



高等学校
电子信息类 推荐教材

通信电子电路

于洪珍 编著

10



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

972
TN710
y 74
高等学校电子信息类推荐教材

通信电子电路

于洪珍 编著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书共 10 章,分别讲述小信号调谐放大器、高频调谐功率放大器、LC 正弦波振荡器、振幅调制与解调、角度调制与解调、变频器、锁相环路及其他反馈控制电路、电噪声及其抑制、通信电子电路应用举例;着重讨论了通信设备各单元电路的工作原理、典型电路和分析计算方法。

本书内容物理概念清楚、理论分析透彻、计算详细实用、讲述深入浅出,还配有 CD-ROM 课件,适合于高等学校电子信息专业选用。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

通信电子电路/于洪珍编著. —北京:电子工业出版社,2002.8

高等学校电子信息类推荐教材

ISBN 7-5053-7879-1

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 056382 号

责任编辑:杜振民 特约编辑:祖振升

印 刷:北京市增富印刷有限责任公司

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:18.75 字数:430 千字 附光盘 1 张

版 次:2002 年 8 月第 1 版 2002 年 8 月第 1 次印刷

印 数:5 000 册 定价:25.00 元(含光盘)

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。
联系电话:(010)68279077

序

“通信电子电路”是根据 21 世纪高等院校通信工程、信息处理、应用电子技术等专业制定的教学大纲中所设置的课程，它是基础技术课，也是这些专业的核心课程。

为适应当前信息技术发展及教学的需要，由中国矿业大学于洪珍教授编著的《通信电子电路》一书是她在多年教学和科研实践基础上撰写而成的。这本书很有特色，既具有新颖性，又突出了系统性、理论性，还加强了实践性；既具有启发性，又有可视性。

首先在教材体系上保持了通信电子电路的基本内容、基本体系，使各章有相对的独立性，从而便于其他同类专业，不同教学时数选用。二是在教材内容上重视基本典型电路理论设计计算，注重新理论、新型器件的应用；很多内容及数据都是亲自试验的结果。如锁相环调频及鉴频、检波参数的测定、频率合成器、用模拟集成电路乘法器产生抑制载波调幅等。本书最后一章所举应用实例（脉宽调制集成化载波多路遥讯装置）就是她主持完成科研项目的一部分内容精选。三是教材深入浅出，重视理论分析，同时注意讲清物理概念，分析计算较为详细，便于自学；同时教材配有光盘，在重点章节（如调谐功率放大器、正弦波振荡器、变频器、振幅调制及检波电路、频率调制及鉴频电路、锁相环等）都配有动画演示，做到声、图、文并茂，有助于读者更深入的理解概念，是一本别具风格的好教材。

国家“八五”攀登计划项目首席科学家

东南大学教授

何振亚

2001 年 11 月 8 日

作者简介

于洪珍，中共党员，教授，博士生导师，现任中国矿业大学教育委员会副主任，多媒体通信与控制研究所所长；兼任中国自动化学会智能委员会委员，江苏省自动化学会常务理事，徐州市科技专家委员会委员。

于洪珍从事教育事业 42 年，先后为本科生、研究生开设了高频电路、锁相原理与计算机辅助分析、多媒体计算机技术等 19 门课程，主要研究方向是矿山自动监测监控与多媒体计算机通信。近 9 年来她主持的 10 个科研项目有 8 项通过部级鉴定，有 3 项获部级二等奖，4 项获省部级三等奖。其中“矿山电网综合自动化系统”、“煤矿多媒体安全监视管理系统”被列为 1996 年和 1997 年煤炭部重点推广项目，“GDC-X 型传感器”1994 年获国家专利，“井下电机车 PC 控制‘信集闭’系统”1998 年获国家教委科技进步二等奖。著作有《矿井信集闭系统》、《多媒体技术在矿山监测监控中的应用》、《高频电路及其在矿山上的应用》等。近年来发表学术论文 60 多篇。她曾连续四届获校级优秀教学质量奖，1993 年获江苏省优秀教学成果二等奖，1995 年所承担的“高频电路”课程被评为江苏省优秀课程，1997 年系列课程改革获江苏省优秀教学成果二等奖。1991 年她被国家教委及国家人事部授予全国优秀教师称号，并获得全国优秀教师奖章。1998 年被评为江苏省优秀研究生指导教师。1997 年获得国际组织 IBC 颁发的 20 世纪计算机控制杰出成就奖及教育杰出成就奖，并获得奖章。

