

國家科學叢書

電子裝置與電路理論

(第三版·上册)

Robert Boylestad 著
Louis Nashelsky

傅以勇 譯

Electronic Devices
and Circuit Theory

THIRD EDITION

Electronic Devices
and Circuit Theory

電子裝置與電路理論

(第三版·上册)

原著者：Robert Boylestad
Louis Nashelsky

譯者：傅以勇

Electronic Devices
and Circuit Theory

電子裝置與電路理論

(第三版·下冊)

原著者：Robert Boylestad、
Louis Nashelsky

譯者：傅以勇

■ 電子裝置與電路理論 (上册)

定價：新台幣壹佰壹拾元整

原著者：Robert Boylestad & Louis Nashelsky

譯者：傅以勇

總策劃：林洋慈

發行人：林大坤

發行所：國家出版社

總經銷：國家書店有限公司

郵撥：104801帳戶

總公司：台北市新生南路一段126之8號3樓

電話：3926748・3926749

門市部：台北市信義路二段128號

電話：3912425・3912434

印刷所：東遠印刷廠

1984年6月

行政院新聞局局版台業字第零陸零貳號

■ 電子裝置與電路理論 (下冊)

定價：新台幣壹佰肆拾元整

原著者：Robert Boylestad & Louis Nashelsky

譯者：傅以勇

總策劃：林洋慈

發行人：林大坤

發行所：國家出版社

總經銷：國家書店有限公司

郵撥：104801帳戶

總公司：台北市新生南路一段126之8號3樓

電話：3926748 • 3926749

門市部：台北市信義路二段128號

電話：3912425 • 3912434

印刷所：東遠印刷廠

1984年6月

行政院新聞局局版台業字第零陸叁貳號

原序

本書在基本電子學領域中，主要是爲了兩個學期或三個學期的課程而設計編寫的教材。本書希望學者有學過直流電路分析的課程且已學過交流電路分析或是正在修交流電路分析。本書所需要俱備的數學背景（或程度）是與交流電路分析課程中所需要的是相同的。

爲了幫助讀者瞭解每一章之重點起見，本書含有許多的例題在內。同時附有極多的插圖說明，以便使讀者能融會貫通書中的新觀念及技術。本書當中重要的結論皆以加框的方程式或粗體字的答案來予以強調，使讀者能注意其重點之所在。

這本書是由作者兩人就連續多年親自教授電子學的心得所編寫而成的。無論如何，在這十八章實際的教材課程遠超過只有十五週的兩個學期（或是十週的三個學期）。這篇原序對於如何選擇適當的教材提供了最佳的建議。

第三版的出書我們認爲是有所必要的。顯然的，在本書於 1978 年發行第二版以來，關於電子工業方面的貢獻是可以加以推介的。然而，由於積體電路日漸擴充之用途，相對的此種性質的初級教科書對這種教授課程範圍亦更爲深入增廣。甚至在第三版中使我們有機會反應出近幾年來的建議與批評。每章的習題都經由仔細校閱與修正以便顯示出更爲實用的方向。課本和教師手冊亦然，儘可能的使第三版精確。各種習題的計算機解答加進，不但能夠配合當今的趨勢且加強教科書中出現的一些結論。總言之，第三版所顯現的正是作者們爲了讓本書的內容能跟得上現代趨勢與進步所做的一切努力。

基本上，前面八章所談論的是關於電子裝置的基本知識——包括構造、偏壓、和作爲單級時之操作。這些教材可在第一學期中授課，且授課者可選擇某些重點加以說明或可略掉某些部份。這些課程在開始授課時應先

介紹半導體二端裝置的理論與操作。並將重點置於半導體二極體上。由於一般的理論課程均有另一門實驗一起講解，故在取材時將以實際電路為例題以便能在實驗室中實地操作。

第二章所討論的是包括一些二端裝置的詳細解說，如齊納二極體、LED、LCD、太陽能電池、蕭特基二極體等等，這些年來此等裝置已變得越來越重要。我們更是以相當嚴謹的態度來試著擴充講解範圍以確保某些實用上的考慮與其用途能被充份的瞭解與應用。

在第三章提及雙極性接面電晶體之構造與操作理論。電晶體的操作係同時以數學分析法與圖解法來說明的；電晶體的放大作用亦都下了定義且作了示範。因為作者們認為若在這門課程的開始時引用實際的電流方向，可導致教材的內容較容易被讀者吸收。並且擴大編排規格表的介紹來增加其可讀性並充實其裝置的應用。

