



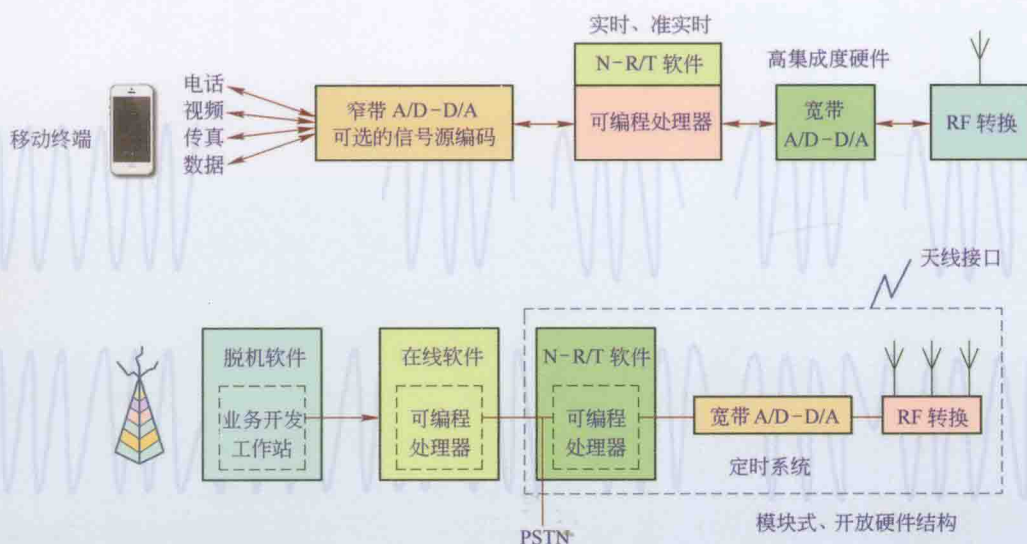
普通高等教育“十二五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU "12·5" GUIHUA JIAOCAI

通信基本电路

主 编 徐晓雨 张昕明 张 旭

副主编 苏 奎 崔华贞



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press



普通高等教育“十二五”规划教材

通信基本电路

主 编 徐晓雨 张昕明 张 旭
副主编 苏 奎 崔华贞

北 京
冶金工业出版社
2015

内 容 简 介

为了适应电子科技飞速发展的需要,本书结合新器件、新技术的发展与变化等对专业内容进行了阐述。

全书共 11 章,主要内容包括信息传输和处理的基本电路、基本原理和基本分析方法;重点阐述了高频发射机、接收机的组成,工作原理和电路设计;介绍和分析了振荡回路、高频小信号放大器、高频功率放大器、正弦波振荡器以及调制、解调、干扰和噪声等。

本书的特点是通俗易懂,并强化对重要概念的介绍与理解。

本书可作为高等院校电子信息、通信工程、电气工程及自动化等专业的“高频电子线路”、“通信基本电路”、“非线性电路”等基础课程的教材,也可供通信行业相关技术人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

通信基本电路/徐晓雨等主编. —北京:冶金工业出版社, 2015. 1

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5024-6837-8

I. ①通… II. ①徐… III. ①通信—电子电路—
高等学校—教材 IV. ①TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 010639 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcs@cnmp.com.cn

责任编辑 张 卫 美术编辑 吕欣童 版式设计 孙跃红

责任校对 李 娜 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-6837-8

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;北京百善印刷厂印刷

2015 年 1 月第 1 版, 2015 年 1 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 13.5 印张; 324 千字; 203 页

38.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街 46 号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgy.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

前 言

本书是针对高等院校电子信息工程与通信工程专业编写的专业基础课教材。鉴于电子科技的飞速发展,本书主要内容结合新器件、新技术的发展进行了相应阐述。在编写过程中注重对重要概念的理解,并做到通俗易懂。

本书共由11章组成,包括绪论、选频网络、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、反馈控制电路、非线性电路分析的基础理论。

本书编写分工如下:第3章、第5章、第6章、第9章由牡丹江师范学院工学院徐晓雨编写;第4章、第7章、第11章由黑龙江大学电子工程学院张昕明编写;第10章由黑龙江大学电子工程学院张旭编写;第2章由牡丹江医学院医学影像系苏奎编写;第1章由牡丹江医学院崔华贞编写;第8章由牡丹江医学院医学影像系杨艳芳编写。