摘自中国矿业大学信息与电气工程学院
2001 年 10 月 30 日推荐材料

前 言

《通信电子电路》是在 1993 年出版的《高频电路及其在矿山上的应用》一书的基础上,根据通信、信息处理、应用电子技术和无线电专业对通信电子电路的要求修改编写而成。此次编写,压缩和调整了一些内容,充实了集成电路及一些通信专用器件,并结合教学、科研体会编写成此书。

《通信电子电路》作为一门工科大学的专业基础课,无论对于通信与信息系统、无线电技术专业,还是对于其他电类专业都是非常重要的。它涉及许多通信理论知识、通信电路中常用的基本功能部件以及实际电路,通过对典型问题的深入分析,阐明通信系统中带有普遍性的思想方法和重要结论。因此,我们通过多年的教学实践,深深体会到要教好这门课程,一定要针对这门课程的特点,讲出从特殊到一般的结合,密切联系实际,内容要不断更新,以适应实际的需要。这也是编写本书的一个指导思想。

本书既重视理论的系统性、严密性,又充分考虑其应用的先进性,它具有如下特点:

一、在教材体系的安排上,本书既包含了通信电子电路的基本内容、基本体系,又使各章有相对的独立性,以便于其他同专业,不同教学时数选用。

二、在教材的内容上,我们既重视通信电子电路的基本典型电路理论、设计计算,又注重新理论、新型器件的应用,诸如低噪声放大器设计、频率合成、锁相技术等。

三、教材深入浅出,既重视理论分析,又注意讲清物理概念及分析问题的基本思路,分析计算较为详细,便于读者自学。

四、加强了实践性。本书在介绍通信电子电路基本理论的同时,还注重介绍实际电路当前发展的水平及最新应用。在讨论一些重要的功能电路时,以集成电路为主导,给出了实际电路的实例,书中很多实例都是我们亲自实验的结果。例如:锁相环调频、鉴频电路、频率合成及检波参数等。本书还专门编写了一章“通信电子电路应用举例”,供读者学习与参考,使读者能够在新的高度上深刻理解通信电子电路的基本理论和实际应用。

五、本书每章后编写了大量具有代表性的思考题和习题,有助于读者理解和掌握一些重要结论和分析方法。

六、特别是本书配有 CD-ROM 光盘课件,其中对重点、难点部分设计了生动的动画演示(如调谐功放、调幅、检波、调频、鉴频、变频、锁相环等),非常便于对内容的理解和自学,可大大提高读者的学习兴趣。

本书共包括 10 章,其中第 1 章概述、第 2 章小信号调谐放大器、第 3 章高频调谐功率放大器、第 4 章 LC 正弦波振荡器、第 5 章振幅调制与解调、第 6 章角度调制与解调、第 7 章变频器、第 8 章锁相环路及其他反馈控制电路、第 9 章电噪声及其抑制、第 10 章通信电子电路应用举例。按教学大纲要求,本书总课时为 72 学时,第 10 章的内容可根据教学实际有所选择或供学生自学用。

本书由于洪珍教授主编,于洪珍教授编写了第 1、4、5、6、7、8、9、10 章。王艳芬副教授编写了第 2、3 章。

承蒙国家“八五”攀登计划项目首席科学家,东南大学何振亚教授在百忙中为本书写

序。

承蒙东南大学莫纯昌教授审阅，提出了有益建议与意见，在编写过程中得到了中国矿业大学领导和信息工程系有关同志的关心，电子出版社吴鸿适教授也给予大力支持和帮助，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，加上时间紧张，书中肯定存在不少问题和错误，诚挚希望广大读者批评指正。

