

無線電原理

上 冊

張 文 編

高等教育出版社

子學研究所

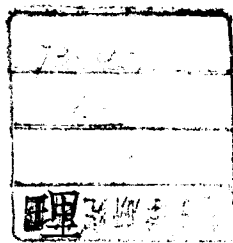
無線電原理

上 冊

張 文 編

高等科學出版社

無線電原



下 册

張 文 編



高等教 育 出 版 社

3303448

本書是根据無線电專業学生水平而編写的,着重物理概念,并注意联系实际与重点突出。本書共分为十四章:第一章为無線电基本知識及它在中国与苏联的發展情况;第二章为电路之件;第三、四章为电子管及含气管的性質与分析;第五章为声頻电压放大器;第六章为声頻功率放大器;第七章为負反饋;第八、九章为共振电路及耦合电路;第十章为射頻电压放大器;第十一章为射頻功率放大器;第十二章为振蕩器;第十三章为調制;第十四章为檢波。

本書可供無線电專業学生作为綜合性的参考書,也可作为非無線电專業、無線电爱好者及电信工作者的参考書。

本書分上下兩册出版第一章至第七章为上册;第八章至十四章为下册。

無 綫 电 原 理

上 册

張 文 編

高等教育出版社出版 北京宣武門內康恩寺7号

(北京市書刊出版業營業許可証出字第051号)

京華印書局印刷 新华書店發行

統一書号 15010.660 開本 850×1168¹/₃₂ 印張 10¹/₁₆ 字數 245,000 印數
1958年6月第1版 1958年6月北京第1次印刷 定價(10) 1.10

本書是根据無綫电專業學生水平而編写的,着重物理概念,并注意联系实际与重点突出。本書共分为十四章:第一章为無綫电基本知識及它在中国与苏联的發展情况;第二章为电路元件;第三、四章为电子管及含气管的性質与分析;第五章为声頻电压放大器;第六章为声頻功率放大器;第七章为負反饋;第八、九章为共振电路及耦合电路;第十章为剔頻电压放大器;第十一章为射頻功率放大器;第十二章为振蕩器;第十三章为調制;第十四章为檢波。

本書可供無綫电專業學生作为綜合性的参考書,也可作为非無綫电專業、無綫电爱好者及电信工作者的参考書。

本書分上下兩册出版第一章至第七章为上册;第八章至十四章为下册。

無 綫 电 原 理

下 册

張 文 編

高等教育出版社出版 北京宣武門內承恩寺7号

(北京市書刊出版業營業許可証出字第051号)

京華印書局印刷 新华書店發行

統一書号15010·661 開本850×1168¹/₃₂ 印張11¹/₂ 1/16 字數245,000 印數0001—4,000
1958年6月第1版 1958年6月北京第1次印刷 定價(10)¥1.80

序 言

本書共計十四章，即緒論、电路元件、电子管、含气管、声頻放大器(分电压、功率、反饋三章)、共振电路、耦合电路、射頻放大器(分电压、功率二章)振蕩、調制、檢波。在全部材料的次序安排上，曾經过多方面的考虑，力求其比較合理，以使有关部分可以紧密銜接。在适当的地方加入了例題，以帮助了解原理的运用。每章有若干習題，可供自習之用。每章之末有总结，可供复習参考之用。

書中所用的符号是目前国内所通用的及苏联書籍中所用的符号。名詞是根据中国科学院所公布的“物理学名詞”。外国人名在第一次出現时，一般都附注了原文(常見的名字除外)。

由于在編写初稿时的对象是学生，因此当时作者所抱的目的是：解釋力求詳尽；重点力求突出；推理力求适合学习者的思想發展过程，并注重物理概念的闡明，避免抽象講解。在改写中，除了重点加入我国及苏联科学家在無綫电方面的貢獻外，并在若干地方提出了一些可供进一步鑽研的問題，列举了有关書刊，以供参考。所以本書可以作为無綫电專業学生的一本綜合性参考書，也可以作为非無綫电專業学生、無綫电爱好者及电信工作者的参考書。

