫，但是在看完文章後才知道這技巧真的有夠厲害，只要知道  $V$ 、 $AV$  的大小然後再去把它們連起來並與電阻交集，就可以得知  $R_1$ 、 $R_2$  的關係，也因為它們之間會形成相似三角，所以  $R_2/R_1 = |A|$  ( $A < 0$ )，與一開始在做  $Z$  值分析時的結果相同。再後來的圖 3，因為  $A > 1$  讓整個圖變得不太一樣，但是總體概念還是一樣，只需要注意電流流向就不會有什麼問題。而後續分析可以得知  $R_1 < 0$ ，雖然  $R_1$  為負數，但可以發現  $R_1$ 、 $R_2$  所形成的三角也是相似形，因此  $|R_2/R_1| = A$ ，也與一開始的  $Z$  值分析結果相同。對我而言這是一個很好的教材，可以更知道 Miller 定律為什麼要這麼轉換。相比課本或是維基百科而言，這教材的內容可說淺顯易懂，在閱讀時不會有太大的挫折感，反而是帶著訝異與好奇的心態去讀文章。

miller effect 閱讀報告  
電機3A A9200004 葉0瑩

大概翻譯:

第一段告訴我們此篇出自於“電路直覺”專欄系列的第六篇文章，正如標題所示，每篇文章都提供了對電路設計和分析的見解和直覺。這些文章基本是面向本科生以及有興趣的讀者。最後也提出如果對此篇文章有其他的見解可以Mail給他。在本系列的第一篇文章中，我們說過“觀察一個節點”，我們看到該節點相對於地面的戴維寧或諾頓等效電路。在本文中，我們將介紹米勒定理以求出連接在放大器輸入和輸出節點之間的阻抗(Z)的等效電路，如圖1所示。米勒定理指出，就輸入和就輸出節點而言，阻抗可分為 $Z_1$ （輸入節點接地）和 $Z_2$ （輸出節點接地）。這個定理的簡單證明可以在很多教科書中找到，例如[1]和[2]。在這裡，我們提供了一個證明和一些直覺。就輸入節點而言，Z汲取的電流等於 $I_1 = V_1 - AV_1 / Z = V_1 / Z / (1 - A)$ ，如果我們要找到從輸入節點到地( $Z_1$ )的等效阻抗，它從 $V_1$ 汲取相同的電流，我們將得到 $I_1 = V_1 / Z_1$ ，因此，比較兩個方程，我們可以寫成 $Z_1 = Z / (1 - A)$ ，類似地，如果我們為Z從輸出節點汲取的電流寫一個表達式，並將其等同於 $Z_2$ 汲取的電流，我們可以寫為 $Z_2 = Z / (1 - 1/A)$ 。而需要注意，Z通常是電阻器或電容器，儘管它通常可以是任何阻抗。為簡單起見，我們在本文的其餘部分假設Z為電阻器( $Z = R$ )。如果A為負（例如在任何反相放大器中），則上述等式告訴我們 $R_1$ 和 $R_2$ 均為正。為了直觀地看到這一點，假設節點1和2通過總電阻為R的電阻串電氣連接，如圖2(a)所示。由於此串的一側（節點1）連接到正電壓而另一側（節點2）連接到負電壓，因此串上必須有一個位置其中電壓為零。如果我們將該位置實際接地，如圖2(b)所示，我們將不會干擾電路，因為沒有電流會從該位置流向地面。這是因為流過左支路( $R_1$ )的電流直接流向右支路( $R_2$ )。接地位置自然地將總電阻R分成 $R_1$ 和 $R_2$ ，它們分別是從節點1和2到0V位置的串電阻。如圖2(c)所示，我們假設 $V_1$ 為正電壓， $V_2 = AV_1$ 為負電壓。電阻串沿線電壓下降從 $V_1$ （在節點1）到 $AV_1$ （在節點2）呈線性關係。這條線與電阻軸的交點將電阻分成兩部分， $R_1$ 和 $R_2$ 。通過兩個相似三角形很容易驗證 $R_2$ 與 $R_1$ 之比為 $|A|$ 一種。鑑於此以及 $R_1 + R_2 = R$ 的事實，我們將得出與(1)和(2)中相同的等式。