编 者
2001年8月

本书常用符号表

一、基本符号

| 符号 | 符号名称 | 单位符号 | 单位名称 | 符号 | 符号名称 | 单位符号 | 单位名称 |
|--------|------|----------|------|------------------|------|-------|------|
| I, i | 电流 | A | 安培 | f, F | 频率 | Hz | 赫兹 |
| U, u | 电压 | V | 伏特 | ω, Ω | 角频率 | rad/s | 弧度每秒 |
| P | 功率 | W | 瓦特 | M | 互感 | H | 亨利 |
| G, g | 电导 | S | 西门子 | k | 耦合系数 | | |
| X, x | 电抗 | Ω | 欧姆 | K | 放大倍数 | | |
| B, b | 电纳 | S | 西门子 | | | | |
| Z, z | 阻抗 | Ω | 欧姆 | | | | |
| C | 电容 | F | 法拉 | | | | |
| L | 电感 | H | 亨利 | | | | |

二、电压、电流的符号

| | |
|-----------------------|---|
| 小写 $u(i)$ 和小写下标 | 交流电压 (电流) 瞬时值 (例如, u_o 表示输出交流电压瞬时值) |
| 大写 $U(I)$ 和小写下标 | 正弦电压 (电流) 有效值 (例如: U_o 表示输出正弦电压有效值) |
| 大写 $U(I)$ 和小写下标且加小写 m | 交流电压 (电流) 幅值 (例如: U_{cm} 表示集电极输出电压幅值) |
| 脚标 i | 输入量 (例如, u_i 为输入电压) |
| 脚标 o | 输出量 (例如, u_o 为输出电压) |

三、晶体管的符号

| | |
|------------|----------------------|
| V | 晶体三极管, 场效应管, 二极管 |
| E_c | 集电极电源电压 |
| BV_{ceo} | 基极开路时的集电极发射极间的反向击穿电压 |
| BV_{ebo} | 集电极开路时的发射极基极间的反向击穿电压 |
| I_{CM} | 集电极最大容许电流 |
| P_{CM} | 集电极最大容许功耗 |
| U_{ces} | 集电极发射极间的饱和压降 |
| U_i | 三极管起始导通电压 |
| g | 伏安特性或转移特性曲线斜率 |
| g_m | 跨导 |
| α | 共基极短路电流放大系数 |
| β | 共射极短路电流放大系数 |
| f_α | 共基极短路电流放大系数的截止频率 |
| f_β | 共射极短路电流放大系数的截止频率 |
| f_T | 特征频率 |

四、功率的符号

| | |
|----------|--------------------|
| P_s | 直流电源供给功率, 信号功率 |
| P_c | 集电极损耗功率 |
| P_o | 晶体管集电极输出的交流功率 |
| P_L | 负载 R_L 上获得的交流功率 |
| P_T | 槽路 (谐振回路) 损耗功率 |
| P_{av} | 已调波平均功率或调制一周期的平均功率 |
| P_n | 噪声平均功率 |

五、效率的符号

| | |
|----------|-----------------|
| η_c | 集电极效率 |
| η_T | 槽路效率 |
| η_d | 检波效率 (检波电压传输系数) |

六、频率的符号

| | |
|-------|--------------|
| f_0 | 回路谐振频率, 中心频率 |
| f_c | 载波频率 (载波) |
| f_i | 中频频率 (中频) |
| f_L | 本振频率 |

七、其余符号

| | |
|--------------------------|--------------|
| Q | 品质因数, 静态工作点 |
| n | 接入系数 |
| N_1, N_2 | 变压器原边、副边线圈匝数 |
| θ | 电流导通角 |
| α | 电流分解系数 |
| m_a | 调幅系数 |
| m_f | 调频系数 |
| m_p | 调相系数 |
| B 或 $2\Delta f_{0.07}$ | 通频带 |
| F | 反馈系数 |
| N_F | 噪声系数 |
| SNR 或 S/N | 信噪比 |