作为一部专业教材,面对信息时代的来临以及电子信息学科的迅猛发展,将会出现体系、内容上的不足和滞后。要成为一部好的教材,还要经过艰苦的努力以求更臻完善。

本教材为黑龙江省高校科技成果产业化前期研发培育项目:《基于移动互联设备的交通违章行为协管系统产业化》,项目编号为:1254CGZH02。

本书在编写过程中,参阅了大量国内外有关通信和电子电路相关的著作和作品,未及一一注明,谨向有关作者致谢并请见谅。

由于作者水平所限,书中如有疏漏之处,我们衷心地欢迎与期待使用本教材的老师、同学以及读者提出批评与建议。

编 者
2015年1月

冶金工业出版社部分图书推荐

书 名	作 者	定价(元)
电力电子技术(第2版)(本科教材)	杨卫国	39.00
电气传动控制技术(本科教材)	钱晓龙	28.00
近代交流调速(第2版)(本科教材)	佟纯厚	25.00
电工与电子技术(第2版)(本科教材)	荣西林	49.00
电机及拖运基础学习指导(本科教材)	杨玉杰	15.00
电路分析基础简明教程(本科教材)	刘志刚	29.00
CAXA 2007 机械设计绘图实例教程(本科教材)	殷 宏	32.00
电力电子技术(本科教材)	杨卫国	36.00
电气控制及 PLC 原理与应用(本科教材)	吴红霞	32.00
电路理论(第2版)(本科教材)	王安娜	36.00
电力系统微机保护(第2版)(本科教材)	张明君	33.00
工业企业供电(第2版)	周 瀛	28.00
电力电子交流技术(本科教材)	曲永印	28.00
电机拖动基础(本科教材)	严欣平	25.00
电工与电子技术学习指导(本科教材)	张 石	29.00
电力拖动(本科教材)	周绍英	21.00
电子信息材料(本科教材)	常永勤	19.00
数字电子技术基础教程(本科教材)	刘志刚	23.00
电子技术实验(本科教材)	郝国法	30.00
电子技术实验实习教程(本科教材)	杨立功	29.00
无线供电技术	邓亚峰	32.00
变频器基础及应用(第2版)	原 魁 等	29.00
电源管理芯片设计教程	廖永波	24.00
运动对象检测及其在视频压缩与处理中的应用	姚春莲	19.00
微电子机械加工系统(MEMS)技术基础	孙以材	26.00
物联网应用技术系列教材——高频 RFID 技术高级教程	无线龙	45.00
物联网应用技术系列教材——CC430 与无线传感网	无线龙	38.00
物联网应用技术系列教材——ZigBee 无线网络原理	无线龙	49.00
物联网应用技术系列教材——现代无线传感网概论	无线龙	40.00
物联网应用技术系列教材——物联网应用基础	彭 力	29.00
物联网应用技术系列教材——无线传感器网络技术	彭 力	22.00

目 录

1 绪论	1
1.1 通信基本电路概述	1
1.1.1 无线电通信发展历史	1
1.1.2 电子技术发展的三个里程碑	3
1.2 无线电信号的传输原理	3
1.2.1 传输信号的基本方法	3
1.2.2 通信系统简介	4
1.2.3 无线信号的产生与发射	4
1.2.4 无线电信号的接收	5
1.2.5 传输信道	7
1.3 数字通信系统	9
1.4 现代通信系统和软件无线电	10
1.4.1 模拟与数字的混合系统	10
1.4.2 软件无线电	10
本章小结	12
2 选频网络	13
2.1 串联谐振回路	13
2.1.1 概述	13
2.1.2 谐振特性	14
2.1.3 谐振频率	15
2.1.4 品质因数	15
2.1.5 广义失谐	15
2.1.6 能量关系	16
2.1.7 谐振曲线和通频带	17
2.1.8 信号源内阻及负载对串联谐振回路的影响	18
2.2 并联谐振回路	18
2.2.1 原理概述	18
2.2.2 谐振条件	18
2.2.3 品质因数	19
2.2.4 广义失谐系数	19
2.2.5 谐振曲线、相频特性曲线和通频带	20

