[我的教育專欄\_(95)](javascript:parent.view_file('2017-05-10%2011:21:05.949;262241214');) 如何使我們的學生對於工程技術有感覺

李家同

我最近和一位大學電機系的教授聊天，他坦白地向我承認一件我認為非常嚴重的事，那就是他們系的學生中 (大學部以及研究生) 都搞不清楚如何設計簡單的analog circuit。這使我非常吃驚，我就問他為什麼，他說他們的學生上電子學的課就學得一塌糊塗，所以對transistor, capacitor, inductor等等都很害怕。

我又發現了一件事，那就是我們台灣很多的大學電機系電子學的書是用那些大師寫的書，每本書都長達幾百頁，厚厚一大本，對頂尖大學的學生學起來也不輕鬆，但他們大概都還能應付得過去。很多中段班以後的大學就有極大問題了，對他們來說，他們應付考試唯一的辦法就是死背下來一些，對於線路毫無感覺。

我早就發現了這一點，所以我就寫了19章的analog circuit講義，對於每一個線路我都有SPICE的模擬實驗，就以最簡單的transistor而言，關於IV-curve就有11個實驗；關於CMOS也有11個實驗；關於operational amplifier有12個實驗。為什麼有這麼多的實驗？其目的在於學生不能只懂理論，而對真正的線路毫無感覺。其實要設計一個線路必須注意很多的參數，比方說transistor gate的大小就極為重要，gate上面的偏壓當然更加重要。很多線路不能工作往往就是gate的大小出了問題。

我最高興的是我最近搞懂了一個叫做PLL (phase lock loop) 的線路，我曾經到圖書館去找到了有關PLL的教科書，這些書從第一頁到最後一頁最多只有block diagram，其他全部都是數學。虧得中華大學的田慶誠教授懂得PLL的線路細節，所以我們慢慢地一步一腳印地將PLL的小線路先做好，然後再全部連起來，最後的結果是相當複雜的一個線路，含有500多個transistor。

當時設計這個線路的時候，當然要找一些學生來模擬，這位學生也是對電子學很無興趣的人，因為他怕死了那些理論，可是他看了我寫的講義以後就很快地可以上手，兩年之內順利地完成了很大的線路。

兩年前，我又開始找田教授一起研究有關電源線路的設計，我其實在當時對這些線路是一竅不通的。可是兩年下來，虧得田教授的幫忙，他找到了一位耐操的研究生，這位研究生實在也很厲害，他完成了LDO (Low Drop Out) 以及 Buck Convertor 線路的設計，我很多學生都在做這一類的線路，他們知道我不懂就常常唬我，我現在在他們面前幾乎可以平起平坐矣！

昨天我和這位同學做最後一次的談話，他告訴我他過去也是不懂這類東西的，他也是靠了看我的講義才敢碰這個線路。

但是大家也不要小看我，我學得也是很快的。有一天我看一個線路，立刻覺得這個線路不可行，當然當時那位學生做的實驗線路是可以動作的，可是我認為如果在別的條件之下，這個線路絕對不對。田教授也同意了我的說法，我們和那位同學談了以後，那位同學事後修改了他原來的線路，問題也都解決掉了，可見得我還是很厲害的。

我認識一位英國的電機工程師，他就很會設計線路，他告訴我他當年念電機的時候，在實驗室裡投所花的時間遠遠超過上課的時間。我當然認為上課仍然重要，可是該不該過份地強調理論，這是一個嚴肅的問題，在我看來，一個工程師一定要有實務的感覺，以後理論才有意義，光談理論是絕對不夠的。

好的工程師一定要知道很多細節，因為很多人都看過那些電子學的書，照說任何看過這種書的學生都能設計出偉大的線路出來，其實不然，因為我們要有經驗，偏壓不對或者capacitor太大或太小都會有問題。如果我們不讓學生至少有一些最基本的經驗，他是不能成為好的工程師的。在目前對於很多的電機工程師來講，他們始終不知道那些理論對他們有什麼用，所以他們變成上不及天、下不及地，理論一知半解。

我當年在Berkeley博士班的資格考，電子學只有一題，這個題目給的是一個放大器，只有兩個問題：

1. 這個線路可以做什麼？沒有經驗的人大概只知道它是可以做放大器，有經驗的人知道它是很多線路都可以從放大器變出來的。
2. 你該注意些什麼事情？

我相信我們的教授不會出這種題目的，學生也不習慣應付這種題目，大多數的學生都記得一些公式或者導一些公式，對實務毫無經驗，因此對於工程毫無感覺，這實在應該我們擔心的事。

我不久又要在清大教analog circuit的設計，很多電機系以外的學生也會來選這門課，最後也對於線路有很不錯的感覺。我好幾次在街上或者車站碰到一些人，他們往往來謝謝我，因為當年選了我的這門課，畢業以後可以設計analog circuit，薪水也都相當高。有一位特別地感謝我，因為我使他懂了operational amplifier是怎麼回事，其實他畢業以後做的是業務的工作，他替一家外國公司推銷operational amplifier，成績遠遠超過其他的業務員，因為他會將operational amplifier的功能講得一清二楚。那一天我在7-eleven買午飯吃，結果他就替我付了錢。

我實在很希望大家看我的講義，請進入以下的網站：

<http://t2.ecp168.net/webs@73/cyberhood/index.htm>

這個網站中當然還有很多其他我寫的講義，其中當然包含了analog circuit講義。