

高等学校应用型通信技术系列教材

通信电子线路

陈启兴 编著



清华大学出版社

高等学校应用型通信技术系列教材

通信电子线路

陈启兴 编著

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书言简意赅、系统全面地介绍了通信电子线路的基础理论、基本知识、关键技术及高频电子应用电路。全书共分10章,主要介绍了无线电发送设备和接收设备的工作原理和系统组成、高频小信号放大器、高频功率放大器、正弦波振荡器、振幅调制电路、调幅信号的解调电路、角度调制电路、调角信号的解调电路、变频电路和反馈控制电路。每章都附有思考题与习题,以指导读者加深对本书主要内容的理解。

本书注重选材,内容丰富,层次分明,难易适中。在清楚阐述基本概念、基本原理和基本分析方法的同时,也给出了非常实用的典型高频电子电路。

本书可以作为应用型本科、高职高专、广播电视大学电子信息和通信类专业的教材,也可以供从事相关领域的工程技术人员和技术管理人员阅读参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

通信电子线路/陈启兴编著. —北京:清华大学出版社,2008.5

高等学校应用型通信技术系列教材

ISBN 978-7-302-16787-7

I. 通… II. 陈… III. 通信系统—电子电路—高等学校—教材 IV. TN91

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第004131号

责任编辑:刘青

责任校对:袁芳

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦A座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京市世界知识印刷厂

装 订 者:三河市李旗庄少明装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:16.5

字 数:365千字

版 次:2008年5月第1版

印 次:2008年5月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:24.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:021460-01

随着我国国民经济的持续增长,信息化的全面推进,通信产业实现了跨越式发展。在未来几年内,通信技术的创新将为通信产业的良性、可持续发展注入新的活力。市场、业务、技术等持续拉动,法制建设的不断深化,这些也都为通信产业创造了良好的发展环境。

通信产业的持续快速发展,有力地推动了我国信息化水平的不断提高和信息技术的广泛应用,同时刺激了市场需求和人才需求。通信业务量的持续增长和新业务的开通,通信网络融合及下一代网络的应用,新型通信终端设备的市场开发与应用等,对生产制造、技术支持和营销服务等岗位的应用型高技能人才在新技术适应能力上也提出了新的要求。为了培养适应现代通信技术发展的应用型、技术型高级专业人才,高等学校通信技术专业的教学改革和教材建设就显得尤为重要。为此,清华大学出版社组织了国内近 20 所优秀的高职高专院校,在认真分析、讨论国内通信技术的发展现状,从业人员应具备的行业知识体系与实践能力和对通信技术人才教育教学的要求等前提下,成立了系列教材编审委员会,研究和规划通信技术系列教材的出版。编审委员会根据教育部最新文件政策,以充分体现应用型人才培养目标为原则,对教材体系进行规划,同时对系列教材选题进行评审,并推荐各院校办学特色鲜明、内容质量优秀的教材选题。本系列教材涵盖了专业基础课、专业课,同时加强实训、实验环节,对部分重点课程将加强教学资源建设,以更贴近教学实际,更好地服务于院校教学。

教材的建设是一项艰巨、复杂的任务,出版高质量的教材一直是我们的宗旨。随着通信技术的不断进步和更新,教学改革的不深入,新的课程和新的模式也将不断涌现,我们将密切关注技术和教学的发展,及时对教材体系进行完善和补充,吸纳优秀和特色教材,以满足教学需要。欢迎专家、教师对我们的教材出版提出宝贵意见,并积极参加教材的建设。

清华大学出版社

2006 年 6 月

本书是根据国家教委工科电工课程教育委员会制定的无线电技术专业“电子线路(Ⅰ)(Ⅱ)课程教学基本要求”和高职高专的培养高等应用型人才的要求,遵循加强基础概念、优选内容、理论联系实际、培养学生的基本技能的原则,结合新器件、新技术,吸取我们多年的教学实践经验,并参考了国内外有关的优秀教材,在编写讲义的基础上改编而成。

“通信电子线路”作为一门电子信息类和通信类的专业基础课程,涉及许多电路理论和通信理论知识以及通信设备中常用的基本功能电路,综合性较强。因此,本书力求言简意赅,表达清晰准确,密切联系实际,把培养学生的动手能力和创新能力作为一个重要的内容。