如果以作者們多年的授課經驗而言，在開始時將雙極性接面電晶體之直流偏壓及交流操作分開來加以討論，相信一定會讓讀者對雙極性接面電晶體的作用增進更多的瞭解能力。因此，在第四章就只有針對雙極性接面電晶體之直流偏壓來研究。其中包括了共射、共基，和共集（射極隨耦器）各種組態之各式偏壓電路在內。並有很多的例題來加強原理的說明。

如果可能，第一學期的電子學應該先講授場效電晶體（FET）。而對BJT雙極性接面電晶體的直流偏壓有了認識之後，第六章就講解很多實用的場效電晶體電路。我們曾考慮在第四與五章的直流偏壓法和第六章的交流分析之場效電晶體，但是憑著作者過去多年的經驗，每講一個專題雖然耗費很多的時間，然而學者却很容易接受場效電晶體視其為一種次要的裝置。將場效電晶體單獨列為一章足以強調其重要性與其適當的應用。本章內容有大幅度的修正，以便將圖解法容納在內，使讀者能直接利用圖解法為任何場效體求出直流電壓階。

第七章為基本電子學最重要的一章，故無論是在怎樣的一門課程當中都應該有充份的時間講解。我們先討論雙極性接面電晶體交流等效電路之

導法，再來是對整個小信號電路之交流操作的分析。本章的討論（如同第四章一般）多半是關於數學方面的。但是，我們儘可能的讓數學部份簡短直接，並採用更多的例題使讀者的觀念加深。先提出電晶體的拼合等效電路，分析時再由工程方面的觀點來加以簡化，如此更爲確實得多。接著介紹簡化的電路模型，如此於分析雙極性接面電晶體電路時更會引起學者的學習興趣。同時在本章裡亦增加了計算機之印出結果。

第八章所說的是場效體之交流小信號分析且有許多例題與計算機解答。

第九章，討論的是複級之雙極性接面電晶體與場效電路，可以作爲第二學期的開始。各級之負載，整體增益之計算，和分貝的用法均包括在這最重要的一章。某些例題被用來加以強調其中主要的各個項目。對於複級放大器逐漸加強近似分析法之應用。至於頻率的教材基於清晰起見已經全部修訂完畢。另外，並增添了某些組態之計算機分析來證實所得之結果的精確性。

第十章論及一些基本之功率放大電路中的強力電晶體之操作情形。大部份的重點在於推挽式電路。其中說到用變壓器與不用變壓器之電晶體推挽電路。也提及關於近似互補之推挽放大器和B類放大器之功率與效率。

第十一章是各項 PnPn 四層裝置的專題——其構造、操作，和電路之應用。本章可快速代過或略去，如果不講解，並不會失去其連貫性。在本章我們也介紹了（UJT）單接面晶體以及（PUT）可規劃的單接面電晶體。

（ICs）積體電路之製作和構造如何則在第十二章裡面。最近曾訪問 Motorola Corporation 的 Phoenix branch 的關係所以本章的內容已有大幅度的改變，亦將其改變的進步融合一起。倘屬必要，本章內容亦可指定是學習者主要之閱讀作業。

第十三章至十六章討論的是常用的線性積體電路——包括基本之製作、操作、以及相當重要的實際應用。這幾章所講解之課題皆具有代表性的最新觀念與時下電子界的展望。此乃第三版之主要內容也是最新的教材。

第十七章的回授放大器與振盪器囊括了上一版的大部份教材。而第十八章，在上一版的教材中已對陰極射線示波器作了刪減的處理。

欲使本書更適合作為教學之用幾乎每章都有實用的例題。而每章後面的習題所用到的觀念都是有關各節中最重要的各點。本書已經過審慎的修正使得所用的單位和插圖均能合乎工業上的標準。

我們衷心感謝 Queensborough 社區學院電機系的 Aidala 與 Katz 兩位教授歷年來不停的給予協助和鼓勵。另外還有 Mrs. Doris Topoi 以及 Mrs. Helene Rosenberg 過去在打字清稿方面之協助與 Mrs. Susan Kennedy 對第三版部份原稿所作的打字工作。我們謝謝 Motorola 公司的 Mr. Marshall G. Rothen 和 Mr. Lothar Stern 不惜耗費寶貴的時間來幫助我們取得最新的 IC 製造方面的資料。還要致謝的是 Prentice-Hall 出版公司的 Ros Herion 盡全力促使本書可能是最佳的教科書出版，且 Dave Boelio 的鼓勵與支持使得第三版能快速又順利的出書。尤其感謝 Bob Carter 校閱全稿更提出相當寶貴的意見，讓本書更具有可讀性且在專有名詞與數學計算上臻為精確。最後我們由衷互致敬意為彼此在極端有價值且互惠愉快的合作下共同完成本書。

ROBERT BOYLESTAD

Hanover, N. H.

