

電與電子技術

Technical electricity
and electronics

原著者：P. Buban

M L. Schmitt

譯述者：許 明 全

科技圖書股份有限公司

電與電子技術

Technical electricity
and electronics

原著者：P. Buban

M L. Schmitt

譯述者：許 明 全

科技圖書股份有限公司

8135

『本書經過很多年來試教所得的結果，複習與討論及實作計劃的提示，對學生而言，更具意義。在電與電子技術方面的著名教育家，對本書有良好的評價。』——摘錄
發行者 McGraw-Hill 書局編審
主持人 C. H. Croneman 的介紹詞。

本公司經新聞局核准登記
登記證局版台業字第1123號

書名：電與電子技術

原作者：Buban and Schmitt

譯述者：許明全

發行人：趙國華

發行者：科技圖書股份有限公司

台北市博愛路185號

電話：31109

郵政劃撥帳號15697

六十七年十二月初版 特價新台幣130元

原 序

“電與電子技術”第二版在電與電子學方面提供更廣泛的學習領域。本書包含了基本的與更進一步的觀念，因而可有效的提供以前未曾學過電子學與電學的程度較高的學生們以及那些以前曾受過電學基本概念的學生們使用。

本書用直接的，易於瞭解的方式來解說理論與其相關的裝置及電路系統，特別使理論儘量配合實際應用，使學生得到更有意義的學習經驗。關於這一點，較有趣的課題計有：(1)測試步驟；(2)故障檢修步驟；(3)電路分析；(4)讀圖及作圖技術；(5)電路組合與接線技術；(6)雷達與雷射等。

第二版另外加入了一個重要的課題為：數位電子學，這方面的課題愈來愈有用，亦可加強學生的知識領域。為了幫助學生認識慣用的單位與公制單位的關係，在可能情況下，都用括號註明兩種單位的等量值。實作部分完全重新修訂。

數學部分已經增加並予改變，儘量顯示數學與設計的密切關係，使數學成為解答實際問題的工具。

本書可提供教師們與學生們討論問題的絕佳機會。關於此點，最好注意每節最後面所附的“複習與討論”，這些均可用來作為自我評估與繕寫報告或作其他自我學習的經驗。附錄，將帶給學生們一些實用而且有趣的課題。

作者和發行者竭誠歡迎您們提出關於本書的建議與批評。

Peter Buban 彼德·蒲彭
Marshall L. Schmitt.
馬歇爾 L. 舒密特

前 言

電與電子技術正在快速的發展，顯示出一個更富有挑戰性的未來。實際上所有工業活動都依賴電能。在未來的太空領域中，似乎還沒有明顯的限制存在，而對於太空探測的快速發展，就是電子技術擴展的結果。

爲了跟上技術的進步，“電與電子技術”的第二版要比第一版增加了若干內容，這是一本較深入的教科書。可與同一作者所著電與電子津逮 (Understanding Electricity and Electronics) 合用。書中所提到現代電子技術的複雜觀念與系統，在必要的地方都加注公制單位，另有一編述及數位電子學。

如同第一版，本版是經過很多年成功的試教所得的結果。複習與討論以及實作計劃的提示，使本書對於學生而言更有意義。在電學與電子學方面著名的教育家，對於本書已有良好的評價。

編者、作者與發行者認爲本書在工業電子學方面作進一步的技術課程，仍繼續滿足基本的需要。目前研習發展如此快速的電子技術的學生，可能就是本世紀所構思與設計複雜的電子系統，使旅行與探測其他星球成爲事實的主角之一。

Chris H. Groneman

居里斯．H．古南夢

電與電子技術

目 錄

第一篇 基本法則與裝置	1
第一章 電能與功率.....	2
第二章 物 質.....	5
第三章 運動中的電子.....	21
第四章 半導體.....	32
第五章 歐姆定律與電功率.....	44
第六章 電阻與電阻性裝置.....	50
第七章 電容量與電容器.....	63
第八章 安全守則.....	79
第二篇 磁學與電磁學	91
第九章 磁的性質.....	92
第十章 電 磁.....	103
第十一章 交流電壓與電流.....	113
第十二章 自 感.....	127
第十三章 變壓器.....	132
第十四章 磁的各種裝置.....	148
第三篇 電路分析	157
第十五章 電阻性電路.....	158
第十六章 電感性電路.....	173
第十七章 電容性電路.....	194
第十八章 諧振與調變電路.....	212

第四篇 各種裝置與電路的功能231

第十九章 整流器與整流電路	232
第二十章 電晶體	254
第二十一章 電晶體放大級	267
第二十二章 電子管	289
第二十三章 放大系統	300
第二十四章 振盪器	319