本书主要内容讲述无线电发送设备和接收设备的功能电路的基本原理、分析方法及其实现方法,主要介绍了无线电发送设备和接收设备的工作原理和系统组成、高频小信号放大器、高频功率放大器、正弦波振荡器、振幅调制电路、调幅信号的解调电路、角度调制电路、调角信号的解调电路、变频电路和反馈控制电路。每章都附有思考题与习题,以指导读者加深对主要内容的理解。

“通信电子线路”是一门工程性和实践性很强的课程,理论教学主要阐述基本理论、基础知识,实践教学是培养学生基本技能必不可少的环节。理论教学要和实践教学互相配合、互相补充和互相促进。实践要有理论知识来指导,理论知识需要实践来验证、巩固、升华。

本书注重选材,内容丰富,层次分明,难易适中。在清楚地阐述基本概念、基本原理和基本分析方法的同时,也给出了非常实用的典型高频电子电路。本书可以作为高职高专、广播电视大学的电子信息类和通信类专业的教材,也可以供从事相关领域的工程技术人员和技术管理人员阅读参考。

由于编者水平有限,书中难免存在不妥之处,请读者原谅,并提出宝贵意见。

第 1 章 绪论	1
1.1 无线电信号的传输原理	1
1.1.1 传输信号的基本方法	1
1.1.2 无线电发送设备的基本组成及其工作原理	3
1.1.3 无线电接收设备的基本组成及其工作原理	3
1.2 通信电子线路的研究对象	6
本章小结	7
思考题与习题	8
第 2 章 高频小信号放大器	9
2.1 概述	9
2.2 分析高频小信号放大器的预备知识	12
2.2.1 串、并联谐振回路的特性	12
2.2.2 串、并联阻抗的等效互换	13
2.2.3 并联谐振回路的耦合连接与接入系数	13
2.3 晶体管高频小信号等效电路	16
2.3.1 y 参数等效电路	17
2.3.2 混合 π 型等效电路	18
2.3.3 晶体管的高频参数	20
2.4 晶体管谐振放大器	21
2.4.1 单调谐回路谐振放大电路简介	21
2.4.2 放大器的等效电路及其简化	22
2.4.3 放大器的技术指标计算	24
2.4.4 多级单调谐回路谐振放大器	28
2.5 小信号放大器的稳定性	29
2.5.1 谐振放大器具有不稳定性的原因	29
2.5.2 放大器的稳定系数及其稳定增益	30
2.5.3 提高谐振放大器稳定性的措施	32
2.6 场效应管高频小信号放大器	34
2.6.1 场效应管共源放大器	35

2.6.2	共源—共栅级联高频放大器	36
2.7	线性宽带放大集成电路与集中滤波器	37
2.7.1	线性宽带放大集成电路	37
2.7.2	集中滤波器	37
2.8	放大电路的噪声	38
2.8.1	放大电路内部噪声的来源和特点	39
2.8.2	噪声电路的计算	41
2.8.3	放大电路噪声的表示方法及其计算	42
	本章小结	46
	思考题与习题	46
第3章	高频功率放大器	50
3.1	概述	50
3.2	丙类高频谐振功率放大器的工作原理	52
3.2.1	丙类高频谐振功率放大器的原理电路	52
3.2.2	丙类谐振功放的工作原理	52
3.3	谐振功率放大器的折线分析法	55
3.3.1	晶体管特性曲线的理想化	55
3.3.2	集电极余弦电流脉冲的分解	56
3.3.3	高频功率放大器的输出功率与效率	58
3.3.4	高频功率放大器的动态特性	59
3.3.5	高频谐振功率放大器的负载特性	61
3.3.6	电源电压和输入信号对高频谐振功率放大器工作状态的影响	62
3.4	谐振功率放大电路	65
3.4.1	直流馈电电路	65
3.4.2	匹配网络	67
3.4.3	实际电路举例	68
3.5	丙类倍频器	69
3.6	宽频带高频功率放大器	70
3.6.1	传输线变压器的特性及原理	71
3.6.2	宽频带传输线变压器电路	72
3.7	功率合成	74
3.7.1	高频功率合成的一般概念	74
3.7.2	功率合成网络	75
3.7.3	功率分配网络	77
	本章小结	79
	思考题与习题	79