2.2.6 信号源内阻和负载电阻对并联谐振回路的影响	21
2.3 串、并联阻抗等效互换与抽头变换	21
2.3.1 串、并联阻抗等效互换	21
2.3.2 回路抽头时阻抗的变化(折合)关系	22
2.3.3 电流源的折合	22
2.3.4 负载电容的折合	23
2.4 滤波器的其他形式	23
2.4.1 LC 集中选择性滤波器	24
2.4.2 石英晶体滤波器	24
2.4.3 陶瓷滤波器	26
2.4.4 声表面波滤波器	26
本章小结	28
3 高频小信号放大器	30
3.1 概述	30
3.1.1 高频小信号放大器的功能	30
3.1.2 高频小信号放大器的技术指标	31
3.2 晶体管高频小信号谐振放大器	33
3.2.1 形式等效电路	33
3.2.2 混合 π 等效电路	35
3.3 单调谐回路谐振放大器	36
3.3.1 电压增益	37
3.3.2 谐振时的功率增益	38
3.3.3 放大器的通频带	38
3.3.4 放大器的选择性	39
3.4 多级单调谐回路谐振放大器	39
3.4.1 增益	39
3.4.2 通频带	39
3.4.3 选择性	40
3.5 放大器的稳定性	40
3.5.1 自激产生的原因	40
3.5.2 自激产生的条件	41
3.5.3 单向化	41
3.6 常用调谐放大器的电路	43
3.6.1 二级共发-共基级联中频放大器电路	43
3.6.2 MC1590 构成的选频放大器	44
3.6.3 MC1110 制成的 100MHz 调谐放大电路	44
本章小结	45

4 高频功率放大器	47
4.1 概述	47
4.1.1 高频功率放大器的特点	47
4.1.2 高频功率放大器的任务和技术指标	48
4.1.3 高频功率放大器和高频小信号放大器的对比	48
4.1.4 高频功率放大器和低频功率放大器的对比	49
4.1.5 高频功率放大器的工作状态	49
4.2 高频功率放大器的工作原理	49
4.2.1 原理电路图及其特点	49
4.2.2 电流与电压的波形	50
4.2.3 LC 回路的能量转换过程	51
4.2.4 谐振功率放大器的功率关系和效率	52
4.3 高频功率放大器的折线分析法	53
4.3.1 概述	53
4.3.2 晶体管静态特性曲线及其理想化	53
4.3.3 集电极余弦电流脉冲的分解	54
4.3.4 谐振功率放大器的动态特性与负载特性	56
4.3.5 放大器工作状态及导通角的调整	59
4.3.6 各极电压对工作状态的影响	60
4.4 高频功率放大器的计算	61
4.5 晶体管高频功率放大器的高频效应	63
4.5.1 概述	63
4.5.2 基区渡越时间的影响	63
4.5.3 晶体管基极体电阻 $r_{bb'}$ 的影响	64
4.5.4 饱和压降 V_{ces}	64
4.5.5 引线电感的影响	64
4.6 高频功率放大器的电路组成	64
4.6.1 直流馈电电路	64
4.6.2 输出回路和级间耦合回路	66
4.7 谐振功率放大器的应用举例	69
4.7.1 160MHz、13W 谐振功率放大电路	69
4.7.2 50MHz、25W 调谐功率放大电路	69
4.8 晶体管倍频器	70
4.8.1 丙类倍频器原理	70
4.8.2 丙类倍频器负载回路的滤波作用	71
本章小结	72

5 正弦波振荡器	73
5.1 概述	73
5.2 反馈型振荡器的工作原理	74
5.2.1 振荡器的起振条件	74
5.2.2 振荡器的平衡条件	75
5.2.3 振荡器平衡状态的稳定条件	75
5.3 反馈型 LC 振荡器	78
5.3.1 互感耦合振荡电路	78
5.3.2 电容反馈振荡电路 (考毕兹电路 Colpitts)	79
5.3.3 电感三点式振荡电路 (哈特莱电路 Hartley)	80
5.3.4 LC 三点式振荡器相位平衡条件的判断准则	81
5.4 振荡器的频率稳定原理	83
5.4.1 频率稳定度的定义	83
5.4.2 影响稳定度的因素	84
5.4.3 振荡器的稳频措施	85
5.5 石英晶体振荡器	85
5.5.1 石英晶体及其特性	86
5.5.2 石英晶体的阻抗频率特性	86
5.5.3 石英晶体振荡电路举例	87
5.6 其他形式的振荡器	90
5.6.1 压控振荡器	90
5.6.2 集成电路振荡器	92
本章小结	93
6 振幅调制电路	94
6.1 概述	94
6.2 频谱搬移电路的特性	94
6.3 振幅调制原理	95
6.3.1 普通调幅波的数学表达式及其频谱	95
6.3.2 普通调幅波的功率关系	98
6.3.3 抑制载波的双边带调幅信号和单边带调幅信号	99
6.4 低电平调幅电路	100
6.4.1 单二极管开关状态调幅电路	101
6.4.2 模拟相乘器调幅电路	103
6.4.3 产生单边带信号的方法	105
6.5 高电平调幅电路	106
6.5.1 集电极调幅电路	106
6.5.2 基极调幅电路	109