在A為正且大於1的情況下，使用這種圖形方法來獲得直覺會很有趣。在這種情況下，電阻串的兩端具有相同符號的電壓，因此不存在0V的中間位置。如圖3所示對於兩個節點都具有正電壓的情況。如果我們通過一條線連接 $V_1$ 和 $V_2$ ，我們會發現0V的位置位於[OR]區域之外，相對於節點1為負電阻( $R_1$ )，相對於節點2為正電阻( $R_2$ )。這具有直觀意義，因為如果我們向節點1施加正電壓，給定 $V_2 > V_1$ ，將會有電流流向節點1（不會像我們預期的那樣以正電阻離開節點1）。出於這個原因，節點1經歷負電阻( $R_1$ )。從節點2的角度來看，電流總是離開節點（當 $V_2$ 為正時）表明一個積極的阻力。然而，該節點和地之間的電阻( $R_2$ )現在大於R，如圖3所示。與之前的情況類似，鑑於該圖中的兩個相似三角形，我們可以驗證 $|R_2 / R_1| = A$ 和 $R_1 + R_2 = R$ 得出與(1)和(2)相同的等式。換句話說，我們仍然可以將R拆分為 $R_1$ 和 $R_2$ ，但 $R_1$ 為負，這兩個電阻的公共節點為0V。總而言之，在應用米勒定理時，我們實質上是將電阻拆分為兩個節點兩個串聯的電阻器，它們的公共節點將為0V！如果兩個節點電壓符號相反，我們最終會得到兩個正電阻。如果它們有相同的符號，我們最終會得到一個負電阻和一個正電阻。無論哪種情況，串聯的兩個電阻之和都等於原始電阻。

心得:

看完整篇報告以及將翻譯大概意思捋順後，中間其實還是有些覺得不理解的部分，於是我便跑去查了下Miller's effect的相關資料，文章基本是在證明米勒定理，其實米勒電容對器件的頻率特性有直接的影響。例如，對於BJT：在共射（CE）組態中，集電結電容勢壘電容正好是米勒電容，故CE組態的工作頻率較低。對於MOSFET：在共源組態中，柵極與漏極之間的覆蓋電容 $C_{dg}$ 是米勒電容， $C_{dg}$ 正好跨接在輸入端（柵極）與輸出端（漏極）之間，故米勒效應使得等效輸入電容增大，導致頻率特性降低。

優點

- ① 採用較小的電容來獲得較大的電容（例如製作頻率補償電容），這種技術在IC設計中具有重要的意義（可以減小芯片面積）；
- ② 獲得可控電容（例如受電壓或電流控制的電容）。

而米勒效應在電子中，應用很廣泛。其中一個為米勒積分，在集成運算放大器開環增益A很高的情況下，展寬積分線性範圍，提高運算精度，獲得了廣泛的運用。

伍、實施成效及影響（量化及質化，且說明是否達到申請時所期之學習目標與預期成效）

此計畫完成教學講義一份，提供修課學生複習使用。以下就課程教學的質化與量化作一簡要表述

(一) 學習量化方式(修課學生人數：45 人)