第 4 章 正弦波振荡器	82
4.1 概述	82
4.2 反馈型 LC 正弦波振荡器	82
4.2.1 反馈型 LC 正弦波振荡器的组成	82
4.2.2 起振条件和平衡条件	83
4.3 反馈型 LC 正弦波振荡电路	91
4.3.1 互感耦合型振荡器	92
4.3.2 电容三点式振荡器	93
4.3.3 电感三点式振荡器	94
4.3.4 LC 三点式振荡器相位平衡条件的判断准则	95
4.4 振荡器的频率稳定度	96
4.4.1 频率稳定度的定义	96
4.4.2 振荡器的频率稳定度的表达式	97
4.4.3 振荡器的稳频措施	98
4.5 高稳定度的 LC 振荡器	99
4.5.1 克拉泼振荡电路	99
4.5.2 西勒振荡电路	100
4.6 场效应管振荡电路	101
4.7 晶体振荡器	102
4.7.1 石英晶体的等效电路	103
4.7.2 石英晶体的阻抗特性	104
4.7.3 晶体振荡电路	105
4.8 文氏电桥振荡器	107
本章小结	108
思考题与习题	109
第 5 章 振幅调制电路	111
5.1 概述	111
5.1.1 调幅波的概念	112
5.1.2 普通调幅信号的功率分析	114
5.1.3 DSB 和 SSB	115
5.2 低电平调幅电路	116
5.2.1 单二极管调幅电路	116
5.2.2 二极管平衡调幅电路	118
5.2.3 二极管环形调幅电路	120
5.2.4 模拟乘法器调幅电路	121
5.3 高电平调幅电路	123
5.3.1 集电极调幅电路	123

5.3.2	基极调幅	125
5.4	单边带调制	127
5.4.1	单边带通信的优点与缺点	127
5.4.2	单边带信号的产生方法	127
	本章小结	129
	思考题与习题	129
第6章	调幅信号的解调电路	132
6.1	概述	132
6.2	二极管大信号包络检波器	134
6.2.1	大信号包络检波器的工作原理	134
6.2.2	振幅检波器的折线分析法	135
6.2.3	大信号检波器的技术指标	138
6.3	二极管小信号检波器	143
6.3.1	小信号检波器的工作原理	143
6.3.2	二极管小信号检波器的分析	144
6.3.3	二极管小信号检波器的主要技术指标	145
6.4	同步检波器	146
	本章小结	147
	思考题与习题	148
第7章	角度调制电路	150
7.1	概述	150
7.1.1	调频波与调相波的数学表达式	151
7.1.2	调频波和调相波的波形	155
7.1.3	调角波的频谱和带宽	155
7.2	调频方法概述	160
7.2.1	直接调频原理	160
7.2.2	间接调频原理	161
7.3	变容二极管直接调频电路	161
7.3.1	变容二极管的特性	161
7.3.2	变容二极管直接调频的基本原理	162
7.3.3	电路分析	163
7.3.4	应用电路简介	166
7.4	石英晶体振荡器直接调频电路	167
7.5	调相电路	169
7.5.1	可变移相法调相	170
7.5.2	可变延时法调相	172

7.5.3 矢量合成法调相	172
本章小结	173
思考题与习题	173
第 8 章 调角信号的解调电路	176
8.1 概述	176
8.2 鉴相器	177
8.2.1 乘积型鉴相器	178
8.2.2 门电路鉴相器	183
8.3 鉴频器	184
8.3.1 双失谐回路鉴频器	185
8.3.2 相位鉴频器	186
8.3.3 比例鉴频器	189
8.3.4 相移乘法鉴频器	191
8.3.5 脉冲均值型鉴频器	193
8.4 限幅器	194
8.4.1 二极管限幅器	195
8.4.2 晶体管限幅器	196
本章小结	198
思考题与习题	198
第 9 章 变频电路	200
9.1 概述	200
9.1.1 变频电路的功能	200
9.1.2 变频器的组成	202
9.1.3 变频器的技术指标	202
9.2 晶体管混频器	203
9.2.1 晶体管混频器的工作原理	203
9.2.2 晶体管混频器的等效电路	206
9.2.3 电路组态和应用电路简介	207
9.3 场效应管混频器	209
9.3.1 结型场效应管混频器	209
9.3.2 双栅绝缘栅场效应管混频器	210
9.4 二极管混频器	211
9.4.1 二极管开关平衡混频器	212
9.4.2 二极管环形混频器	214
9.5 模拟乘法器混频	215
9.6 混频器的干扰	216