本章小结	109
7 调幅信号的解调电路	111
7.1 概述	111
7.1.1 检波电路的功能	111
7.1.2 检波电路的分类	112
7.1.3 检波电路的组成	112
7.1.4 检波电路的主要技术指标	112
7.2 二极管大信号包络检波器	113
7.2.1 大信号检波的工作原理	113
7.2.2 大信号检波器的性能分析	114
7.2.3 大信号检波器的技术指标	115
7.3 二极管小信号检波器	117
7.3.1 小信号检波的工作原理	117
7.3.2 小信号检波器的分析	118
7.3.3 小信号检波器的主要技术指标	119
7.4 同步检波器	119
7.4.1 同步检波器的工作原理	119
7.4.2 包络检波器构成的同步检波器	120
7.5 混频器原理与电路	121
7.5.1 概述	121
7.5.2 晶体管混频器的分析	121
7.5.3 二极管平衡混频器和环形混频器	128
7.5.4 模拟相乘器混频电路	131
7.5.5 混频器的干扰	131
本章小结	135
8 角度调制电路	136
8.1 概述	136
8.2 调角波的性质	136
8.2.1 调频波和调相波的波形和数学表达式	136
8.2.2 调角信号的频谱与有效频带宽度	139
8.2.3 调频波与调相波的联系与区别	141
8.3 调频方法及电路	142
8.3.1 实现调频的方法和基本原理	142
8.3.2 变容二极管直接调频电路	143
8.3.3 晶体振荡器直接调频	146
8.3.4 间接调频方法	147
本章小结	150

9 调角信号的解调电路	152
9.1 鉴频方法概述和鉴频器的主要技术指标	152
9.1.1 实现鉴频的方法	152
9.1.2 鉴频器的主要技术指标	154
9.2 相位鉴频器	154
9.2.1 电路说明	154
9.2.2 工作原理	155
9.3 比例鉴频器	157
9.4 调制的抗干扰(噪声)性能	158
9.4.1 预加重网络	160
9.4.2 去加重网络	160
本章小结	161
10 反馈控制电路	162
10.1 反馈控制系统的概念	162
10.1.1 反馈控制系统的组成、工作过程和特点	162
10.1.2 反馈控制系统的工作过程	163
10.1.3 反馈控制系统的特点	163
10.2 反馈控制系统的基本分析	163
10.2.1 反馈控制系统的传递函数及数学模型分析	163
10.2.2 反馈控制系统的基本特性的分析	165
10.3 自动增益控制(AGC)电路	167
10.3.1 AGC电路的组成、工作原理及性能分析	168
10.3.2 放大器的增益控制——可控增益电路	169
10.4 自动频率控制(AFC)电路	173
10.4.1 概述	173
10.4.2 AFC电路基本特性的分析	174
10.4.3 AFC电路的应用举例	176
10.5 自动相位控制(APC)电路(锁相环路PLL)	178
10.5.1 锁相环电路的基本工作原理	178
10.5.2 锁相环路的跟踪性能——锁相环路的线性分析	184
本章小结	185
11 非线性电路分析的基础理论	186
11.1 非线性电路的基本概念与非线性元件	186
11.1.1 非线性电路的基本概念	186
11.1.2 非线性元器件的特性	187