目 录

| | |
|---|-----------|
| 第 1 章 绪论 | 1 |
| 1.1 关于通信系统的概念 | 1 |
| 1.2 无线电波的传播特性 | 1 |
| 1.3 调制的通信系统 | 3 |
| 第 2 章 小信号调谐放大器 | 6 |
| 2.1 概述 | 6 |
| 2.2 谐振回路 | 6 |
| 2.2.1 并联谐振回路的基本特性 | 6 |
| 2.2.2 负载和信号源内阻对谐振回路的影响 | 11 |
| 2.2.3 谐振回路的接入方式 | 12 |
| 2.3 单调谐放大器 | 17 |
| 2.3.1 工作原理 | 17 |
| 2.3.2 调谐放大器的选频性能 | 18 |
| 2.3.3 调谐放大器的最大增益、阻抗匹配条件 | 21 |
| 2.4 调谐放大器的级联 | 21 |
| 2.4.1 调谐于同一频率 f_0 的多级放大器 | 22 |
| 2.4.2 参差调谐放大器 | 23 |
| 2.4.3 松耦合双调谐回路放大器 | 24 |
| 2.5 晶体管的混合 π 型等效电路及频率参数 | 25 |
| 2.5.1 晶体管高频等效电路 | 25 |
| 2.5.2 晶体管的高频放大能力及其频率参数 | 27 |
| 2.6 晶体管的 Y 参数等效电路 | 29 |
| 2.6.1 晶体管 Y 参数等效电路 | 30 |
| 2.6.2 混合 π 型等效电路参数与 Y 参数的关系 | 31 |
| 2.6.3 单级高频调谐放大器的电压放大倍数 K_v | 33 |
| 2.7 高频调谐放大器的稳定性 | 37 |
| 2.7.1 晶体管内部反馈的有害影响 | 37 |
| 2.7.2 解决办法 | 39 |
| 思考题与习题 | 41 |
| 第 3 章 高频调谐功率放大器 | 46 |
| 3.1 概述 | 46 |
| 3.2 调谐功率放大器的工作原理 | 46 |
| 3.2.1 基本原理电路 | 46 |

| | | |
|------------|-----------------------|-----------|
| 3.2.2 | 工作原理 | 46 |
| 3.3 | 调谐功率放大器的折线近似分析法 | 49 |
| 3.3.1 | 晶体管特性的折线化 | 49 |
| 3.3.2 | 集电极余弦脉冲电流分析 | 50 |
| 3.3.3 | 槽路电压 | 52 |
| 3.4 | 功率和效率 | 53 |
| 3.5 | 调谐功率放大器的动态特性和外部特性 | 55 |
| 3.5.1 | 调谐功率放大器的动态特性 | 55 |
| 3.5.2 | 调谐功率放大器的外部特性 | 57 |
| 3.6 | 调谐功率放大器的实用电路 | 61 |
| 3.6.1 | 直流馈电电路 | 61 |
| 3.6.2 | 基极自给偏压环节 | 62 |
| 3.6.3 | 输入、输出匹配网络 | 63 |
| 3.6.4 | 高频功率放大器实用电路举例 | 67 |
| 3.7 | 功率晶体管的高频效应 | 68 |
| 3.7.1 | 高频功率晶体管的电流放大倍数 | 69 |
| 3.7.2 | 晶体管高频工作时载流子渡越时间的影响 | 69 |
| 3.7.3 | 晶体管高频工作时对饱和压降的影响 | 70 |
| 3.8 | 倍频器 | 71 |
| | 思考题与习题 | 72 |
| 第4章 | LC 正弦波振荡器 | 75 |
| 4.1 | 概述 | 75 |
| 4.2 | 反馈型正弦波自激振荡器基本原理 | 75 |
| 4.2.1 | 从调谐放大到自激振荡 | 76 |
| 4.2.2 | 自激振荡的平衡 | 76 |
| 4.2.3 | 振荡的建立和振荡条件 | 77 |
| 4.2.4 | 振荡器的稳定条件 | 78 |
| 4.3 | 三点式 LC 振荡器 | 80 |
| 4.3.1 | 电容三点式振荡器(考毕兹电路) | 80 |
| 4.3.2 | 电感反馈三点式电路(哈特莱电路) | 83 |
| 4.3.3 | LC 振荡器相位平衡条件的判断准则 | 84 |
| 4.4 | 改进型电容三点式电路 | 85 |
| 4.4.1 | 串联改进型电容反馈三点式电路(克拉泼电路) | 85 |
| 4.4.2 | 并联改进型电容反馈三点式电路(西勒电路) | 87 |
| 4.4.3 | 几种三点线路振荡器的比较 | 88 |
| 4.5 | 振荡器的频率稳定问题 | 89 |
| 4.6 | 石英晶体谐振器 | 92 |
| 4.6.1 | 石英晶体的压电效应及等效电路 | 92 |
| 4.6.2 | 石英晶体的阻抗特性 | 93 |

