

# 電機系の奥義- 電磁波 × 圖靈之領域展開！過來人之血淚分享！

上個月，我被抓回高中母校去做校系分享。  
我覺得我準備的超讚，所以決定放上來！  
我想這應該也很適合已經步入我後塵(?)的學弟妹看一下。

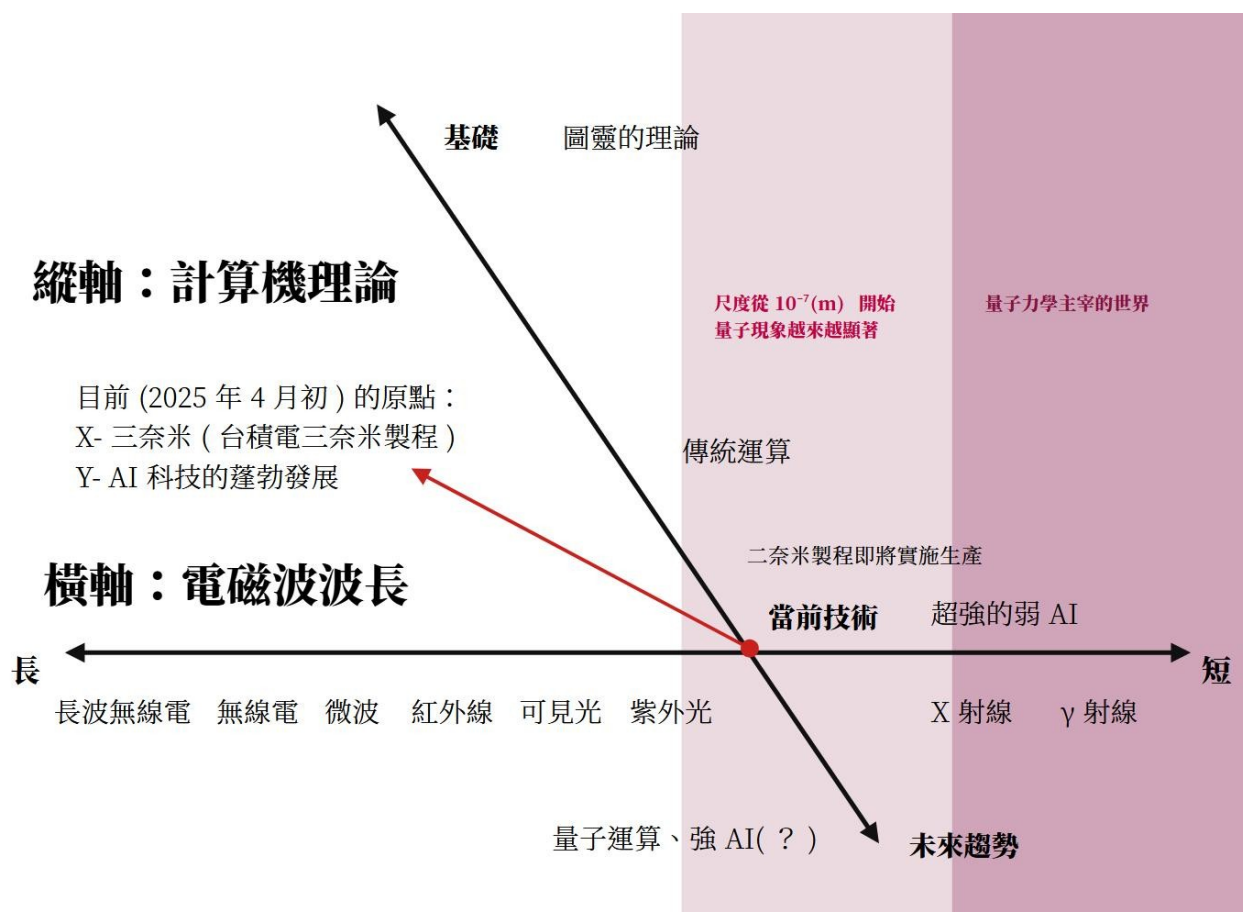
⚠Alert：本文在 GitHub 上有備份與時間戳記，請勿抄襲轉載！

## ♣ 簡述

基本上，電機系就是在學習一切與電相關の硬體技術。  
因此要建立一個電機系範圍圖譜，我會選作電磁波的波長作為橫軸。

並且俗話說的好，「科技來自於人性」。  
人類最重要的發明就是計算機（電腦、手機等），因此我們會特別著重學習於方面技能。  
所以我會以計算機理論作為縱軸。

那麼為何我在圖上畫的縱軸歪歪的呢？我相信看完這篇，你就會明白 XD



⚠️ **Suggest**：極度建議你上網用關鍵字搜尋「○○大學電機系必修科目表」，然後配著這篇文一起看。

## ♣ 縱軸－計算機理論

一切來自於艾倫·圖靈(Alan Turing)