11.2 非线性电路的分析方法	189
11.2.1 幂级数分析法	189
11.2.2 折线分析法	191
11.2.3 线性时变参量电路分析法	192
11.3 非线性电路的应用	193
11.3.1 实现信号频谱的线性变换 (频谱搬移)	193
11.3.2 实现信号频谱的非线性变换	194
11.4 模拟相乘器及其频率变换作用	194
11.4.1 相乘器的基本特性及实现方法	194
11.4.2 四象限双差分对模拟相乘器原理	196
11.5 二极管平衡相乘器	200
本章小结	201
参考文献	203

1 绪 论

本章重点内容

- 无线通信的产生与发展
 - 无线通信系统的基本组成
 - 发送设备和接收设备的工作原理及其功能
 - 数字通信系统的特点
 - 现代通信系统的发展趋势
-

1.1 通信基本电路概述

1.1.1 无线电通信发展历史

随着生产力的提高，物质资源不断丰富，人与人之间交流变得愈加频繁，信息的传递更显得至关重要。信息的力量改变着人们的生活，我们已经进入了信息时代。然而对信息的迫切需求从古至今都未曾间断。中国古代用于战争的烽火和旗语，还有可以用来远距离传输的信鸽，这些原始手段可以说是通信的最初模式。显然烽火、旗语、信鸽虽然传递信息简单，但其安全性较差，更不适合远距离传输。于是科学家们通过不断地探索和努力，把原始通信手段发展为有线通信。

有线通信时代的来临，归功于美国画家萨缪尔·莫尔斯。1791年4月27日，萨缪尔·莫尔斯诞生于美国马萨诸塞州查理镇，父亲是知名的地理学家。他毕业于耶鲁大学美术系时，只有19岁。1832年秋天，已任美国国立图画院院长的莫尔斯从欧洲考察和旅游回国时，在一艘从法国勒阿弗尔港驶往美国纽约的“萨利”号邮轮上，认识了一位美国医师、化学家、电学博士查理·托马斯·杰克逊。当时杰克逊参加了在巴黎召开的电学讨论会后回国，谈到了新发现的电磁感应，引起了莫尔斯的极大兴趣。杰克逊把绕在蹄形铁芯上的铜线圈通上电，只见桌上的铁片、铁钉都被那铁芯吸上了。不一会儿，断了电，那些铁片、铁钉很快就掉了下来。我们知道，导体在磁场中做相对运动会产生电流，同样通电的线圈会产生磁力，这种现象就称为电磁感应。莫尔斯回到自己的房间，久久不能平静，感到电磁感应把他引向一个广阔的天地。他利用在船上休闲的时间，兴致勃勃地阅读了杰克逊借给他的有关论文和电学书本，画家的丰富想象力使他萌发了一个遐想：铜线通电后产生磁力；断电后，失去磁力。要是利用电流的断续，做出不同的动作，录成不同的符号，通过电流传到远方，不就可以创造出一种天方夜谭式的通信工具了吗？他越想越入迷，觉得这个极妙的理想正是人类梦寐以求的愿望，一定要实现它。他毅然下决心去完成

“用电通信”的发明。他苦干了4个春秋，制造出了首台电报样机。1837年9月4日，莫尔斯发明的电报机信号只能传送500m。但他毫不气馁，继续研究。他从他的老师发明中得到灵感，终于创造出了一种起接力作用的继电器，解决了远距离信号减弱的问题。莫尔斯请来朋友维耳当助手，费尽心血，创作出用点（·）和划（-）符号的不同排列来表示英文字母、数字和标点，成为电信史上最早的编码，后被称为“莫尔斯符号”。他与维耳还研制出电报音响器，可以在收电报的同时，通过电码声音直接译出电文，大大缩短了收报译文的时间。1872年4月2日莫尔斯逝世后，纽约市人民特地在中央公园为他建造了一座雕像，永远纪念他为人类作出的巨大贡献。