| | | |
|--------------|-----------------------------|------------|
| 4.6.3 | 石英谐振器的频率温度特性 | 97 |
| 4.6.4 | 石英谐振器频率稳定度高的原因 | 97 |
| 4.7 | 石英晶体振荡器电路 | 98 |
| 4.7.1 | 并联晶振电路 | 98 |
| 4.7.2 | 串联型晶振电路 | 99 |
| 4.7.3 | 泛音晶振电路 | 100 |
| 4.8 | 陶瓷振子和陶瓷振子电路 | 101 |
| 4.8.1 | 压电陶瓷元件的特性 | 101 |
| 4.8.2 | 陶瓷振子 | 102 |
| 4.8.3 | 陶瓷振子振荡电路 | 103 |
| | 思考题与习题 | 103 |
| 第 5 章 | 振幅调制与解调 | 106 |
| 5.1 | 概述 | 106 |
| 5.2 | 调幅信号的分析 | 106 |
| 5.2.1 | 普通调幅波 | 107 |
| 5.2.2 | 抑制载波双边带调幅 (DSB/SC-AM) | 109 |
| 5.2.3 | 抑制载波单边带调幅 (SSB/SC-AM) | 110 |
| 5.3 | 调幅波产生原理的理论分析 | 111 |
| 5.4 | 普通调幅波的产生电路 | 114 |
| 5.4.1 | 低电平调幅电路 | 115 |
| 5.4.2 | 高电平调幅电路 | 115 |
| 5.5 | 普通调幅波的解调电路 | 123 |
| 5.5.1 | 小信号平方律检波器 | 124 |
| 5.5.2 | 大信号峰值包络检波 | 127 |
| 5.5.3 | 普通调幅波同步解调电路 | 133 |
| 5.6 | 抑制载波调幅波的产生和解调电路 | 134 |
| 5.6.1 | 抑制载波调幅电路 | 134 |
| 5.6.2 | 抑制载波调幅的解调电路 | 138 |
| 5.6.3 | 抑制载波调幅电路的应用举例 | 140 |
| | 思考题与习题 | 140 |
| 第 6 章 | 角度调制与解调 | 147 |
| 6.1 | 概述 | 147 |
| 6.2 | 调角波的性质 | 148 |
| 6.2.1 | 调频及其数学表示式 | 148 |
| 6.2.2 | 调相及其数学表达式 | 148 |
| 6.2.3 | 调频与调相的关系 | 149 |
| 6.2.4 | 调角波的频谱 | 150 |
| 6.2.5 | 调角信号的频带宽度 | 151 |

| | | |
|------------|---------------------------------|------------|
| 6.2.6 | 调角信号频谱与调制信号的关系 | 152 |
| 6.3 | 调频信号的产生 | 153 |
| 6.3.1 | 调频方法 | 153 |
| 6.3.2 | 调频电路的性能指标 | 154 |
| 6.4 | 调频电路 | 154 |
| 6.4.1 | 变容二极管调频电路 | 155 |
| 6.4.2 | 电抗管调频电路 | 162 |
| 6.4.3 | 晶体振荡器调频电路 | 165 |
| 6.4.4 | 调相和间接调频电路 | 167 |
| 6.5 | 调频波的解调 | 170 |
| 6.5.1 | 鉴频器的质量指标 | 170 |
| 6.5.2 | 斜率鉴频器 | 171 |
| 6.5.3 | 相位鉴频器 | 173 |
| 6.5.4 | 比例鉴频器 | 179 |
| 6.5.5 | 脉冲计数式鉴频器 | 183 |
| 6.6 | 限幅器 | 184 |
| 6.6.1 | 二极管限幅器 | 185 |
| 6.6.2 | 三极管限幅器 | 185 |
| 6.7 | 调制方式的比较 | 186 |
| | 思考题与习题 | 187 |
| 第7章 | 变频器 | 192 |
| 7.1 | 概述 | 192 |
| 7.2 | 变频器的基本原理 | 193 |
| 7.3 | 晶体三极管混频电路 | 194 |
| 7.3.1 | 晶体三极管混频电路的几种形式 | 194 |
| 7.3.2 | 对变频器的主要要求 | 195 |
| 7.3.3 | 变频器工作状态选择 | 195 |
| 7.3.4 | 晶体管变频电路应用举例 | 196 |
| 7.4 | 环形混频电路 | 198 |
| 7.5 | 用模拟乘法器构成的混频电路 | 199 |
| 7.6 | 变频干扰 | 200 |
| 7.6.1 | 组合频率干扰 | 200 |
| 7.6.2 | 副波道干扰 | 201 |
| 7.6.3 | 交调和互调干扰 | 202 |
| 7.7 | 超外差接收机的统调与跟踪 | 203 |
| | 思考题与习题 | 205 |
| 第8章 | 锁相环路(PLL)及其他反馈控制电路 | 208 |
| 8.1 | 锁相环路 | 208 |