有天，他在思考，我們是否可以製造一台機器來模擬人類的思考？

而這台機器，就是**計算機**的結構。這些任務能處理的任務，低階的從微控制器、Arduino，到現在高階的手機、個人電腦，甚至是用來跑 AI 的超級電腦！

### 輸入數字

首先，我們要設計如何讓機器讀進**數字**。

對於人類來說，我們習慣的數字表達方式是十進位，亦即數到十就進一位。故我們需要 10 個符號來表示數字，即：0、1、2、3、4、5、6、7、8、9。

我們可以使用可見光(e.g.寫在紙上、手語)、聲音(e.g.用說的)等媒材來傳遞；並用我們的受器，例如眼睛、耳朵，或是像視障朋友們一樣使用皮膚，去 input 進我們要處理的數字，接著藉由神經傳給大腦。

那麼對於機器來說，最適合傳遞數字的媒材是什麼？那當然就是「電」囉！

而受器就是這個機器的 sensor，接著藉由電線傳給後面的電路，進一步傳給 CPU、GPU 等。

但如果我們使用十進位的話，對實務設計上來說會有點麻煩。所以我們在這裡使用二進位，亦即數到二就進一位，舉例來說：

十進位的 1 = 二進位的 1

十進位的 2 = 二進位的 10

十進位的 3 = 二進位的 11

十進位的 4 = 二進位的 100

...依此類推，這樣我們需要的符號就只有兩個：0 跟 1。

這樣我們就可以分別用低電位/高電位，或是「開關」的關/開來表示 0 跟 1。

在這裡，我們常用的開關正是電晶體(有 BJT 和 MOS 兩種)。

在大二開始的電子學中，我們會學習電晶體的特性，以及如何將他們組成各種電路。

由於受限於物理特性，我們做出的開關無法真的做到理想的完全開與完全關，例如開的時候電壓會有損耗、關的時候會有電流流過。我們必須想辦法把誤差降到最低。

這就是**電子學**裡面最噁心最討厭的地方……

	人類	計算機
訊息媒介	光、聲波	電壓、電流
受器	眼睛、耳朵、皮膚	Sensor
訊息傳輸	神經細胞	電線
器官	大腦、心臟	CPU、GPU、變壓電路
基本單元	細胞	電路元件(電晶體、電阻 等)

## 運算

成功讓機器讀進數字之後，接著我們要處理這些數字，也就是做運算。

對於人類來說，我們習慣使用加減乘除等運算符，去對數字做操作。  
但根據二進位數字的特性，我們使用的運算符會比較不一樣。在這裡，我們使用的是布林邏輯，其中最基本的三個運算符就是 AND、OR 跟 NOT！

在大一的**數位邏輯導論**，基本上就是在教你布林邏輯是什麼，以及如何將布林邏輯與電路模型做結合。

	人類	計算機
數字系統	十進位	二進位
運算系統	代數運算	布林運算
運算符	+、-、 $\times$ 、 $\div$	$\cdot$ (and)、+ (or)、 $\neg$ (not)

## 訊號處理

拿人類的眼睛來說，我們接受到光的時候，必須經由神經細胞做初步處理，將光波轉換為能用於傳遞與處理的訊號。在經過不同的神經構造時，這些訊號也會跟著改變。

同理，機器接受到電訊號後，也會有一樣的轉換流程。

究竟這些訊號的轉換機制為何呢？這就是大二的**信號與系統**在學的內容！

## 硬體設計

如同人體是由不同細胞組成的，機器也是由不同的電子元件組成的。  
其中，對於具有運算功能的機器來說，最不可或缺的元件就是上面提過的「電晶體」。

在**積體電路、IC 設計**等相關課程中，會教你怎麼把基礎的電晶體電路組合起來，成為複雜的大型電路、也就是晶片構造。

(補充個，你會使用一個叫做 VHDL 的程式語言寫電路的藍圖，接著先燒給一個叫 FPGA 板的東西做成樣品，確認是否符合你要的運作，等確認了再拿去機台大量生產！)

順帶附提，我們會希望在同樣的尺寸之下，晶片裡塞的電路越複雜越好。電路的複雜程度可以視為與電晶體數量成正比。所以這個目標又可以解讀為：如何在同樣的尺寸下，塞入更多的電晶體？——也就是讓電晶體越小越好囉！