9.6.1	高频输入信号与本振信号的组合频率干扰	216
9.6.2	外来干扰信号与本振信号之间的组合频率干扰	217
9.6.3	互调干扰	218
9.6.4	阻塞干扰	219
本章小结	.....	220
思考题与习题	.....	220
第 10 章	反馈控制电路	223
10.1	概述	223
10.2	自动增益控制(AGC)电路	223
10.2.1	AGC 电路的作用及组成	224
10.2.2	平均值式 AGC 电路	225
10.2.3	延迟式 AGC 电路	225
10.3	自动频率控制(AFC)电路	226
10.3.1	AFC 的工作原理	226
10.3.2	AFC 的应用	227
10.4	锁相环路(PLL)	228
10.4.1	锁相环路的基本工作原理	228
10.4.2	锁相环路的数学模型及性能分析	229
10.4.3	集成锁相环路	238
10.4.4	锁相环路的应用	240
本章小结	.....	245
思考题与习题	.....	245
附录 A	余弦脉冲分解系数表	247
参考文献	.....	250

绪 论

1.1 无线电信号的传输原理

无线电技术的出现和发展是建立在电磁场与电磁波的理论、实践的坚实基础之上的。在当今的信息社会里,无线电技术仍然是人类改造自然和征服自然的有力工具,与人们的工作和生活分不开,比如数字移动通信、高速无线电通信等。英国物理学家 J. C. 麦克斯韦(J. Clerk Maxwell)于 1864 年发表了著名论文“电磁场的动力理论”,在总结了前人工作的基础上,得出了电磁场方程,并从理论上证明了电磁波的存在。他认为,电磁波在自由空间的传播速度、折射和反射等特性与光波相同。麦克斯韦的这一发现,为人们证实电磁波的存在实践活动提供了理论依据,也为后来无线电的发明和发展奠定了坚实的基础。

1887 年,德国物理学家 H. 赫兹(H. Hertz)在实验中证实了电磁波的客观存在。他在实验中还证明电磁波在自由空间的传播速度与光速相同,并能产生反射、折射、驻波等与光波性质相同的特性。这个著名的赫兹实验证明了麦克斯韦理论的正确性。从此以后,许多国家的科学家都努力研究如何利用电磁波来传输信息,即无线电通信,有著名的英国科学家 O. J. 罗吉(O. J. Lodge)、法国的勃兰利(Branly)、俄国的 A. C. 波波夫(A. C. Попов)和意大利的 G. 马可尼(Guglielmo Marconi)等。其中,马可尼的贡献最大。他在 1895 年首次在几百米的距离,用电磁波进行通信获得成功,1901 年又首次完成了横渡大西洋的无线电通信。马可尼首次无线电通信的成功让无线电通信进入实用阶段,无线电技术也就蓬勃发展起来了。

从无线电发明开始,直到今天的信息社会,传输信号成了无线电技术的首要任务,而且在有些场合,无线电通信比有线通信更适合或者是惟一的选择。通信电子线路所涉及的功能电路都将从传输与处理信号这一基本点出发。因此,有必要先从无线电信号的传输原理开始阐述。

1.1.1 传输信号的基本方法

信息社会中,信息无处不在,信息的传输已经成为人类生活的重要组成部分。最基本的传输手段当然是语言与文字。随着人类社会生产力的发展,迫切要求远距离迅速而且准确地传输信息。我国古代利用烽火传送边疆警报,可以说是最古老的光通信。在肉