| | | |
|--------------|-------------------------|------------|
| 8.1.1 | 基本锁相环的构成 | 208 |
| 8.1.2 | 锁相环的基本原理 | 209 |
| 8.1.3 | 锁相环各组成部分分析 | 209 |
| 8.1.4 | 锁相环的数学模型 | 213 |
| 8.1.5 | 环路的锁定、捕获和跟踪 | 214 |
| 8.1.6 | 环路的同步带和捕捉带 | 214 |
| 8.2 | 集成锁相环芯片 | 215 |
| 8.2.1 | CC4046 逻辑图和引出端功能图 | 215 |
| 8.2.2 | NE564 逻辑图和引出端功能图 | 217 |
| 8.3 | 锁相环路的应用 | 217 |
| 8.3.1 | 在调制解调技术中的应用 | 218 |
| 8.3.2 | 在空间技术上的应用 | 221 |
| 8.3.3 | 在稳频技术中的应用 | 221 |
| 8.4 | 自动增益控制电路 | 223 |
| 8.4.1 | 产生控制信号的 AGC 电路 | 224 |
| 8.4.2 | 控制放大器的增益 | 226 |
| 8.5 | 自动频率控制电路 | 228 |
| 8.5.1 | 自动频率控制的原理 | 228 |
| 8.5.2 | AFC 电路的应用举例 | 228 |
| 8.6 | 静噪电路 | 229 |
| | 思考题与习题 | 231 |
| 第 9 章 | 电噪声及其抑制 | 233 |
| 9.1 | 概述 | 233 |
| 9.2 | 电阻热噪声 | 234 |
| 9.2.1 | 电阻热噪声现象 | 234 |
| 9.2.2 | 电阻热噪声的功率密度频谱 | 234 |
| 9.2.3 | 电阻噪声的计算 | 236 |
| 9.3 | 晶体管的噪声及其等效电路 | 237 |
| 9.3.1 | 晶体管噪声 | 237 |
| 9.3.2 | 晶体管噪声等效电路 | 239 |
| 9.4 | 噪声度量 | 239 |
| 9.4.1 | 信噪比 | 239 |
| 9.4.2 | 噪声系数 | 240 |
| 9.4.3 | 噪声温度 | 242 |
| 9.4.4 | 级联网络的噪声系数 | 243 |
| 9.4.5 | 等效噪声带宽 | 244 |
| 9.5 | 噪声系数的测量原理 | 245 |
| 9.6 | 接收天线噪声、干扰及其抑制 | 246 |
| 9.6.1 | 接收天线噪声 | 246 |

| | |
|----------------------------------|------------|
| 9.6.2 接收天线干扰、噪声及其抑制 | 247 |
| 9.7 减小电路内部噪声影响, 提高输出信噪比的方法 | 248 |
| 思考题与习题 | 250 |
| 第 10 章 通信电子电路应用举例 | 252 |
| 10.1 单片调幅 / 调频收音机介绍 | 252 |
| 10.1.1 概述 | 252 |
| 10.1.2 调幅接收电路分析 | 252 |
| 10.1.3 调频接收电路分析 | 256 |
| 10.2 移动通信收、发信机 | 257 |
| 10.2.1 发信机的主要性能指标 | 257 |
| 10.2.2 发信机的组成及电路 | 259 |
| 10.2.3 收信机的主要性能指标 | 264 |
| 10.2.4 收信机的组成及电路 | 267 |
| 10.3 脉宽调制集成化载波多路遥讯装置 | 270 |
| 10.3.1 主要性能特点及技术指标 | 270 |
| 10.3.2 工作原理 | 270 |
| 10.4 YDK-IP 型遥控机 | 277 |
| 附录 多媒体教学课件使用说明 | 283 |
| 参考资料 | 284 |