然而，莫尔斯电报开辟了通信的新纪元，但不能传输模拟及数字信号，传输速度较慢，传输信息量较小。针对大量信息传输的迫切需求，英国科学家贝尔发明了电话。他1847年生于英国，年轻时跟父亲从事聋哑人的教学工作，曾想制造一种让聋哑人用眼睛看到声音的机器。1873年，成为美国波士顿大学教授的贝尔，开始研究在同一线路上传送许多电报的装置——多工电报机，并萌发了利用电流把人的说话声传向远方的念头，使远隔千山万水的人能如同面对面交谈。于是，贝尔开始了电话的研究。1875年，贝尔和他的助手华生分别在两个房间里试验多工电报机，一个偶然发生的事故启发了贝尔。华生房间里的电报机上有一个弹簧粘到磁铁上了，华生拉开弹簧时，弹簧发生了振动。与此同时，贝尔惊奇地发现自己房间里电报机上的弹簧颤动起来，还发出了声音，是电流把振动从一个房间传到另一个房间。贝尔的思路顿时大开，他由此想到：如果人对着一块铁片说话，声音将引起铁片振动；若在铁片后面放上一块电磁铁的话，铁片的振动势必在电磁铁线圈中产生时大时小的电流。这个波动电流沿电线传向远处，远处的类似装置上不就会发生同样的振动，发出同样的声音吗，这样声音就沿电线传到远方去了。这就是梦寐以求的电话。贝尔和华生按新的设想研制出了电话机。在一次实验中，一滴硫酸溅到贝尔的腿上，疼得他直叫喊：“华生先生，我需要你，请到我这里来！”这句话由电话机经电线传到华生的耳朵里，电话成功了！1876年3月7日，贝尔成为电话发明的专利人。

电话虽然能传递语音信号，但是传输媒介是导线，受到导线的限制不能做到随时随地通信。能不能不用导线，在空间中传递信号呢？科学家们前赴后继，给予了肯定的回答。1864年英国物理学家麦克斯韦发表了“电磁场的动力理论”这一著名论文，在理论上证明了电磁波的存在，为后来的无线电发明和发展奠定了坚实的理论基础。1887年德国物理学家赫兹以卓越的实验技巧证实了电磁波是客观存在的。依照麦克斯韦理论，电扰动能辐射电磁波。赫兹根据电容器经由电火花隙会产生振荡的原理，设计了一套电磁波发生器，赫兹将一感应线圈的两端接于产生器两铜棒上。当感应线圈的电流突然中断时，其感应高电压使电火花隙之间产生火花。瞬间后，电荷便经由电火花隙在锌板间振荡，频率高达数百万兆。由麦克斯韦理论，此火花应产生电磁波，于是赫兹设计了一个简单的检波器来探测此电磁波。他将一小段导线弯成圆形，线的两端点间留有小电火花隙。因电磁波应在此小线圈上产生感应电压，而使电火花隙产生火花。所以他坐在一暗室内，检波器距振荡器10m远，结果他发现检波器的电火花隙间确有小火花产生。赫兹在暗室远端的墙壁上覆有可反射电波的锌板，入射波与反射波重叠应产生驻波，他也以检波器在距振荡器不同距离处侦测加以证实。赫兹先求出振荡器的频率，又以检波器量得驻波的波长，二者乘积即电磁波的传播速度。这同麦克斯韦预测的一样。电磁波传播的速度等于光速。赫兹的实验成

功了，而麦克斯韦理论也因此获得了无上的光彩。赫兹在实验时曾指出，电磁波可以被反射、折射和如同可见光、热波一样的被偏振。由他的振荡器所发出的电磁波是平面偏振波，其电场平行于振荡器的导线，而磁场垂直于电场，且两者均垂直传播方向。1889 年在一次著名的演说中，赫兹明确地指出，光是一种电磁现象。第一次以电磁波传递讯息是从 1896 年意大利的马可尼开始的。1901 年，马可尼又成功地将讯号送到大西洋彼岸的美国。从此无线通信进入了实用阶段。

1.1.2 电子技术发展的三个里程碑

此时无线通信设备是：发送设备是用火花发射机、电弧发生器等；接收设备是用粉末（金属屑）检波器。直到 1904 年弗莱明发明电子二极管之后，开始进入了无线电子学时代。1909 年弗雷斯特发明了电子三极管是电子技术发展史上的第一个重要里程碑；1949 年肖克莱发明了晶体三极管成为电子技术发展史上的第二个里程碑；20 世纪 60 年代开始出现将“管”、“路”结合起来的集成电路，中、大规模乃至超大规模集成电路的出现，对人类进入信息社会起了不可估量的作用。这就是电子技术发展史上的第三个重要里程碑。