如何突破物理限制讓電晶體越來越小，這就是**固態物理**相關課程在教的事了！

而事實上，所有的電子元件都可以被等效為三種元件的組合：電阻、電容、電感。在大一的**電路學**中，就會教你這三種元件的特性，與各種由他們所組成的基本電路。

## 機器的靈魂

如果說，人類的肉體需要靈魂才能做思考。

那麼對於機器來說，能讓硬體動起來的靈魂是什麼呢？——就是演算法！

基本上，演算法就是針對一個任務(e.g.解一道數學題、烤一個蘋果派)，設計的一套步驟、也就是指令。

我們會使用程式語言寫好一套演算法給機器，讓機器根據每一條指令開始動作。這就是大一的**計算機概論**在教的事！

上述的內容主要著重在「讓機器進行數值運算」的部分。

但其實只要我們把每個文字對應到一組二進位數字，也可以讓電腦進行文書處理、資料儲存等非數值應用。

更進一步，就能做到像現在的 AI 一樣神通廣大！

## 超出原點後，縱軸的未來發展

### 硬體

事實上，上述提到的將電晶體越做越小的部分，到最後一定還是會到達到一個極限，無法無限縮小。

此外，電機系專注的內容多在**傳統計算**，也就是不使用量子現象來進行操作。因此在做運算時，電晶體一次只能呈現一個狀態，也就是一翻兩瞪眼的 0 或 1。

現在**量子計算**已經開始蓬勃發展，這跟傳統運算是不太一樣的結構。

就元件部分，我們捨棄了電晶體，使用了其它能展現量子現象的結構(e.g.量子點)。這些元件可以呈現疊加態，也就是同時處於 0 和 1 的量子現象(也許我之後還會再寫一篇文章介紹)，讓原本需要分成一次一次來的處理的資料可以同時一次就完成操作，計算速度就比傳統電腦高上了超級多倍！

而量子計算邏輯跟電路技術跟傳統計算也差了很多，非常有可能會變成新的一個科系。(台灣已經有好幾間學校有成立量子計算的系囉!)

軟體

現在 AI 發展的極為迅速。而 AI 能執行的任務越複雜，則所需的硬體設備也就更複雜。現在已經有很多人在用量子電腦跑 AI 了，不失為以後的趨勢！

因此在填下電機系之前，也許可以再慎重地思考一下！

## ♣ 橫軸－電磁波波長

我們在文章最開頭有提到，電機系就是在學習一切與電相關的東西。

我們在縱軸提到的計算機，事實上只是其中一種類型而已，需要電的東西還多著呢！

這就是我選擇以電磁波波長作為橫軸的原因！

我們可以從尺度上來認識電機系的應用領域。

### 長波無線電：大於 $10^4$ (m)

性質：不可穿越大氣層。

應用：大氣層下的長途傳輸 (e.g. 潛艇通訊、地層穿透)。

### 無線電： $10^4 - 1$ (m)

性質：可穿越大氣層。

應用：多應用於通訊 (e.g. 天線、衛星)，或長途電力運輸 (e.g. 高壓電線路)。

### 微波： $1 - 10^{-4}$ (m)

性質：大部分可穿越大氣層。

應用：雷達、Wi-Fi、5G。

大一電路學適用的尺度。

(大一電路假設導線長度遠小於波長，故可以不考慮傳輸延遲。)

### 紅外線： $750 \times 10^{-9} - 10^{-5}$ (m)

性質：會被大氣層中的氣體分子吸收。

應用：熱源偵測 (e.g. 熱成像、夜視鏡、紅外線溫度計)、遙控。

### 可見光： $750 \times 10^{-9} - 390 \times 10^{-9}$ (m)

性質：高中時有學過的「可見光窗戶」+ 人類可見。

應用：螢幕、影像等各種人類視覺有關的技術，都在這個波段。

**紫外光：** $400 \times 10^{-9} - 10 \times 10^{-9}$

性質：分子尺度。

應用：光刻、加熱、微影技術

量子現象從  $10^{-7}$  開始就會越來越顯著，對於傳統計算的發展是最挑戰的地方！  
固態領域就從這裡開始，專注於材料的物理與化學特性，以做出更小的電晶體與電路來。

**X 光：** $10 \times 10^{-9} - 10^{-11} \text{ (m)}$

性質：原子尺度。

應用：醫療成像、晶體分析

台積電領先全球的三奈米製程(簡單而言，也就是讓電晶體中的電流通道縮小至 3 奈米。)

**$\gamma$  射線：**小於  $2 \times 10^{-11} \text{ (m)}$

性質：原子核尺度。

應用：放射、核物理

進入量子物理主宰的世界！→ 傳統計算的極限，量子計算的開始。

由上可見，電機系必須跟「電」打一堆交道，於是摸清楚電的物理特性是非常重要的！  
這就是大二**電磁學**在學的東西。

## ♣ 除此之外……撐起一切的數學基礎

我們都知道，物理的語言就是數學，而工程就是建立在物理上面。

電機系的數學……噁嘔嘔嘔嘔嘔嘔嘔嘔嘔嘔嘔。

以下先讓你知道個大概，之後你可以慢慢享受這些鬼東西的醍醐味。

**微積分：**應用物理離不開的東西……這是二類仔都無法倖免的吧。

**線性代數：**信號與系統相關超常使用。(量子計算也很常用)

**微分方程：**給你一個系統的方程式(e.g. 電路方程式)，再給你一組 Boundary Condition，讓你解出變數的狀態解 (e.g. 電壓、電流)。

**複變：**先警告個關鍵字——傅立葉變換 (Fourier Transform)，時域頻域互換的十八層地獄 (抖)

## ♣ 結語

我不太會寫結語><

但我自己的想法是：**不要一窩蜂地跟著大家去。**

先想好你為什麼要念這個系？代價是什麼？

目前的產業前景與高薪能維持多久？

會不會你哪一天就被 AI 給取代？會不會哪一天又橫空冒出一個新技術？

而且我認為台灣令人非常擔憂的一點就是短視近利與盲從。

選校系是對未來的一筆重大投資。

投資一定有風險，就讀前請先詳閱公開說明書哇！