第 1 章 绪 论

1.1 关于通信系统的概念

通信的任务是传递信息。传输信息的系统称为“通信系统”。

任何一个通信系统，都是从一个称为信息源的时空点向另一个称为信宿的目的点（用户）传送信息。通信系统是指实现这一通信过程的全部技术设备和信道的总和。通信系统种类很多，它们的具体设备和业务功能可能各不相同，然而经过抽象和概括，均可用图 1-1 所示的基本组成框图表示，所以一个完整的通信系统应包括信息源、发送设备、传输信道、接收设备和收信装置五部分。如图 1-1 所示。

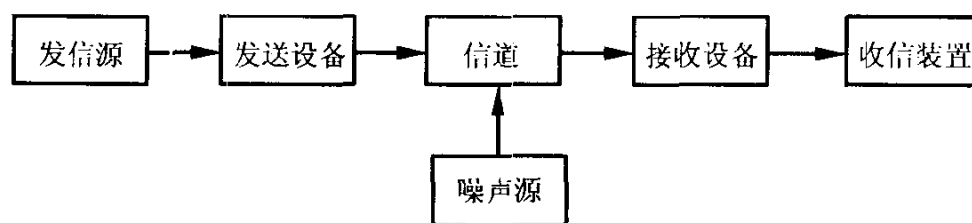


图 1-1 通信系统组成方框图

信息源是指要传送的原始信息，如文字、数据、语音、音乐、图像等，一般是非电量。对于非电量信号，经输入变送器变换为电信号（例如被传输的是声音信息就需先经声电换能器——话筒，变换为相应信号的电信号）。如果输入信息本身就是电信号（如计算机输出的二进制信号）时，可以直接送到发送设备。

发送设备是将电信号变换为适应于信道传输特性的信号的一种装置。

接收设备的功能和发送设备相反，它是将通过信道传输后接收到的电信号恢复成与发送设备输入信号相一致的一种装置。

信道即传输信息的通道，或传输信号的通道，又称传输媒介。概括起来有两种，即有线信道和无线信道。有线信道包括架空明线、电缆、波导、光缆等，无线信道可以是传输无线电波的自由空间，如地球表面的大气层、水、地层及宇宙空间等。

噪声源是指信道中的噪声及分散在通信系统中其他各处噪声的集中表示。

对于被传输的其他信息如文字、音乐、图像、数据等，也是先设法变换为相应的电信号，然后根据上述原理组成相应的通信系统，就可实现各种不同信息的传输。

1.2 无线电波的传播特性

传播特性指的是无线电信号的传播方式、传播距离、传播特点等。不同频段的无线电信号，其传播特性不同。同一信道对不同频率的信号传播特性是不同的。例如，在自由空间媒介里，电磁能量是以电磁波的形式传播的，而不同频率的电磁波却有着不同的传播方式。