不管是原始通信手段还是有线通信以及无线通信，传递信息才是首要的任务。通信基本电路所要研究的就是信息的传输和处理的基本电路、基本原理和基本分析方法。

1.2 无线电信号的传输原理

1.2.1 传输信号的基本方法

信息传输对人类生活的重要性是不言而喻的。最基本的信息传输手段当然是语言与文字。语言与文字的产生和发展，对人类社会的发展起了很大的作用。没有语言，人类就无法进行思维。文字不但能够传输信息，而且能够储存信息。随着人类社会生产力的发展，迫切地要求在远距离迅速而准确地传送信息。我国古代利用烽火传送边疆警报，这可以说是最古老的光通信。以后又出现了“旗语”，就是用编码的方法来传输信息。此外，诸如信鸽、驿站快马接力等，也都是人们曾采用过的传输信息的方法。

进入 19 世纪以后，人们发现电能够以光速沿导线传播。这为远距离快速通信提供了物质条件。前面提到，莫尔斯发明电报时，创造了莫尔斯电码。在这种代码系统中，用点、划、空的适当组合来代表字母和数字。这可以说是“数字通信”的雏形。有线电报是人类利用电能传送信号的最初形式，曾经是极重要的通信手段。当然，原理与构造方面已大为改进了，但近年由于其他通信手段的飞速进步，电报的作用已日趋式微，面临被淘汰的命运。出现了有线电报之后，人们自然会想到，能否利用电能来传送声音信号呢？要做到这一点，首先就要使声能转变为电能的形式，然后才便于传送出去。将声能转变为电能的换能器称为“传声器”或“话筒”，通常也称“麦克风”。有线电报与有线电话发明之后不久，又发明了无线电。以前，人们认为电能只能沿导线传输。麦克斯韦的理论推导和赫兹的实验证明，电能也可以在空间以电磁波的形式传输。

于是人们自然想到如何实现不用导线来传输信号的问题，从而导致无线电的发明。一

个导体如果载有高频电流,就有电磁能向空间辐射。电磁能是以波的形式向外传播的,称为电磁波。高频率的电流称为载波电流,简称载波。这种频率称为载波频率或射频。载有载波电流,使电磁能以电磁波形式向空间发射的导体,称为发射天线。如果我们设法用电报或电话信号控制载波电流,则电磁能中就含有所要发送的电报或电话信息,这就是无线电信号的发送过程。在接收端,首先由接收天线将收到的电磁波还原为与发送端相似的高频电流。然后经过检波,取出原来的电报或电话信号。这就完成了无线电通信。

1.2.2 通信系统简介

信息的获取、传输、变换、存储、识别、处理、显示,都要依赖于电子学与信息系统来实现。传输信息的系统,统称为通信系统。一个完整的通信系统应由输入变换器、发送设备、传输信道、接收设备和输出变换器五个基本部分组成。

图1-1为通信系统的组成方框图。其中,输入变换器的功能是将输入信息变换为电信号。当输入信息为非电量(例如,声音、文字、图像等)时,输入变换器是必要的。当输入信息本身就是电信号(例如,计算机输出的二进制信号、传感器输出的电流或电压信号等)时,在能满足发送设备要求的条件下,可不用输入变换器,而直接将电信号送入发送设备。输入变换器输出的电信号应反映原输入的全部信息,此信号通常称为基带信号。传输信道是信号传输的通道,它可以是平行线、同轴电缆或光缆,也可以是传输无线电波的自由空间或传送声波的水等。输出变换器的功能是将接收设备输出的电信号变换成原来的信息,如声音、文字、图像等。

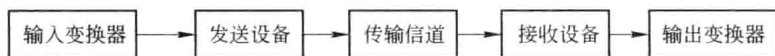


图 1-1 通信系统组成方框图

输入变换器又称信号源,信息源是指需要传送的原始信息,如语言、音乐、图像、文字等,一般是非电物理量。原始信息经输入变换器转换成电信号后,送入发送设备。在实际的通信电子线路中传输的是各种电信号,为此,就需要将各种形式的信息转变成电信号。常见的信号源有话筒、摄像机、各种传感器件。发送设备的作用是将基带信号变换成适合信道传输特性的信号。对基带信号进行变换的原因是由于要传输的信息种类多样,其对应的基带信号特性各异,这些基带信号往往并不适合信道的直接传输。而接收设备的作用是接收传送过来的信号,并进行处理,以恢复发送端的基带信号。接收设备的要求是由于信号在传输和恢复的过程中存在着干扰和失真,接收设备要尽量减少这种失真。输出变换器收信装置是指把接收设备输出的电信号变换成原来形式的信号的装置。例如还原声音的喇叭、恢复图像的显像管。