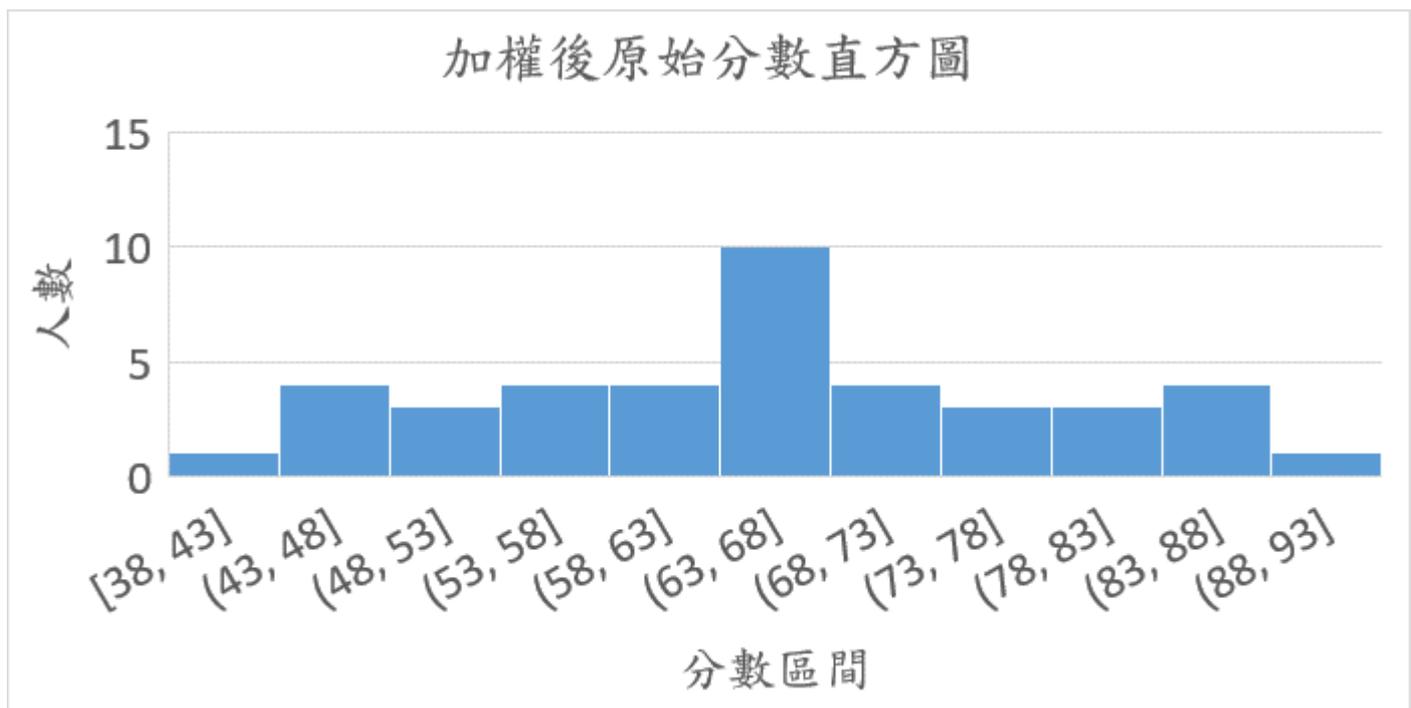
計分方式：(共 100%)

- 期中考 30%
- 期末考 30%
- 平時測驗 3 次 30%
- 閱讀心得報告 10%

期末成績

加權後原始平均分數：65.66

加權後原始分數標準差：12.92



圖一、選課學生學期加權後原始分數統計圖

(二) 學習質化方面

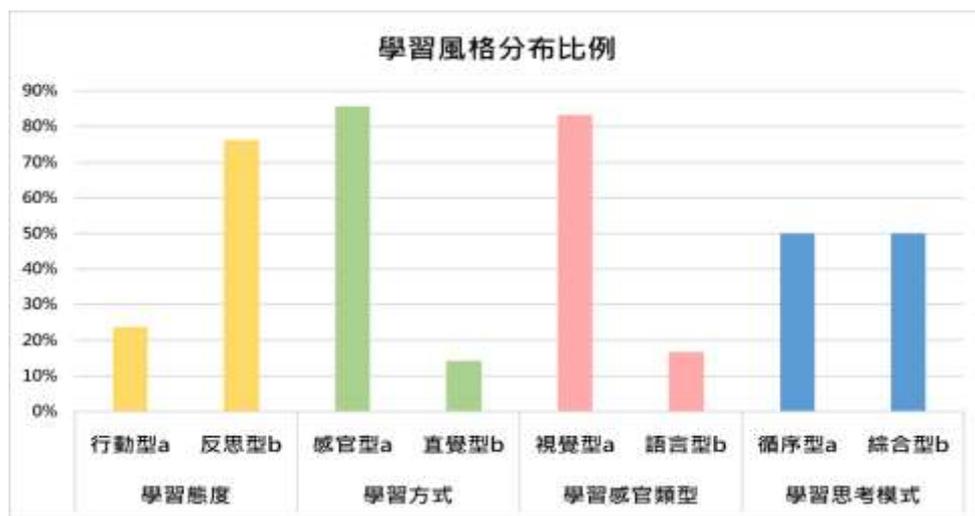
培養學生實作能力、解決問題的能力。從學生的學習態度與問卷心得來看可以達到質化的效果，而且也能學生的學習興趣。由學生的與老師彼此之間的互動性、反應以及報告內容可以看出此課程安排規劃在學習質化方面具有正面的效果。此外，在學期進行中給予學生目前電子業界的經驗分享，對未來方向更建立信心。