LOUIS NASHESKY

Great Neck, N. Y.

目 錄 (上冊)

第一章 半導體二極體	1
1-1 前言.....	1
1-2 一般特性.....	1
1-3 能階.....	6
1-4 外質材料—N型與P型.....	8
1-5 漂移電流與擴散電流.....	11
1-6 製造技術.....	13
1-7 理想二極體.....	15
1-8 基本結構及特性.....	20
1-9 過渡電容和擴散電容.....	28
1-10 反向恢復時間.....	29
1-11 溫度效應.....	31
1-12 二極體的規格表.....	37
1-13 半導體二極體的記號.....	41
1-14 二極體之歐姆計測試法.....	42
1-15 半導體二極體之製造.....	43
1-16 二極體陣列—積體電路.....	46
1-17 直流狀況.....	50
1-18 靜態電阻.....	53
1-19 動態電阻.....	54
1-20 平均交流電阻.....	58
1-21 等效電路.....	59
1-22 載波器與定位器.....	65
1-23 半波整流器.....	73

1-24 全波整流	75
第二章 齊納和其他兩端的裝置	91
2-1 前言	91
2-2 齊納二極體	91
2-3 蕭特基能障(熱載子)二極體	101
2-4 變容二極體	107
2-5 功率二極體	111
2-6 透納二極體	112
2-7 光電二極體	116
2-8 光導電池	120
2-9 紅外線發射體	122
2-10 發光二極體	124
2-11 液晶顯示	130
2-12 太陽能電池	134
2-13 熱敏電阻器	139
第三章 雙極性接面電晶體	149
3-1 前言	149
3-2 電晶體之結構	150
3-3 電晶體的操作	151
3-4 電晶體的放大作用	154
3-5 共基組態	155
3-6 共射組態	160
3-7 共集組態	167
3-8 電晶體的最高額定	168
3-9 電晶體規格表	170
3-10 電晶體的製作	176
第四章 雙極性接面電晶體之直流偏壓	187

4-1	概論	187
4-2	操作點	188
4-3	共基極 (CB) 偏壓電路	190
4-4	共射極 (CE) 電路連接	194
4-5	共射極之固定偏壓電路	196
4-6	偏壓穩定法	199
4-7	具有射極電阻之直流偏壓電路	205
4-8	與 β 無關的直流偏壓電路	207
4-9	電壓回授之直流偏壓電路	212
4-10	共集極直流偏壓電路	215
4-11	直流偏壓之圖解分析	218
4-12	直流偏壓電路之設計	222
第五章	場效電晶體	235
5-1	場效電晶體概論	235
5-2	接面型場效體之結構與特性	235
5-3	接面型場效體之參數	240
5-4	金氧半場效體之結構與特性	243
5-5	V 型場效體	249
5-6	互補式金氧半	251
第六章	場效電晶體之偏壓	255
6-1	固定偏壓法	255
6-2	自偏方式的接面場效電晶體放大器	257
6-3	利用萬用 J F E T 偏壓曲線求直流偏壓	263
6-4	空乏式金氧半場效電晶體的直流偏壓電	265
第七章	雙極性接面電晶體的小訊號分析	273
7-1	前言	273
7-2	交流頻域的放大作用	273

7-3	電晶體模型	275
7-4	電晶體的併合等效電路	278
7-5	h 參數的圖解法	282
7-6	電晶體參數的變化	287
7-7	利用併合等效電路作基本電晶體放大器的小訊號分析	289
7-8	在應用併合等效電路及其相關方程式時常用到的一些近似關係	303
7-9	近似的基極、集極和射極等效電路	318
7-10	替代方法	329
7-11	集極回授	342
7-12	摘要表	347
第八章	場效電晶體的小訊號分析	357
8-1	概論	357
8-2	接面場效電晶體 / 空乏型金氧半場效電晶體的小訊號模型	357
8-3	交流小訊號的操作	359
8-4	源極隨耦器電路	366
8-5	共閘極電路	371
8-6	場效電晶體放大電路的設計	373
8-7	場效電晶體作為壓變電阻器應用	377
8-8	場效電晶體的應用	379
8-9	高頻率的影響、密勒電容	382