传播方式主要有直射传播、绕射（地波）传播、折射和反射（天波）传播及散射传播

等。决定传播方式和传播特点的关键因素是无线电信号的频率。例如，1.5MHz 以下的电磁波可以绕着地球的弯曲表面传播，称为地波，如图 1-2 (a) 所示。由于大地不是理想导体，当电磁波沿其上传播时，有一部分能量被损耗掉，并且频率越高，损耗越严重，传播的距离就越短，因此频率较高的电磁波不宜采用绕射方式传播。另外还应指出，由于地面的电性能在较短时间内的变化不会很大，因此这种传播比较稳定。又如，对于 1.5~30MHz 的电磁波，由于频率较高，地面吸收较强，用表面波传播时衰减很快，它主要靠天空中电离层的折射和反射传播，称为天波，如图 1-2 (b) 所示。电离层是由太阳和星际空间的辐射引起大气上层电离形成的。电磁波到达电离层后，一部分能量被吸收，一部分能量被反射和折射到地面。频率越高，被吸收的能量越小，电磁波穿入电离层也越深，当频率超过一定值后，电磁波就会穿透电离层传播到宇宙空间而不再返回地面。因此频率更高的电磁波不宜用天波传播。再如，对于 30MHz 以上的电磁波，由于频率很高，表面波的衰减很大，电磁波穿入电离层也很深，它就会穿透电离层传播到宇宙空间而不能反射回来，因此不用表面波和天波传播方式，而主要由发射天线直接辐射至接收天线，沿空间直线传播，称谓空间波，如图 1-2 (c) 所示。由于地球表面的弯曲，空间波传播的距离受限于视距范围。架高发射天线、利用通信卫星可以增大其传输距离。

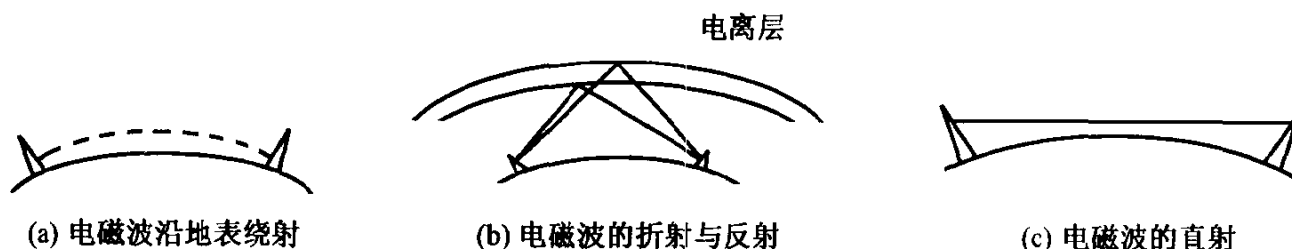


图 1-2 无线电波传播方式

综上所述，长波信号以地波绕射为主。中波和短波信号可以以地波和天波两种方式传播，不过，前者以地波传播为主，后者以天波（反射和折射）传播为主。超短波以上频段的信号大多以直射方式传播，也可以采用对流层散射的方式传播。

还需要强调说明的是，无线电传播一般都要采用高频（射频）才适于天线辐射和无线传播。理论和实践都证明：只有当天线的尺寸大到可以与信号波长相比拟时，天线才具有较高的辐射效率。这也是为什么要把低频的调制（基带）信号调制到较高的载频上的原因之一。

为了讨论问题的方便，对频率或波长进行分段，称为频段或波段。不同频段信号的产生、放大和接收的方法不同，传播的方式也不同，因而它们的应用范围也不同。表 1-1 为无线电波的波（频）段划分表。

表 1-1 无线电波的波（频）段划分及其用途表

| 波段名称 | 波长范围 | 频率范围 | 频段名称 | 主要用途或场合 |
|----------|---------------------------|-------------|-----------|-----------------|
| 超长波 | $10^8 \sim 10^4 \text{m}$ | 3Hz~30kHz | VLF (甚低频) | 音频、电话、数据终端 |
| 长波 | $10^4 \sim 10^3 \text{m}$ | 30~300kHz | LF (低频) | 导航、信标、电力线通信 |
| 中波 | $10^3 \sim 10^2 \text{m}$ | 300kHz~3MHz | MF (中频) | 调幅广播、业余无线电 |
| 短波 | $10^2 \sim 10 \text{m}$ | 3~30MHz | HF (高频) | 移动电话、短波广播、业余无线电 |
| 米波 (超短波) | 10~1m | 30~300MHz | VHF (甚高频) | 调频广播、电视、导航移动通信 |
| 分米波 | 100~10cm | 300M~3GHz | UHF (超高频) | 电视、遥控遥测、雷达、移动通信 |
| 厘米波 | 10~1cm | 3~30GHz | SHF (特高频) | 微波通信、卫星通信、雷达 |
| 毫米波 | 10~1mm | 30~300GHz | EHF (极高频) | 微波通信、雷达、射电天文学 |