眼可见的范围内,利用“旗语”来传输信息也是一个从古代流传至今的方法。信鸽、驿马接力、信件等都是人们采用过的方法,有些直到今天仍然不过时。19世纪,人们发现电可以以光速沿导线传播。这为远距离快速、大容量通信提供了物质条件,因此,电报和电话被发明。1837年,F. B. 莫尔斯(F. B. Morse)发明了电报,并创造了莫尔斯电码。在莫尔斯电码中,用点、划、空的适当组合来表示字母和数字,这可以说是数字通信的雏形。1876年,A. G. 贝尔(Alexander G. Bell)发明了电话,直接将语音信号转换为电信号,电信号沿导线传输到远方的目的地,然后电信号又转换成语音信号,从而实现了语音的直接实时传输。电报和电话的发明,为迅速而准确地传递信息提供了新的方法,是通信技术发展的里程碑。下面简要介绍有线电报和电话的基本工作原理。

有线电报的基本原理如图 1-1 所示。当发报方没有按下电键时,通过收报方电磁铁的电流 i 为零,水平杆在弹簧的拉力作用下靠在上方;当发报方按下电键时,通过收报方电磁铁的电流 i 不为零,水平杆在电磁铁的磁场力作用下靠在下方(磁场力大于弹簧的拉力)。所以,发报方间断地按下电键时,通过收报方电磁铁的电流 i 的波形图为如图 1-1(b)所示的脉冲状。电流不为零的时间由电键按下的时间来决定。收报方因水平杆下击时间的长短,听到“滴”(点)“答”(划)的声音。由事先约定的长短组合和次序,就能明白传输信号所代表的信息。如果用一支笔来代替水平杆,则笔在一张匀速移动的白纸上就会写下如图 1-1(c)所示的长短线条,长划是“答”,短划是“滴”。

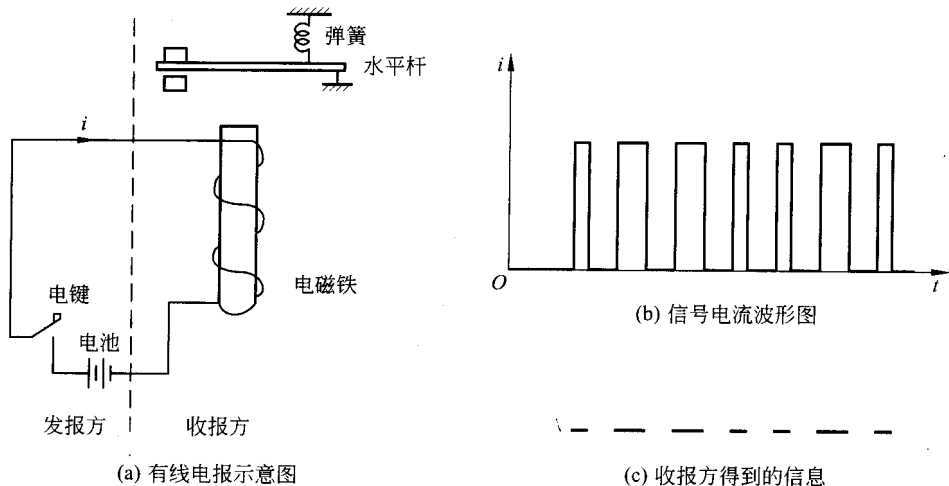


图 1-1 有线电报的基本原理图

人们至今仍然把有线电报作为一种重要的通信方法,并且在很多方面进行了改进。

有线电报不能实时地传输语音信号,而人们强烈需要远距离、实时、准确地传输语音信号,这促进了电话的发明。语音信号的传输首先要把声音信号转换为电信号,然后通过导线传到目的地,再把电信号恢复成声音信号。将声能转换成电能的换能器叫做“传声器”或“话筒”或“麦克风”。把电能转换成声能的换能器叫做“喇叭”。有线电话的基本工作原理如图 1-2 所示。