作者限于水平，本書虽几經校訂，但不妥及錯誤处恐仍难免，至盼專家及讀者們予以批評，以便改正。意見請寄高等教育出版社。

編 者 1958年元旦

目 录

序言	viii
第一章 緒論	1
1-1. 無綫电發明簡史	1
1-2. 波波夫所發明的第一只接收机电路 及火花振蕩發送机	4
1-3. 利用电能傳送信号的各种方式	6
(甲)有綫电报	6
(乙)有綫電話	7
(丙)無綫电报	8
(丁)無綫電話	10
1-4. 各种不同頻率电波的傳播	11
1-5. 無綫电通信需要高頻率的原因	12
1-6. 無綫电通信的基本設備	14
1-7. 射頻电能的各种产生法	16
(甲)火花放电	16
(乙)电弧發送机	17
(丙)高頻率交流发电机	17
1-8. 無綫电的应用及發展趨勢	18
(甲)通信和广播	18
(乙)导航及定向	20
(丙)雷达	20
(丁)电视	21
(戊)其他用途及發展趨勢	22
1-9. 無綫电事業在苏联的發展	24
1-10. 無綫电事業在中国的發展	28
第二章 电路元件	33
2-1. 电阻	33
2-2. 無綫电中最常用的电阻形式	34
(甲)固定繞綫电阻	34
(乙)固定合成电阻	34
(丙)可变电阻	35
2-3. 空心單層螺綫管	36
2-4. 空心多層螺綫管及分布电容	40

2-5. 趋肤效应	44
(甲) 概論	44
(乙) 在較高頻率时的趋肤效应	46
(丙) 减小趋肤效应的方法	48
2-6. 綫圈損失的表示法, Q 值的意义	49
2-7. 鉄心电感	50
(甲) 概論	50
(乙) 交流磁导率	51
(丙) 鉄心电感之計算	53
2-8. 磁性金屬	55
2-9. 实用电感的形式	58
(甲) 接收机用的綫圈	58
(乙) 發送机用的綫圈	59
(丙) 射頻抗流圈	59
(丁) 声頻抗流圈	60
2-10. 电容	61
2-11. 無綫电中所用电容器的各种形式	64
(甲) 以空气为电介質的电容器	65
(乙) 以固体为电介質的电容器	68
(丙) 电解电容器	70
本章总结	71
習題	74
第三章 电子管的基本性質及其分析方法	77
3-1. 引言	77
3-2. 热电子發射	78
✓ 3-3. 發射物質	83
(甲) 純鎢	83
(乙) 敷鈹鎢絲	84
(丙) 敷氧化物發射体	85
✓ 3-4. 实用發射体的構造	86
(甲) 直热式	86
(乙) 間热式	86
3-5. 二極管的静态特性曲綫	87
✓ 3-6. 三極管的基本性質	89
✓ 3-7. 电子管系数(參量)	93
(甲) 放大系数 μ	93
(乙) 跨导 S	94
(丙) 内电阻 R_i	95
(丁) μ , R_i 及 S 三个參量間的关系	96

3-8. 三極管的二分之三次方定律	97
3-9. 柵極沒有信号电压輸入时, 电子管电路的工作情况	98
3-10. 柵極有正弦信号电压輸入时, 电子管电路的工作情况	100
(甲) 直流負載电阻等于交流負載电阻时的情形	100
(乙) 直流負載电阻不等于交流負載电阻时的情形	103
(丙) 負載阻抗不是純电阻的情形	105
✓ 3-11. 四極管、五極管及电子注功率管	105
(甲) 四極管	105
(乙) 五極管	111
(丙) 电子注功率管	113
✓ 3-12. 多極管的电子管系数	116
(甲) 放大系数(或称 μ 系数)	116
(乙) 动态电阻	117
(丙) 跨导	117
3-13. 电子管静态特性曲綫的数学表示法	118
(甲) 指数定律	118
(乙) 無窮級数及克来罗夫近似式	119
✓ 3-14. 电子管的其他形式	120
(甲) 可变 μ 管	120
(乙) 學生管	122
(丙) 混頻管	122
(丁) 电子管的特殊連接法	122
✓ 3-15. 电子管中残余气体的影响	123
(甲) 对陰極的影响	123
(乙) 对柵極的影响	124
(丙) 对空間电荷的影响	125
本章总结	125
習題	128
第四章 含气管的基本性質	132
4-1. 气体放电的基本性質	132
✓ 4-2. 輝光管	138
✓ 4-3. 热陰極含气二極管	140
4-4. 热陰極含气二極管与真空二極管的比較	144
✓ 4-5. 高气压二極管(鎢氫管)	145
✓ 4-6. 含气三極管(閘流管)的基本性質	147
4-7. 閘流管的柵極控制	151
本章总结	158
第五章 声頻电压放大器	160
5-1. 引言	160