第五篇 測試與量度337

第二十五章 儀 表	338
第二十六章 電流、電壓與電阻的測量	345
第二十七章 其他測試儀器	262
第二十八章 檢修的步驟	383

第六篇 繪圖與製造技術397

第二十九章 電子製圖	398
第三十章 組合與配線技術	412
第三十一章 印刷電路	438
第三十二章 積體電路	452

第七篇 電子通信461

第三十三章 發射機	462
第三十四章 調 變	475
第三十五章 接收機基本原理	488
第三十六章 發射機與接收機系統	497
第三十七章 電 視	516
第三十八章 雷達與雷射	538

第八篇 數位電子學547

第三十九章 基本數位電路	548
--------------	-----

第九篇 實作計劃提示	560
第四十章 概 說	561
附 錄	571

第一篇

基本法則與裝置

本篇將講述電學（electricity）、電子學（electronics）的基本定理，及一些電子裝置的理論。其中包括在固態技術（solid-state technology）方面佔很重要地位的一些半導體產品（semiconductor products）。

安全守則，也是本篇的課題之一。這對於從事電方面工作者相當重要。瞭解正確的安全法則，可以避免不必要的危險。

第一章 電能與功率

一般來說，電學與電子學，主要是研究電子在一個完整的電路系統中，各種導體及裝置裏面流動所帶來的能量問題。它的理論根據，有些已經被發現了幾世紀，有些直到最近才發現。電學（electricity），是以電子流過各種實心導線為研究範圍；電子學（electronics），則研究在一個電路系統（circuit system）中，電子管（electron tubes）、二極體（diodes）、電晶體（transistors）等如何控制電子流動（flow of electrons）的問題。

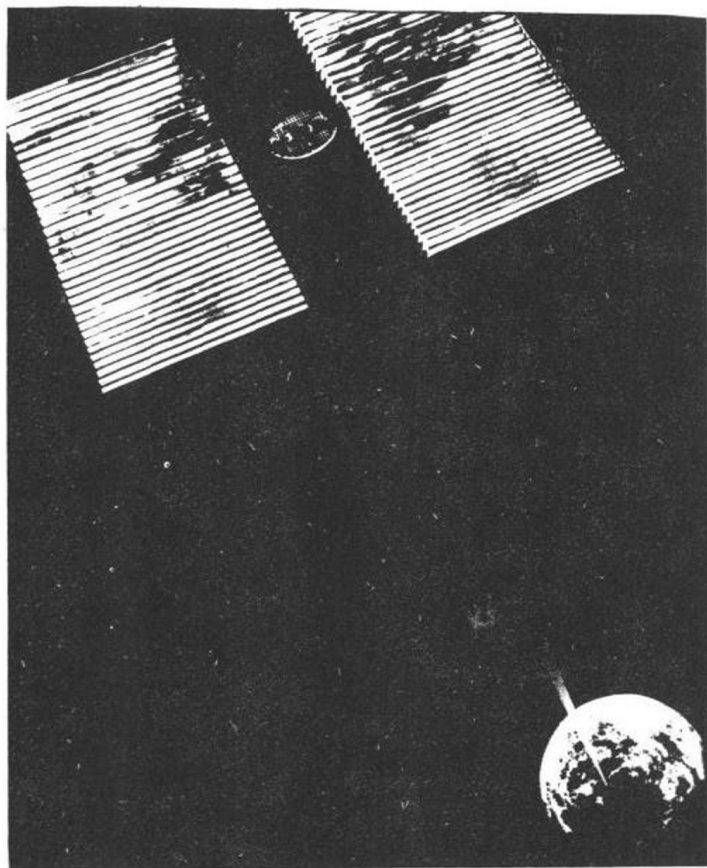
1-1 位能與動能

能量（energy），代表工作的能力，它以位能（potential energy）與動能（kinetic energy）兩種形式存在。位能可視為一種儲存的能量。舉例而言，電池的正負極間存有位能，這種能量的形式，稱為電壓（voltage）。電壓，可迫使電子流過接於電池兩極間的電路，電子流動的結果，就可作功。像使燈泡發光，電鈴響皆是。運動的能量稱為動能。

1.2 能量轉換

由能量守恒定律（law of conservation of energy）可知，能量無法創造或消滅。但是，能量可從一種形式變成另一種形式。例如電能（electric energy）可轉換成熱能（heat energy）、光能（light energy）、化學能（chemical energy）或磁能（magnetic energy）。