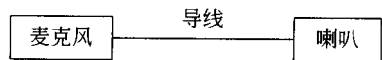


图 1-2 有线电话的基本工作原理图

在赫兹实验之前,人们认为电信号只能够沿着导线传输。赫兹实验证实了电磁波的客观存在,这自然让人们联想到用电磁波在空间传输信息,于是导致了无线电通信的发明。

无线电通信系统包括发送设备、接收设备和它们之间的无线信道。下面简要介绍无线电发送设备和接收设备。电磁波在无线信道中的传输理论在“电磁场与电磁波”这类课程中介绍。

1.1.2 无线电发送设备的基本组成及其工作原理

调幅无线电广播是无线电技术的典型应用之一,是远距离传递信息的有效而快速的手段,是人们获取信息以及欣赏音乐、电影等文艺节目的重要渠道。根据天线理论,只有当天线的尺寸可以与信号的波长相比拟的时候,信号才可能被有效地发射和接收。由于语音信号的频谱处于低频段(波长很长),如果直接通过无线电信号传输,需要很大的发射天线和接收天线。因此它是不便于直接远距离传输的,必须采用一种名叫“调制”的技术进行处理。一般的处理方法就是用语音信号(已经被转换为电信号)去控制一个频率相对较高的正弦波信号——载波信号的振幅或频率或相位,这个过程就叫调制。调制以后的已调波信号分别叫做调幅信号、调频信号和调相信号。调幅无线电广播发射机是一个具有多种功能模块的系统,如图 1-3 所示。由图可见,无线电调幅广播发射机主要由正弦波振荡器、缓冲器、高频电压放大器、振幅调制器、高频功率放大器、声/电变换器、低频电压放大器及发射天线等组成。正弦波振荡器产生高频载波信号;缓冲器能隔离正弦波振荡器与高频电压放大器,提高正弦波振荡器带负载的能力和频率稳定性;高频电压放大器把载波信号的振幅放大到振幅调制器需要的程度;振幅调制器完成调制,得到调幅波;高频功率放大器实现调幅信号的功率放大,以便于调幅信号远距离辐射出去;天线把调幅信号有效地辐射到空间;声/电变换器把语音信号转换为电信号;低频电压放大器把微弱音频信号的幅度进行放大。我国的调幅广播的载波频率为 535~1605kHz。

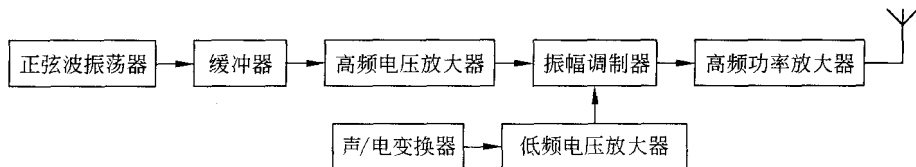


图 1-3 调幅无线电广播发射机的基本组成方框图

1.1.3 无线电接收设备的基本组成及其工作原理

无线电信号的接收过程与其发射过程正好相反。在接收设备中,先用接收天线将接收到的电磁波转变为已调波电流,然后从这个已调波电流中恢复出原始信号。这个过程正好与调制过程相反,被称为解调(接收调幅信号叫检波,接收调频信号叫鉴频,接收调

相信号叫鉴相)。最后,再用耳机或喇叭(扬声器)将检波出的信号转换为声波,人们就可以听到远处的发射机传送过来的语音、音乐等信号了。无线电接收设备的基本任务是从天线感应的调幅波中恢复出语音信号。相对于发射设备,接收设备的结构要复杂些。

随着通信技术的发展,现代通信系统的无线电接收设备常见的有3种:直接放大式接收机、超外差式接收机和超再生接收机。下面逐一介绍它们的基本组成、工作原理及优缺点。

1. 直接放大式接收机

直接放大式接收机出现较早,原理简单,比较容易理解。以调幅广播接收机,即调幅收音机为例,直接放大式接收机的基本组成方框图如图1-4所示,主要包括选频电路、高频小信号放大器、检波器、低频电压放大器、低频功率放大器和喇叭。天线感应的信号通过选频电路后,提取有用信号的同时也抑制了无用噪声和干扰;选频电路输出的有用信号的幅度非常微小,一般的调频信号的幅度为 μV 量级,调幅信号的幅度为 mV 量级,不能直接检波,所以必须由高频小信号放大器把微弱的调幅信号进行电压放大,以有利于检波器有效地工作;检波器实现调制信号的恢复,不同的调制方式,对调制器的要求有所区别;低频放大器把解调出来的音频信号的幅度放到低频功率放大器需要的程度;低频功率放大器把音频信号的功率放大,以推动喇叭发出声音。由此可见,选频电路和高频小信号放大器的传输函数的中心频率等于某发射台的载波频率时,就是选中了该发射台的节目。