5-2. 电子管放大器及其分类	161
(甲) 基本电路	161
(乙) 电子管放大器的分类	162
5-3. 理想电子管放大器应满足的条件及畸变问题	166
(甲) 需要条件	166
(乙) 畸变问题	167
5-4. 电子管放大器的等效电路	170
5-5. 直流放大器	177
5-6. 阻容耦合放大器	180
(甲) 概論	180
(乙) 电路的分析	183
(丙) 电路常数对频率响应的影响	191
5-7. 电子管的输入导纳	195
5-8. 四极管及五极管电压放大器	198
5-9. 实用五极管(或四极管)阻容耦合放大器	201
5-10. 阻容耦合放大器频带的延展	
视頻(寬頻帶)放大器	203
5-11. 变压器耦合放大器	209
5-12. 其他形式的声頻电压放大器	223
(甲) 阻抗耦合放大器	223
(乙) 并联饋电式的变压器耦合放大器	224
本章总结	225
習題	228
第六章 声頻功率放大器	232
6-1. 引言	232
6-2. 甲 ₁ 类功率放大器的输出功率与效率	233
6-3. 三极管甲 ₁ 类功率放大器	238
(甲) 动态特性曲綫及最佳工作情况	238
(乙) 畸变	245
6-4. 五极管甲 ₁ 类功率放大器	248
(甲) 五极管甲 ₁ 类功率放大器的优点	248
(乙) 五极管的动态特性曲綫	249
6-5. 功率放大器所用的电子管	252
6-6. 輸出变压器	255
6-7. 电子管的并联运用	257
6-8. 推挽式甲类放大器	258
(甲) 概論	258
(乙) 甲类直綫工作情形	260
(丙) 甲类非直綫工作情形	263

(丁) $i_d - e_a$ 复合特性的作法及負載电阻的决定	267
6-9. 乙类及甲乙类声頻推挽功率放大器	273
(甲) 乙类推挽放大	273
(乙) 甲乙类推挽放大	279
6-10. 推挽式放大器的柵極激勵問題	281
(甲) 用有中心抽头的变压器	281
(乙) 用倒相器	281
(丙) 用分相器	282
(丁) 用自平衡式电路	283
本章总结	284
習題	286
第七章 放大器的反饋及其他問題	290
7-1. 反饋放大器	290
(甲) 概論	290
(乙) 反饋的方式	295
(丙) 反饋放大器的穩定問題	300
7-2. 关于声頻放大器的一些其他問題	301
(甲) 分貝	301
(乙) 多級放大器的頻帶寬度及其补偿方法	302
(丙) 强度控制	304
(丁) 多級放大器的再生問題	305
(戊) 哼鳴、顫噪声及噪声	308
本章总结	312
習題	313

目 录

第八章 共振电路	315
8-1. 引言	315
8-2. 串联共振	315
(甲) 基本原理	315
(乙) 串联共振电路的特性	317
(丙) 串联共振电路的选择性 (或称锐度)	320
8-3. 并联共振	323
(甲) 基本原理及特性	323
(乙) 并联共振迴路的选择性	327
(丙) 低 Q 值的并联共振迴路	330
8-4. 并联共振迴路的其他形式	331
8-5. 电路元件的等效电路	334
(甲) 电阻	334
(乙) 电容	335
(丙) 电感	335
本章总结	336
习题	337
第九章 耦合电路	341
9-1. 引言	341
9-2. 互感耦合电路的一般性质	341
9-3. 互感耦合电路的分析	345
(甲) 原电路及副电路都是無調諧的, 副电路只包含电阻及电感	346
(乙) 原电路無調諧, 但副电路是可調諧的	347
(丙) 原副电路都是共振电路	349
9-4. 原电路及副电路都是可調諧的耦合电路	349
(甲) 副电路电流 I_2 达到最大值的条件	349
(乙) 副电路电流 I_2 随频率而变化的情形	357
9-5. 并联饋电的耦合电路	363
9-6. 其他形式的耦合电路	364
本章总结	367
习题	369
第十章 射頻电压放大器	371
10-1. 引言	371
10-2. 狭頻帶电压放大器的基本特性	372