試研究白熾燈的工作情形。當電子流過燈絲時，燈絲對電子流產生阻力，有一部分電能轉換成熱能，促使燈絲進入白熱狀態，也就是說，有一部分電能轉變成了光能。



藝術家筆下太陽輻射能如何藉太陽電池轉換成電能，然後以微波將電能傳送到地球，接收到的微波又以很高的效率轉換成直流電。

1.3 效 率

在一個電路系統中，電能轉換成所需能量的程序，被定為該系統的效率（efficiency）。白熾燈，一般是用來照明的，在發光的過程中，大約有一半電能被轉變成熟能，所以白熾燈的效率，只有 50 %。

1.4 功 率

4 電與電子技術

做功的時率 (time rate) 稱為功率 (power)。也可定義為，能量從一種形式轉換成另一種形式所需的時間。

一部機器轉換能量的能力，用功率定額 (power rating) 來表示。假若一部馬達比另一部馬達功率定額大，那表示該馬達將電能轉換成磁能的速率較快。這也意味着該馬達在同一時間內，可以做更多的功。

電能，通常是由電池 (electrochemical cells or batteries) 或發電機 (electromagnetic generators) 所提供。

1.5 電 路

電路 (electric circuit)，是指一個將電能轉換成各種不同形式能量的裝置 (device)，一個有效的電路，通常包含四個基本部份：能源 (energy source)、可供電子導流的導線 (conductors or wire)、控制裝置 (control device) 與負載 (load)。負載，是整個系統中能量發生轉換之處。前面所提到白熾燈與電動機 (electric motor) 即為負載的例子。

1.6 複習與討論

1. 試定義能量。
2. 說明位能與動能的區別。
3. 試問電流是位能還是動能？為什麼？
4. 試述能量守恆定律。
5. 試定義功率。
6. 何謂電路？
7. 試述有效電路所應具備的四個基本部份。
8. 負載在電路中的作用為何？

第二章 物 質

任何佔據空間並具有重量的物都稱為物質（matter）。物質，是由極微小的電子所構成。所有物質，皆可歸類成元素（elements）與化合物（compounds）兩種。元素，是由相同的原子所構成，到目前為止，人類已經發現一百多種不同的元素。其中包含自然存在的元素像鋁（Al）、碳（C）、銅（Cu）、鎳（G）、矽（Si）等。一部分較特殊的元素像氖（Ne）、鐳（Pu）等可由核分裂（nuclear bombardment）的方法製造。核分裂，是將質子（protons）或中子（neutrons）以粒子加速器（particle accelerator）（圖2-1）加速到高速，然後導引高速粒子撞擊原子核而產生的。

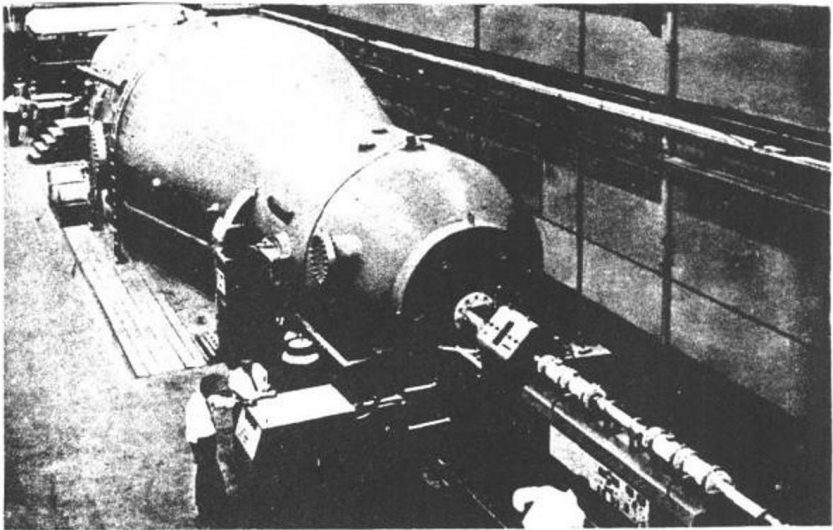


圖2-1 用來研究原子結構的范氏（Van de Graaff）加速器

元素的原子結構 (atomic structure)，決定元素的特性。同一元素的組成原子都是一樣。反之，不同元素的組成原子，就不一樣。

地球上的物質，大部分由元素彼此化合所產生。像水，就是氫與氧的化合物，保留化合物原始特性的最小單位，稱為分子 (molecule)。

2.1 原子結構

原子，在希臘文裏是不可分割的意思。十九世紀末期，科學家才放棄了原子是不可分割的說法。實驗證明，原子是由更微小的粒子 (particle) 所構成。經由電子理論 (electron theory) 可以解釋這些微小粒子在原子中的組成情形，並說明電子的活動性 (activity)。