[1] 適性課程調查結果

➤ 學生學習特性

表一、選課學生學習特性統計分析表

類型	學習態度		學習方式		學習感官類型		學習思考模式	
	行動型 a	反思型 b	感官型 a	直覺型 b	視覺型 a	語言型 b	循序型 a	綜合型 b
人次	10	32	36	6	35	7	21	21
比例	24%	76%	86%	14%	83%	17%	50%	50%
平均/偏好類型	-1.29	弱反思	4.10	中感官	4.57	中視覺	0.14	弱循序



圖一、選課學生學習風格統計圖

➤ 學生滿意度統計

表二、選課學生滿意度統計結果

填寫時間	學制	年級	系所	適性教學課程	教師教學方面							適性教學方面			
					教師重視教學互動，鼓勵學生發問或表達意見	豐富的專業與授課技巧，讓您感到滿意	教師授課內容，符合本課程之需求	教師能善於課業內，解答學生之問題	教師授課部分，有助於提升我學習的興趣	教師授課部分，對我的學習有成效	總體而言，教師授課部分，對我的學習有正面幫助	藉由上課，請問您是否了解適性教學？	請問您是否接受此種教學方式？	請問融入適性教學，是否能提升您的學習成效？	請問融入適性教學，是否能提升您與教師之交流？
11/24/2022 9:08:23	大學部	三年級	3a	電子學(三)	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5
11/24/2022 9:10:11	大學部	三年級	電機系	電子學(三)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
11/24/2022 9:22:20	大學部	三年級	電機系	電子學(三)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
11/24/2022 9:24:30	大學部	三年級	電機系	電子學(三)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
11/24/2022 9:30:13	大學部	高於四年級	電機系	電子學(三)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
11/24/2022 11:32:07	大學部	四年級	電機系	電子學(三)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
11/24/2022 11:36:09	大學部	三年級	電機系	電子學(三)	5	4	5	5	5	4	4	4	4	4	4
11/24/2022 12:14:04	大學部	三年級	電機系	電子學(三)	5	4	4	5	4	4	4	3	3	3	4
11/24/2022 12:46:33	大學部	三年級	電機系	電子學(三)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
11/24/2022 18:48:11	大學部	三年級	電機系	電子學(三)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
11/24/2022 19:50:18	大學部	三年級	電機系	電子學(三)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
11/25/2022 9:45:36	大學部	高於四年級	電機系	電子學(三)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
11/25/2022 20:03:19	大學部	三年級	電機系	電子學(三)	4	4	5	5	4	4	4	4	5	3	4
11/28/2022 9:42:55	大學部	三年級	電機系	電子學(三)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
11/29/2022 15:13:56	大學部	三年級	電機系	電子學(三)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
11/30/2022 21:01:11	大學部	四年級	電機系	電子學(三)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
12/2/2022 20:29:21	大學部	三年級	電機系	電子學(三)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
課程滿意度平均					4.88	4.76	4.88	4.94	4.82	4.76	4.76	4.71	4.71	4.65	4.76

[2] 期末課程內容調查與學生自評

➤ 自製自評問卷內容

## 111-1 電子學三期末學生自我評量表

### 【教學創新暨教材研發獎勵計畫】

自評項目	自評內容	很好	好	尚好	待加強	極待加強
知識	透過課程對積體化電路有更深入的理解	5	4	3	2	1
	透過課程對差動對電路有更深入的理解	5	4	3	2	1
	透過課程對頻率響應有更深入的理解	5	4	3	2	1
態度	我能在上課中專注學習	5	4	3	2	1
	我能在課後自我要求複習或預習	5	4	3	2	1
	我會加強課程內容以外的相關知識	5	4	3	2	1
技能	我會嘗試透過演練題目加強學習	5	4	3	2	1
	我會嘗試作上課內容的自我歸納	5	4	3	2	1
	我會嘗試透過電腦模擬器協助學習	5	4	3	2	1
學習心得：						
對課程與老師的建議：						