10-3. 电容耦合、單調諧甲类放大器	373
10-4. 变压器耦合、單調諧甲类放大器	377
10-5. 变压器耦合、双調諧甲类放大器	382
10-6. 寬頻帶調諧放大器	388
(甲) 單調諧及双調諧寬頻帶放大器	389
(乙) 參差調諧	381
本章總結	392
習題	394
第十一章 射頻功率放大器	396
11-1 丙类射頻功率放大器的一般性質	396
(甲) 高的板極效率所需要的条件	396
(乙) 功率关系	402
11-2. 丙类放大器的柵偏压供給法	405
(甲) 柵漏偏压	405
(乙) 固定偏压	407
(丙) 合井偏压	407
(丁) 陰極偏压	407
11-3. 丙类放大器的諧波分析計算法	408
11-4. 丙类放大器的近似分析法	413
11-5. 用直綫来代表电子管特性曲綫的近似計算法	420
11-6. 丙类放大器的板極輸出耦合电路	424
11-7. 三極电子管的輸入導納	428
(甲) 負載为純电阻	429
(乙) 負載为感抗	429
(丙) 負載为容抗	430
11-8. 中和电路	432
(甲) 綫圈中和电路	433
(乙) 柵極中和电路	434
(丙) 板極中和电路	436
(丁) 推挽式中和电路	437
(戊) 柵極接地中和电路	438
11-9. 实用丙类放大器的电路及其調諧法	439
11-10. 丙类放大器所用的电子管	442
11-11. 頻率倍增器	443
本章總結	447
習題	450
第十二章 振蕩器	453
12-1. 引言	453

12-2. <i>LCR</i> 迴路中的瞬变現象	455
(甲) 数学分析	455
(乙) 振蕩的物理意义	459
12-3. 振蕩器应具备的基本条件	461
12-4. 調板振蕩器的工作原理(直綫性理論)	462
12-5. 由正反饋的观点来决定起始振蕩的条件	465
12-6. 調板振蕩器的矢量圖解	469
12-7. 起振条件及振蕩幅度的限制 —— 振蕩器的准直綫性理論	471
12-8. 板極及柵極的电源供給法	474
(甲) 間歇振蕩	477
(乙) 正柵止蕩現象	477
12-9. 各式振蕩器电路	478
(甲) 哈脫萊振蕩器	478
(乙) 柯耳皮茲振蕩器	479
(丙) 調柵振蕩器	480
(丁) 調柵調板振蕩器	481
12-10. 振蕩器的頻率穩定問題	483
(甲) 采用緩冲放大級	486
(乙) 电子耦合振蕩器	487
(丙) 电阻穩定法	488
12-11. 晶体振蕩器	489
(甲) 晶体的压电特性	489
(乙) 晶体的共振頻率及溫度对它的影响	493
(丙) 晶体振蕩器电路	494
12-12. 振蕩器的調諧特性	497
12-13. 振蕩器的板極效率及相角补偿法	498
12-14. 拍頻振蕩器	499
12-15. 負电阻产生振蕩的基本原理	502
12-16. 即容振蕩器(文式电桥形式)	503
12-17. 相移振蕩器	509
12-18. 負电阻振蕩器	510
(甲) 負阻管振蕩器	511
(乙) 負跨导振蕩器	513
12-19. 甚高頻振蕩器	514
(甲) 負柵振蕩器	515
(乙) 正柵振蕩器	518
12-20. 微波振蕩器	519
12-21. 寄生振蕩	521
(甲) 寄生振蕩电路	521