原子太陽系 (atomic solar system) 學說：形成電流的基本負電荷是電子 (electrons)。在原子結構中，電子繞着原子核 (nucleus) 旋轉。(圖 2-2) 構成電流的基本正電核是質子。質子存在於原子核中。原子核中質子的數目，稱為該原子的原子序 (atomic number)。

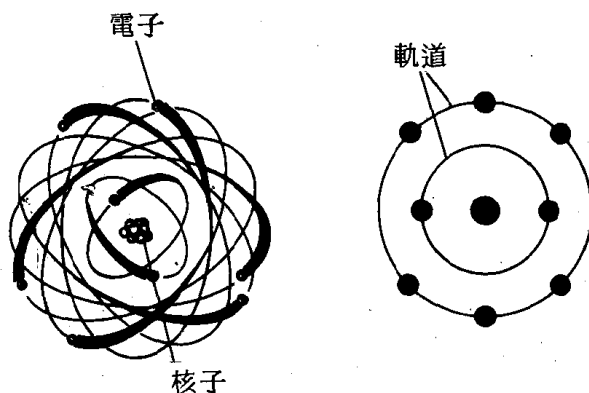


圖 2-2 氧原子的原子核與電子

不同元素的原子，具有不同數目的電子與質子 (圖 2-3)。在自然狀態下，一個原子，含相同數目的質子與電子。因正電荷與負電荷數目相同而彼此抵消。所以正常原子是電中性 (electrically neutral) 的。

能階：一個穩定的原子，包含處於各種能量狀態的電子。這種能量分佈，稱為能階 (energy levels)。電子的能階與該電子距原子核的距

離成比例。更明確地說，距原子核較遠的電子，具有較高的能階。

原子，可經光或熱吸收能量。在吸收能量的過程中，有些電子得到能量，而升到較高能階。整個原子的能量，也因而提升。使一個電子由某一能階提升到次高能階所需的能量，稱為一個量子（quantum）。上述電子能階提升後，原子即進入激勵狀態（excited state）。

原子在激勵狀態時是不穩定的。當激勵能量（exciting energy）消失後，經提升的電子試圖回到原來的能階。原子必須釋放出一個量子的能量，才能使電子降回到原來的能階。釋放能量，通常以電磁輻射（electromagnetic radiation）的方式進行。