➤ 學生自評

表三、選課學生自評分析簡要結果

自評項目	自評內容	平均
知識	透過課程對積體化電路有更深入的理解	4.25
	透過課程對差動對電路有更深入的理解	4.25
	透過課程對頻率響應有更深入的理解	4.225
態度	我能在上課中專注學習	4.175
	我能在課後自我要求複習或預習	4.125
	我會加強課程內容以外的相關知識	4.175
技能	我會嘗試透過演練題目加強學習	4.275
	我會嘗試作上課內容的自我歸納	4.25
	我會嘗試透過電腦模擬器協助學習	3.9

表四、選課學生自評分析完整整理表

自評項目	自評內容	平均	學生																																												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40					
知識	透過課程對積體化電路有更深入的理解	4.25	4	5	3	4	3	3	5	5	3	3	4	4	4	3	5	5	4	5	2	5	4	4	4	5	5	3	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5					
	透過課程對差動對電路有更深入的理解	4.25	4	5	3	3	3	5	5	3	3	4	4	4	3	5	5	5	5	2	5	4	4	4	4	5	5	3	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5					
	透過課程對頻率響應有更深入的理解	4.225	4	5	3	4	3	3	5	5	3	3	5	4	4	3	5	4	3	5	2	5	4	4	4	5	5	3	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	4	5	5			
態度	我能在上課中專注學習	4.175	4	3	3	4	4	3	5	5	3	3	4	3	4	4	5	4	4	5	4	5	4	5	4	4	5	5	3	5	5	3	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5			
	我能在課後自我要求複習或預習	4.125	4	5	3	2	3	3	5	5	3	3	5	3	5	3	5	5	3	5	4	5	4	4	4	2	5	5	2	5	5	4	4	5	5	4	4	5	5	4	5	5	4	5	5		
	我會加強課程內容以外的相關知識	4.175	4	5	3	3	3	5	5	4	3	4	3	4	4	5	4	3	5	4	5	4	5	4	4	2	5	5	3	5	5	4	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5
技能	我會嘗試透過演練題目加強學習	4.275	4	5	3	4	4	3	5	5	4	3	4	4	4	5	4	4	5	4	5	4	5	4	4	2	5	5	3	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	
	我會嘗試作上課內容的自我歸納	4.25	4	5	3	4	3	3	5	4	4	3	3	4	4	4	5	4	4	5	4	5	4	4	4	2	5	5	3	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	
	我會嘗試透過電腦模擬器協助學習	3.9	4	1	3	4	3	3	5	4	5	3	3	4	3	2	5	5	3	5	2	5	2	4	1	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	3	5