(乙) 寄生振蕩的除去法	525
(丙) 寄生振蕩的探求法	526
本章總結	527
習題	530
第十三章 調制	533
13-1. 引言	533
13-2. 調制的方式	534
13-3. 調幅波的基本性質	536
(甲) 調幅波的頻譜	538
(乙) 調幅波中的功率	541
13-4. 調幅方法概論	542
(甲) 直綫調幅	542
(乙) 平方律調幅	543
13-5. 板極被調丙類放大器	544
(甲) 丙類放大器的工作情況及其要求	545
(乙) 功率與效率	549
(丙) 對調幅器的要求	554
(丁) 板極被調丙類放大器所用的電子管及實用電路	556
13-6. 板極被調振蕩器	559
13-7. 柵極被調丙類放大器	560
13-8. 其他的直綫調幅方法	565
(甲) 陰極調幅	565
(乙) 遏止柵極調幅	565
(丙) 帘柵極調幅	567
13-9. 平方律調幅	567
13-10. 載波遏止及單旁帶傳送	570
(甲) 平衡調幅器	571
(乙) 單旁帶傳送	573
13-11. 直綫性乙類放大器	574
13-12. 調頻波與調相波的基本性質	578
(甲) 調頻波的方程式及其波形	579
(乙) 調相波的方程式及其波形	582
13-13. 調頻波與調相波的頻譜及功率分布情形	584
13-14. 調頻波的优点及缺點(與調幅波比較)	592
13-15. 調頻的方法——電抗管法	594
13-16. 調相的方法	599
13-17. 利用調相器以得到調頻波	601
本章總結	602
習題	606

第十四章 檢波	609
14-1. 引言	609
調幅波的檢波	610
14-2. 檢波器的种类	610
(甲) 直綫性檢波器	610
(乙) 平方律檢波器	610
14-3. 直綫性二極管檢波器	611
(甲) 二極管檢波器的基本原理	612
(乙) 二極管的整流特性曲綫	613
(丙) 負載阻抗, 調幅度及畸变的关系	616
(丁) 檢波效率(整流效率)及輸入阻抗	620
(戊) 二極管檢波器的声頻等效电路	623
14-4. 二極管直綫性檢波器的实用电路及自动强度控制	626
14-5. 多極管直綫性檢波器	628
(甲) 柵極檢波	629
(乙) 板極檢波	629
14-6. 平方律檢波器	633
(甲) 基本原理	633
(乙) 各种型式的平方律檢波器	637
14-7. 半导体(晶体)檢波器	640
14-8. 成拍檢波器——頻率搬移	643
14-9. 超成拍式接收机的基本原理	647
14-10. 混頻器与換頻器	649
(甲) 混頻器电路	649
(乙) 換頻器电路	651
(丙) 混頻器与換頻器的分析	655
(丁) 各种型式混頻器的比較	659
14-11. 再生式檢波器	661
14-12. 超再生式檢波器	663
調頻波与調相波的檢波	667
14-13. 鑒別器	667
14-14. 限幅器	672
14-15. 調頻接收机的基本構造	674
本章总结	675
習題	679

第一章 緒論

1-1. 無線電發明簡史

1855年麦克斯韋(James Clerk Maxwell)由电磁学的理論推演出一族“波动方程式”，由解这方程式的結果，他在理論上証明了电磁波的存在。它的性質和光綫一样，傳播速度亦为每秒30万公里，但他沒能从实验上証明电磁波的存在。

1888年赫茲(H. R. Hertz)利用感应綫圈的火花产生电磁波，并用实验証明电磁波的存在，同时也用实验証明了电磁波具有与光綫一样的特性(反射，折射等)，速度和光綫一样。

1895年5月7日，俄罗斯的偉大科学家亞历山大·史杰潘諾維奇·波波夫(A. C. Попов)發明了世界上第一只無線電接收机，他的發明在科学、技术、文化的發展史中創造了新紀元。在發明这接收机之前，波波夫曾廢寢忘食的从事于电磁波的研究，但他并不是一个“閉門造車”的学者，他沒有脱离实际生活，而是積極地参加了俄国的技术發展。在研究中，他表現了淵博的科学知識和不屈不撓的事業精神。在他以前，电磁波对于物理学家來說，只是一个在实验室內研究的問題，沒有把它搬出實驗室而使它更社会化。能作到使这一問題搬出實驗室，实际加以采用这个使人类历史进入新境界的第一步，是波波夫實現的。

1895年5月7日波波夫在俄国彼得堡的俄国物理化学学会上，表演世界上第一部無線電接收机，他自称为“雷电指示器”，因为最初它是用来接收大气放电所产生电磁波的仪器。当时表演用的發送机是一只火花振蕩器，由波波夫的助手雷布金操縱，胜利地表演了不用导綫来傳遞电报信号，在这第一部接收机上已采用了