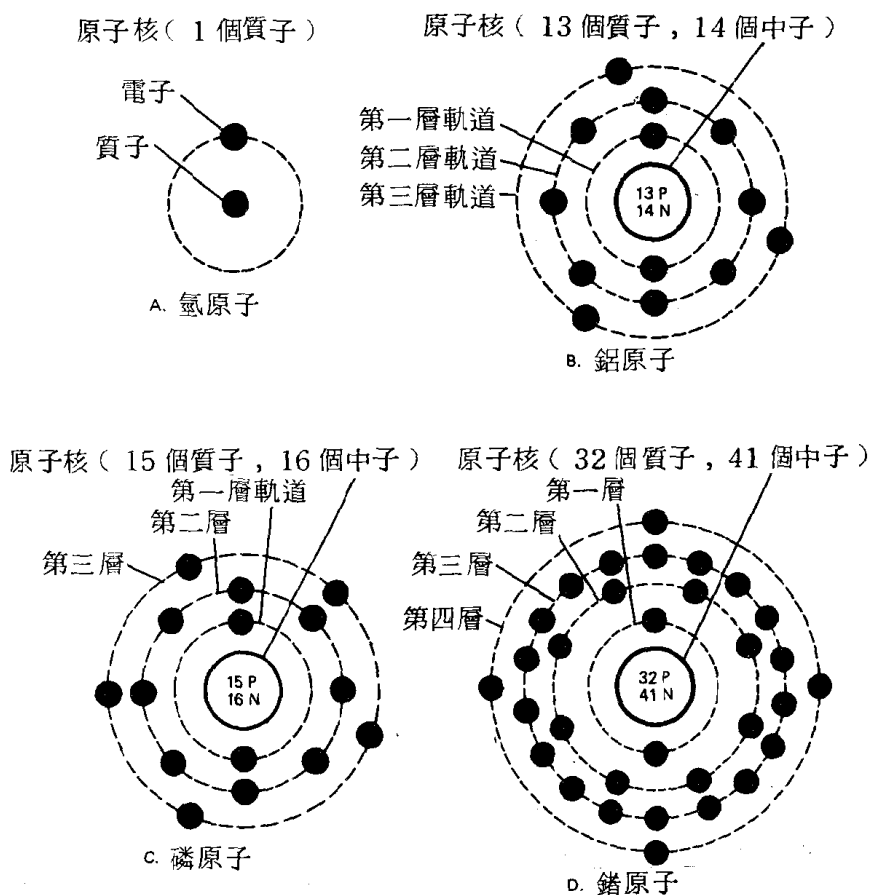


圖 2-3 四種元素原子所含質子與電子

原子量與同位素 (atomic weight and isotopes) : 將 C_{12} (Carbon-12) 原子量訂為 12.0000 , 其他元素的原子量就以此為標準相互比較而定得。假如某一原子的原子量是 24.0000 , 則該元素每一個原子的重量為 C_{12} 原子的兩倍。

某些元素的構成原子,雖然有相同的原子序 (注意,原子序即為該元素的質子數), 但是核中的中子數 (number of neutrons) 卻不同。這就構成同位素 (isotopes) 。例如一般氫原子核中,僅包含一個質子,但是氫的同位素,氘 (deuterium) 原子核中,卻含一個質子與一個中子。氫與氘的原子量不同。

束縛能:科學家發現,當質子與中子互相結合而構成原子核 (atomic nuclei) 時,有一小部分質量,轉變成使它們結合在一起的能。這種能量,稱為束縛能 (binding energy) 。束縛能至今仍未完全瞭解,不過可假設束縛能是用來克服質子間相互的排斥力。

2.2 自由電子

電子繞着原子核旋轉,所帶的能量與它與原子核的距離有關。在物質中,電子若與其它原子碰撞,某些電子可能得到足夠的能量,以改變運行的軌道,使電子進入較高層能階,而離原子核的距離加大。當外層電子與其它粒子相撞,某些粒子可能得到足夠的能量以逃離原子核的吸引力,變成自由電子 (free electron) 。自由電子可在物質中隨意運動 (random motion) 。(圖 2-4)

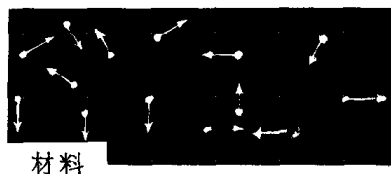


圖 2-4 自由電子在導體中隨意運動

自由電子僅能維持相當短暫的運動狀態。很快就經由再結合的過程,釋出能量,再成為原子的一部分。任何物質中,電子釋放,然後再結合的

過程，以穩定的速率不斷進行。因此，當外界條件固定不變（例如溫度保持一定），在物質中，固定容積所含自由電子數亦不變。

原子限額：原子的電子軌道僅能容納固定數量的電子，每一層電子軌道所能容納最高額的電子數稱為原子限額（atomic quota）（圖 2-5）。假如原子最外層軌道限額，已經填滿電子，該原子就失去與其它元素產生化學結合的傾向。這種原子所結合成的元素稱為惰性元素（inert atom）。一般惰性元素有氩（Ar）、氦（He）、氖（Ne）。

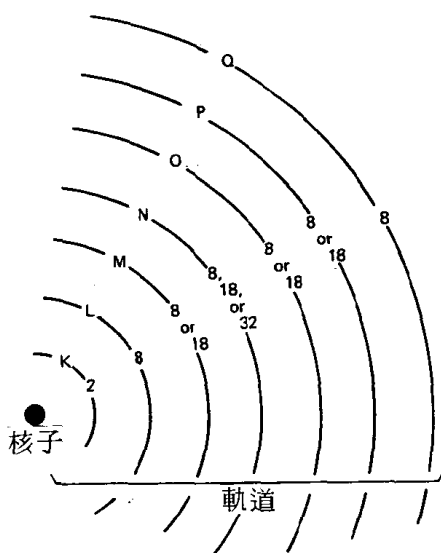


圖 2-5 原子軌道的名稱和每一軌道的電子限額

當原子外層軌道未能填滿，該原子可能失去或得到電子。得失必須依限額及和電子被原子核束縛的情形而定。大部分金屬原子（metallic elements）的外層軌道，僅有一兩個電子。距填滿限額還有一段相當長的距離，因此金屬原子傾向於失去電子。相反地，非金屬原子（nonmetallic elements）外層軌道的電子數，已接近填滿限額，因而傾向得到電子，使能完全填滿限額。總之，各種原子都希望藉失去或得到電子，使其外層軌道達到滿額，以便成為穩定狀態。

繞行電子的能量與行動，直接影響原子的電特性，尤其是外層電子，