目 錄 (下冊)

第九章 複級系統與頻率問題	389
9-1 前言.....	389
9-2 一般之串接系統.....	389
9-3 RC 耦合之放大器.....	391
9-4 變壓器耦合之電晶體放大器.....	399
9-5 直接耦合之電晶體放大器.....	402
9-6 疊接之放大器.....	404
9-7 達靈頓複合組態.....	406
9-8 分貝.....	414
9-9 對頻率之一般考慮.....	422
9-10 單級之電晶體放大器——對低頻之考慮.....	425
9-11 單級之電晶體放大器——對高頻之考慮.....	438
9-12 多級之頻率效應.....	445
9-13 串接之場效體放大器的頻率響應.....	448
第十章 大信號放大器	459
10-1 概論.....	459
10-2 串聯饋送 A 類放大器.....	459
10-3 變壓器耦合音頻功率放大器.....	463
10-4 放大器操作的分類與失真.....	473
10-5 推挽式放大電路.....	481
10-6 各種不同變壓器的推挽電路.....	487
10-7 功率電晶體之散熱座.....	497
第十一章 PNP 和其它裝置	505
11-1 前言.....	505

11-2	矽控整流器	505
11-3	基本的矽控制整流器	506
11-4	矽控整流器的特性曲線和額定值	509
11-5	SCR 的結構和接頭識別	512
11-6	矽控整流器的應用	514
11-7	矽控開關	519
11-8	閘極斷開開關	522
11-9	光動矽控制整流器	525
11-10	蕭克萊二極體	528
11-11	雙向觸發二極體	529
11-12	雙向觸發閘流體	532
11-13	單接面電晶體	534
11-14	光敏電晶體	541
11-15	光隔離體	544
11-16	可規劃之單接面電晶體	548
第十二章 積體電路		559
12-1	前言	559
12-2	最近的發展	560
12-3	單石積體電路	562
12-4	單石電路的元件	564
12-5	光罩	569
12-6	單石積體電路—反及閘	574
12-7	薄膜和厚膜積體電路	588
12-8	拼合式積體電路	588
第十三章 線性積體電路：運算放大器		591
13-1	基本的訊差放大器	591
13-2	訊差放大器電路	598

13-3	共模拒絕	617
13-4	實用的運算放大器	623
13-5	運算放大器術語的定義	626
13-6	直流電參數	627
13-7	運算放大器的基本原理	633
13-8	運算放大器的電路	637
13-9	運算放大器的應用	643
第十四章	線性積體電路：調節器（包括濾波器和電源供應）	659
14-1	概論	659
14-2	一般濾波器的考慮	659
14-3	簡單電容濾波器	663
14-4	RC 濾波器	671
14-5	電壓倍增電路	677
14-6	個別的電壓調節器	680
14-7	積體電路式電壓調節器	692
14-8	實用的電源	696
第十五章	數位積體電路	707
15-1	數位基本原理	707
15-2	積體電路邏輯裝置	713
15-3	雙穩態的複振器電路	718
15-4	數位 IC 單元	729
15-5	數位記憶單元	733
第十六章	線性／數位積體電路	739
16-1	概論	739
16-2	比較器	739
16-3	數位／類比變換器	748
16-4	界面	753

16-5	定時器	758
16-6	壓控振盪器	761
16-7	鎖相迴路	765
第十七章 回授放大器與振盪電路		775
17-1	回授觀念	775
17-2	回授連接的型式	781
17-3	實際的電壓串聯負回授放大電路	786
17-4	其他實際回授電路的聯接	790
17-5	回授放大器的穩定性——相角和頻率的問題	797
17-6	作為振盪器使用的回授電路之操作	801
17-7	相移振盪器	803
17-8	LC 調諧振盪電路	809
17-9	輸入調諧和輸出調諧的振盪電路	812
17-10	柯匹茲振盪器	815
17-11	哈特萊振盪器	815
17-12	晶體振盪器	818
17-13	運算放大器振盪電路	823
17-14	單接面振盪器	828
第十八章 陰極射線示波器		835
18-1	概論	835
18-2	陰極射線管——理論與結構	837
18-3	陰極射線示波器——偏向與拂掠操作	842
18-4	同步和觸發	849
18-5	使用校準過的示波器刻度所能作的各項測量	856
18-6	利用李沙育圖形來量度相位及頻率	864
18-7	特殊的 CRO 特性	869
附錄 A 拼合參數——變換方程式		879