➤ 課程意見

表五、選課學生自評意見整理表

編號	學習心得	對課程與老師的建議
1.	在這門課程上我感受到了自己的渺小及挫折感，原因是深知自己學習能的不足，之後會好好檢討自己的讀書方式。	無
2.	無	可以向同學發問
3.	後面章節好難	無
4.	期中考前如魚得水，期中考後無字天書，前所未有的挫折，只能好好的反省與複習。	很好非常讚
5.	在我遇到不會的問題時，我會找同學一起討論	NONE
6.	上課需要更專心，老師很用心。	無
7.	電子學三是一門十分困難的科目	謝謝老師
8.	有了教授提供的講義後在複習時更有明確的方向，在在課本有缺漏時也有東西能看	有時候有些講義的題目會省略很多步驟，會看不太懂。
9.	在這堂課中學到許多，老師也非常仔細的教學，會仔細地講解，讓我深入了解。	老師你上的很好
10.	這學期的課程讓我知道了很多 mos 和 BJT 的運作原理，也讓我更加的了解更多元件。	無，老師教得很好
11.	學到了很多相關的電路知識	無
12.	我覺得老師教得很好	無
13.	電子學好難	無
14.	在這學期的課程中，我在課程上相較以往更加投入與專注，雖然課程內容相較前幾個學期是難了許多，考的也沒很理想，但在考師後檢討完後，就對電子學了熱忱。	無
15.	對於上課內容，雖然在上課時有認真聽講，也有作筆記，回去自己念書時，還是對於其無法有相當的了解。	雖然老師講得很詳細，但是常常板書寫完，還沒抄完就擦掉了。
16.	老師講得很仔細	無
17.	這學期的東西比較難，我雖然都有到，但期中後我上課沒那麼專注，導致期末前的小考也考得不好，但事後我有問同學，有多了解一些，專注學習和課後自我要求還是很重要的。	無
18.	更了解元件的特性和運用，也更加熟悉電路運算。	課程上教得很仔細，但希望有多點比較貼切的實例會更好了解。
19.	這次電子學的課程中，學到了很多電路和電子的知識	無
20.	自己上課很長分心，一心二用。	老師很用心教學，繼續保持
21.	上課用心教得很仔細	老師很棒
22.	上課很好玩	無
23.	老師講得很仔細	無

24.	感謝這學期的教導，每次都早八辛苦起來上課。	教授辛苦了，每周早八來上課。教室大擠要換大一點的。
25.	感謝這學期教授的教學，電子一二的延伸真的很難，希望在未來能用得到這些知識。	希望上課的教室能大點，原本 50 幾人要塞 40 幾人的教師太擠了。
26.	老師上課認真，講義做的簡單明瞭，上課幽默風趣，只可惜自己沒有很聰明，到了後半段反而有聽沒懂。	繼續保持。
27.	電子學三到了比電子一二還困難的東西，雖然困難但是獲益良多。	希望之後可以不要開課在早 8.有點累，教室太小，人太多，擠不下。
28.	老師教得很仔細	無
29.	學到很多電子一跟電子二的延伸應用。	教得很好無須改進。
30.	上課很充實	無

### (三) 討論：

- 以問題導向作切入的課程內容較能引起學生興趣來聽課，所以出席狀況普遍較高，也能提昇同學的興趣。
- 心得報告雖然部分學生沒有繳交，不過從其他大部分學生的心得報告中得知，讓同學自主學習的閱讀文獻資料，可以啟發學生更多的想法與學習興趣。
- 課程中除引發學習興趣外，更需要加強題目的演練範例，讓學生能更清楚的理解與應用自己學到的知識。
- 傳統考試如期中、期末考及小考等評分方式，因理論較多，教學時間有不理想的情況發生。在下個年度的教學，須再針對此項議題做修正，提供理論自修導引教材，或是以實驗課方式呈現。
- 現場環境設備需要學校與系所一起協調，提供適當的上課環境。

### 陸、 結論

本計畫以電子學三選修課程作為標的，將問題導向切入方式之引導教學融入傳統教學中，從學生上課過程的教材、課間討論、期末閱讀報告、學期測驗等相關觀察指標，藉由期末問卷與學期中考試來評量學習成效，由成果可以看到學生學習興趣提高與學習效果，多數學生認同課程且主動分享課程意見與想法，就學習成效而言也達到了不錯的預期結果。大多數學生對電子電路設計有更深入的了解，也在期待在接下來的學習，如類比積體電路設計，能快速進入狀況。整體而言，此課程的安排與教學，的確可以提供學生正面的幫助。本次課程中未加入足夠的例題演練，使得學生在學習過程中，對學習重點與內容的熟練變得較為吃力，下個學年在課程中應多增加相關材料幫助學生學習；在未來，若是系上教室分配允許，可爭取開設實習課，讓學生可以同時有足夠的時間進行演練，或是將部分理論內容改為預習與討論的方式，以提高學習效率。

### 柒、執行計畫活動照片



產品說明



投影片上課



影片說明



主題介紹

捌、附件

課程投影片、上課照片、上課錄影、期中試卷、期末試卷

備註：

本報告書大綱得視需要自行增列項目。