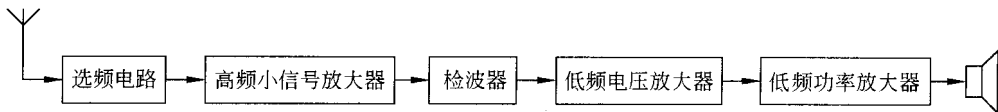


图 1-4 直接放大式接收机的基本组成方框图

直接放大式接收机是将接收到的高频信号直接放大后就检波。直接放大式接收机的优点是结构比较简单,成本较低,特别适合于作固定工作频率的接收机,比如对讲机等。其缺点主要是,由于工作频率一般是固定的或者只能微调,所以不能选择别的电台节目;对于不同的载波频率,接收机的灵敏度(接收微弱信号的能力)和选择性(区分不同电台的能力)变化比较剧烈,而且由于高频小信号放大器不稳定性的影响,灵敏度不可能太高。

2. 超外差式接收机

超外差式接收机的出现相对较晚,原理比较复杂。以调幅广播接收机为例,超外差式接收机基本组成方框图如图1-5所示,主要包括选频电路、混频器、本机振荡器、中频信号放大器、检波器、低频电压放大器、低频功率放大器和喇叭。需要注意的是,有一些超外差式接收机的选频电路与混频器之间还有一级高频小信号放大器。

在图1-5中,本机振荡器产生正弦波信号,输入混频器后,与输入的调幅信号互相作用,产生一个固定频率的信号——中频信号,这是超外差式接收机的关键技术所在。其他部分的功能与直接放大式接收机的一样,这里不再重复了。虽然天线感应的不同已调

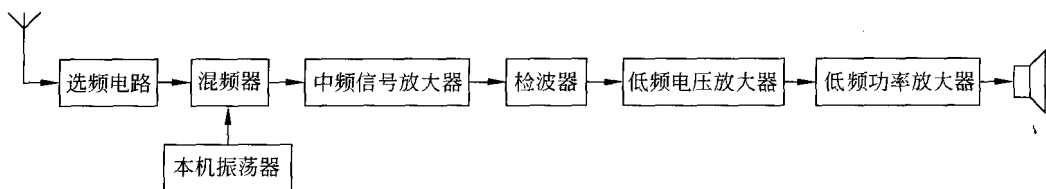


图 1-5 超外差式接收机的基本组成方框图

波信号有不同的载波频率,但是在超外差式接收机中,从中频信号放大器以后的电路的工作频率都是不变的。对于超外差收音机,选择不同的节目,本质上就是选择不同载波频率的已调波信号,这个操作常被称为选台。在超外差收音机中,选台是靠选频电路和本机振荡器共同调整参数完成的。

超外差接收机的应用非常广泛,比如收音机、电视机、卫星差转机等。

超外差接收机的主要特点是把接收到的已调波信号的载波角频率或中心角频率 ω_c 先变成频率较高或较低的、固定不变的中间频率 ω_i (常被称为中频),而其振幅的变化规律保持不变。超外差接收机的核心模块是混频器。混频器的功能就是把接收到的载波频率不同的信号变换为载波频率固定不变的中频信号。这种功能就是所谓的外差功能,这也是超外差式接收机名称的由来。由于中频是固定的,接收机的中频放大器及其后面的电路的性能都与接收到信号的载波频率没有关系,这就克服了直接放大式接收机的缺点。在无线电技术里,混频器与本地振荡器往往被合并为一个电路,叫做变频器。

由于从中频信号放大器以后的电路的工作频率都是不变的,作为超外差收音机核心电路的检波器就能非常稳定地保持比较好的工作效能,有利于提高整个接收机的性能。

超外差收音机的优点是灵敏度比较高,既适合于作固定工作频率的接收机,也适合于作工作频率变化范围较大的接收机,而且调谐方便,工作性能比较稳定;其缺点主要是结构比较复杂。

3. 超再生接收机

超再生接收机又称为直接转换型接收机,或零差接收机,或零中频接收机,可以认为是一种特殊的超外差式接收机,以调幅广播接收机为例,其基本组成方框图如图 1-6 所示。目前,许多监控系统常常使用超再生接收机。