1.2.3 无线信号的产生与发射

无线电发送是以自由空间为传输信道,把需要传送的信息(声音、文字或图像)变换成无线电波传送到远方的接收点。为什么要用无线电波发送方式把信息(例如声音)传送出去呢?信息传输通常应满足两个基本要求,一是希望传送距离远,二是要能实现多路传输,且各路信号传输时,应互不干扰。依靠声音在空气中直接进行远距离传送,显然是不

行的。其原因是声波在空气中传播的速度很慢（约 340m/s ），而且衰减很快，不能实现远距离传送。况且，人耳能听到的声音的频率为 $20\text{Hz} \sim 20\text{kHz}$ ，若将声音直接传送，多路声音就会混在一起，接收时就难以分辨，不能实现选择功能。为了把声音传送到远方，常用的方法是将声音变成电信号，再通过发送设备送出去。电信号是与声音同频率的交变电磁振荡信号，可以利用天线向空中辐射出去。电磁波在空气中的传播速度很快（ $3 \times 10^9\text{m/s}$ ）。在天线高度足够的条件下是能够实现远距离传送的。但是，无线电波通过天线辐射，天线的长度只有与电磁振荡的波长相近，才能有效地把电磁振荡波辐射出去。对于频率为 $20\text{Hz} \sim 20\text{kHz}$ 的声频来说，其波长为 $15 \times 10^6 \sim 15 \times 10^3\text{m}$ 。那么，这样大尺寸的天线，制造是很困难的，即便可以做出来，由于各个电台所发出的信号频率范围相同，接收者也无法选择所需的接收信号。解决的办法是将发射的电磁波的频率提高，使传送的音频信号“加载”到高频振荡中。这样，天线的尺寸可以减小。不同的电台可以采用不同的高频振荡频率，接收时很容易分辨。通常，只需传送的信息“加载”到高频振荡中的过程称为调制。能实现这样功能变换的电路称为调制器。调制可以分为三类，即调幅、调频和调相。图 1-2 为调幅广播发射机的方框图。

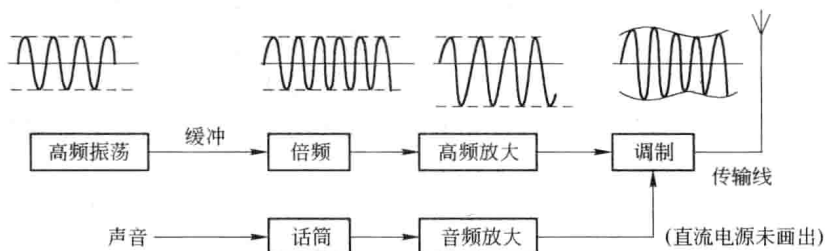


图 1-2 调幅广播发射机方框图

它由以下三部分组成：

- (1) 低频部分。由声电变换器（话筒）和低频放大器组成，实现声电变换，并对音频电信号进行放大，使其满足调制器的要求。
- (2) 高频部分。由主振器、缓冲器、高频电压放大、振幅调制器和高频功率放大器组成，实现载波的产生、放大和振幅调制。
- (3) 传输线和天线部分。它完成将已调波通过天线以电磁波形式辐射出去。

将音频信号“加载”到高频振荡中的方法有调频、调幅、调相三种。电视中图像是调幅，伴音是调频；广播电台常用的方法是调频。

1.2.4 无线电信号的接收

无线电接收过程正好与发送过程相反，它的基本任务是将通过天空传来的电磁波接收下来，并从中取出需要接收的信息信号。图 1-3 为最简单的接收机的方框图。它由接收天线、选频电路、检波器和输出变换器（耳机）四部分组成。接收天线接收从空中来的电磁波。在同一时间，接收天线不仅接收到所需接收的无线电信号，而且也接收到若干个不同载频的无线电信号与一些干扰信号。为了选择出所需的无线电信号，在接收机的接收天线之后要有一个选频电路，其作用是将所要接收的无线电信号取出来，并把不需要的信号滤掉，以免产生干扰。