

無線電原理

上 冊

張 文 編

高等教育出版社

無線電原理

上册

張文編

高等教育出版社

無線電原理

下 册

張 文 編

高等教~~育~~社

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15010.660 開本850×1168¹/₃₂ 印張10⁴/₁₆ 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) 1.00

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 / 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)振荡、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. 無綫電發明簡史	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. 利用電能傳送信號的各種方式	6
(甲)有綫電報	6
(乙)有綫電話	7
(丙)無綫電報	8
(丁)無綫電話	10
1-4. 各種不同頻率電波的傳播	11
1-5. 無綫電通信需要高頻率的原因	12
1-6. 無綫電通信的基本設備	14
1-7. 射頻電能的各種產生法	16
(甲)火花放電	16
(乙)電弧發送機	17
(丙)高頻率交流發電機	17
1-8. 無綫電的應用及發展趨勢	18
(甲)通信和廣播	18
(乙)導航及定向	20
(丙)雷達	20
(丁)電視	21
(戊)其他用途及發展趨勢	22
1-9. 無綫電事業在蘇聯的發展	24
1-10. 無綫電事業在中國的發展	28
第二章 電路元件	33
2-1. 電阻	33
2-2. 無綫電中最常用的電阻形式	34
(甲)固定繞綫電阻	34
(乙)固定合成電阻	34
(丙)可變電阻	35
2-3. 空心單層螺綫管	36
2-4. 空心多層螺綫管及分布電容	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) 內电阻 R_i	95
(丁) μ , R_i 及 S 三个參量間的关系	96

3-8. 三极管的二分之三次方定律	97
3-9. 栅极没有信号电压输入时,电子管电路的工作情况	98
3-10. 栅极有正弦信号电压输入时,电子管电路的工作情况	100
(甲) 直流负载电阻等于交流负载电阻时的情形	100
(乙) 直流负载电阻不等于交流负载电阻时的情形	103
(丙) 负载阻抗不是纯电阻的情形	105
✓3-11. 四极管、五极管及电子注功率管	105
(甲) 四极管	105
(乙) 五极管	111
(丙) 电子注功率管	113
✓3-12. 多极管的电子管系数	116
(甲) 放大系数(或称 μ 系数)	116
(乙) 动态电阻	117
(丙) 跨导	117
3-13. 电子管静态特性曲线的数学表示法	118
(甲) 指数定律	118
(乙) 无穷级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) 孪生管	122
(丙) 混频管	122
(丁) 电子管的特殊连接法	122
✓3-15. 电子管中残余气体的影响	123
(甲) 对阴极的影响	123
(乙) 对栅极的影响	124
(丙) 对空间电荷的影响	125
本章总结	125
习题	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. 辉光管	138
✓4-3. 热阴极含气二极管	140
4-4. 热阴极含气二极管与真空二极管的比較	144
✓4-5. 高压二极管(鎢氬管)	145
✓4-6. 含气三极管(開流管)的基本性質	147
4-7. 開流管的栅极控制	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. 电子管的输入导納	195
5-8. 四極管及五極管电压放大器	198
5-9. 实用五極管(或四極管)阻容耦合放大器	201
5-10. 阻容耦合放大器頻帶的延展	
視頻(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) 并联储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. 三極管甲 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. 五極管甲 ₁ 类功率放大器	248
(甲) 五極管甲 ₁ 类功率放大器的优点	248
(乙) 五極管的动态特性曲綫	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) 反饋放大器的稳定問題	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
本章总结	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) 合并偏压	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
本章总结	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. 阻容振蕩器(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. 甚高频振蕩器	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. 調頻波的优点及缺点(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	618
(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	648
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

第八章 共振电路

8-1. 引言

由电工原理的理論，我們都知道电感电抗随着頻率的增高而加大，但电容电抗則随頻率的增高而减低，而且感抗为正，容抗为負。所以当二者串联时，可以在某一頻率使二者的大小相等，恰好互相抵消；或者当二者并联时，使二者的电納互相中和或使它們的并联阻抗等于最大，这种現象称为“共振”。前者称为“串联共振”，后者称为“并联共振”。二者所組成的电路称为“共振电路”（或共振迴路）。

利用共振电路在不同頻率时，所呈現的阻抗也不同这种特性，可以設計一个共振电路，使它容易傳过某些需要的頻率，濾去其余不需要的頻率。共振电路的这种特性使得它成为無綫电技术中一个不可缺少的極重要組成部分。因为利用电路的共振特性，才能使發送机發射出指定的頻率；才能使接收机从千千万万的無綫电波中，选出所想接收的信号。

本章主要討論串联及并联共振在强迫振蕩时的基本原理，下章則討論耦合电路，因为它們是具有更重要的实际意义的。至于对这些电路更詳尽的討論（包括对自由振蕩），讀者可看参考書^①。

8-2. 串联共振

（甲）基本原理 圖 8-1（甲）所示的串联电路的阻抗为：

① В. П. Асеев 著，“無綫电基础”中譯本上册，1953年 В. А. Котельников 及 А. М. Николаев 著，天津大学譯：“無綫电技术基础”第一册，高等教育出版社出版。
G. W. Pierce: “Electric Oscillations and Electric Waves” 1919年。