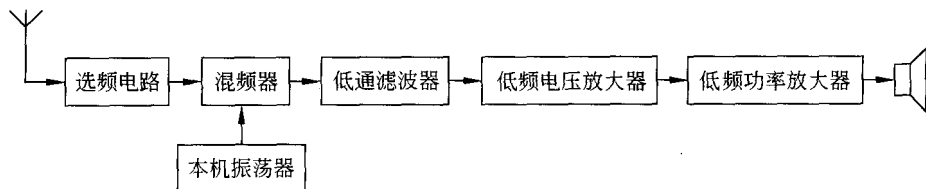


图 1-6 超再生接收机的基本组成方框图

在这种接收机中,本机振荡器输出信号的频率与选频电路输出信号的载波频率或中心频率相同,也就是说,该接收机的中频频率为零,这样放大和滤波就能在低频处实现,在低频段只需较低的功耗就可以获得与在较高中频处相同的增益,同时还可以用表面贴

封装的电阻和电容实现滤波,而无须外加一个既昂贵又庞大的类似 SAW(声表面波滤波器)的滤波器。对于超再生接收机,本质上就是把已调波的频谱线性搬移到调制信号(基带信号)的频带内,而无须检波器。超再生接收机只适用于模拟调制中的标准调幅、双边带调幅、单边带调幅、残留边带调幅和数字调制中的 OOK(On-Off Keying, 通断键控)调制。标准调幅信号的超再生接收机的工作原理示意图如图 1-7 所示。标准调幅的频谱中包括载波频率分量和上、下边带信号(相当于调制信号在频率轴上向左和向右分别平移 f_c 得到的信号),如图 1-7(a)所示。超再生接收机把标准调幅信号的频谱向左平移 f_c 得到的信号就是原来的调制信号,从而实现了解调,如图 1-7(b)所示。

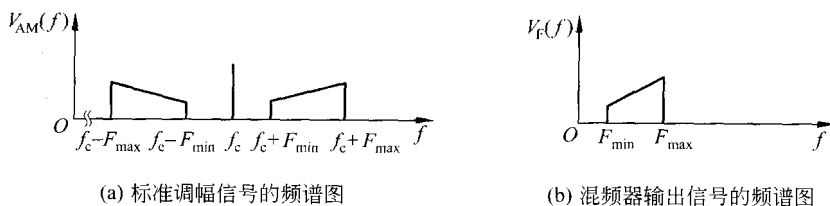


图 1-7 标准调幅信号的超再生接收机的工作原理图

一般超再生接收机在中波段和短波段工作时,灵敏度很高。超再生接收机的优点是灵敏度比较高,既适合于作固定工作频率的接收机,也适合于作工作频率变化范围较大的接收机,而且调谐方便;其缺点主要是选择性、稳定性和信噪比稍差,当本机振荡器输出信号的频率发生漂移时,接收机的非线性失真比较严重。

1.2 通信电子线路的研究对象

信息的传输是人类每时每刻都在进行的活动。信号是信息的载体,人类利用电信号来传输信息已有一百多年的历史,信息正日益成为人们工作和生活的重要组成部分。通信的基本功能就是把信号从一个地方传输到另一个地方。图 1-8 所示是通信系统的基本组成方框图,主要包括输入变换器、发送设备、传输信道、接收设备和输出变换器。输入变换器把非电物理量转换为电信号;发送设备把电信号处理成适合于信道传输、满足人们特别要求(比如加密、频谱搬移等)的信号;传输信道是信号接收点与发送点之间的通道;接收设备是完成与发送设备对等、相反的处理的设备;输出变换器把电信号转换为需要的物理信号,比如声音、图像、文字和符号等。从传输信道来分,通信系统分为有线通信系统和无线通信系统两类。无论是有线通信系统还是无线通信系统,高频电子线路是必不可少的电路,也是生产、设计通信系统的难点之一。

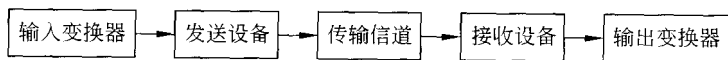


图 1-8 通信系统基本组成方框图

“通信电子线路”是通信类、电子类以及信息类专业的一门重要的专业基础课,是理