

21 世纪 高 等 学 校 通 信 类 规 划 教 材

通信电子电路

Communication Electronic Circuits

谢沅清 邓 钢 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

21 世纪高等学校通信类规划教材

通信电子电路

Communication Electronic Circuits

谢沅清 邓 钢 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书内容主要包括通信电路中的宽带放大器,高频选频放大器,振荡器,调幅、检波与变频,角度调制与解调,反馈控制电路,噪声与干扰及其抑制,直流电源电路。

本书着重物理方面的描述,力求避免烦琐的数学推导。

本书可作为高等学校通信、电子信息类专业本科生教材,也可供相关专业领域的科技人员参考。

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/谢沅清,邓钢编著. —北京:电子工业出版社,2005.10

(21世纪高等学校通信类规划教材)

ISBN 7-121-01872-1

I. 通... II. ①谢...②邓... 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(2005)第 124020 号

责任编辑:韩同平 特约编辑:杨逢仪

印 刷:北京牛山世兴印刷厂

出版发行:电子工业出版社

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:480 千字

印 次:2005 年 10 月第 1 次印刷

印 数:5000 册 定价:26.50 元

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。质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

出版说明

教材建设是高等学校教学和学科建设的主要内容之一。近几年来,我国各高等学校实施了一系列面向21世纪教学改革计划,在教学内容和课程体系改革上取得了丰硕的成果,因此需要适时推出适应教改成果的教材。同时,通信技术发展十分迅速,原有教材中,或者内容已比较陈旧、落后,难以适应教学的要求,需要修订或重新编写;或者需要开设新课程,编写新教材以填补空白。

电子工业出版社作为以信息技术领域出版为特色的中央级科技与教育出版社,始终关注着电子信息技术的发展方向,始终把出版适应我国高等学校发展要求的高质量精品教材放在重要位置上。我社出版了一系列特色鲜明的教材,希望能把它们放在学生的书包里、课桌上,为培养高素质人才打下良好的基础。

基于上述考虑,经过一年多的调研,并征求多方的意见,根据国内高等学校通信专业的发展现状,以及教育部《关于十五期间普通高等教育教材建设与改革意见》的指示精神,电子工业出版社规划出版了这套“21世纪高等学校通信类规划教材”。

目前,我国多数高等学校都设有通信专业,但办学水平、特色及人才培养层次差异很大。这套教材定位于重点高校,即以研究型、研究教学型人才培养为主的高等学校通信类专业,包括其他相关专业的通信类课程教材。因此,教材的作者全部来自于重点高校,多数是“信息与通信工程”一级学科设有全国重点学科的高校。

与以往出版的同类教材相比,这套教材具有以下特点:

(1) 专业特色鲜明:以重点院校本科通信类专业的专业课程教材为主线,兼顾其他相关专业的通信类课程。

(2) 突出系统性:本套规划教材覆盖了本科通信类专业的专业基础课、专业方向课及专业选修课,形成一个完整的教材系列,规模之大是以往教材中所不多见的。同时注意教材之间内容的合理划分与衔接,层次分明,重点突出,各高校可以根据需要组合选用,我们的目的是为通信类课程打造一套全方位解决方案。

(3) 体系、内容新颖:整个知识点建立在“高”、“新”平台上。基本理论阐述精练,深入浅出,便于自学;注意吸收新理论、新技术成果在人才培养中的作用;加强实践性与应用性,结合实例进行讲解。

(4) 配套教学支持:多数教材配有教学课件(电子教案),部分重要课程配套出版教学辅导书或实验教材。

(5) 质量保证:多数教材为已出版教材的修订版,原教材在高校的影响大;重新规划的教材将在组织专家/教授对写作大纲和知识点进行充分讨论的基础上,选择优秀作者编写。

本套教材可作为高等学校通信专业及相关专业的本科生或研究生教材,也可供通信领域的有关专业人员学习参考。

为做好本套教材的出版工作,我们聘请了多位国内通信教育领域的著名教授作为教材顾问,并聘请了清华大学、东南大学、上海交通大学、北京交通大学、北京邮电大学、西安电子科技大学、电子科技大学等著名高校电子信息学院(系)的院长(系主任)成立教材编委会,从根本上保证了教材的高质量。在此对他们的辛勤工作表示衷心的感谢。

今后,我们将进一步加强同各高校教师的密切联系和合作,广泛听取一线教师对教材的反馈意见和建议,以便使我们的教材出版工作做得更好。

《21世纪高等学校通信类规划教材》顾问委员

(按姓名音序排列)

迟惠生 (北京大学)
冯重熙 (清华大学)
吴伟陵 (北京邮电大学)
谢希仁 (解放军理工大学)

程时昕 (东南大学)
李承恕 (北京交通大学)
吴诗其 (电子科技大学)
袁保宗 (北京交通大学)

《21世纪高等学校通信类规划教材》编审委员

(按姓名音序排列)

主任委员: 樊昌信 (西安电子科技大学)

副主任委员:

顾晚仪 (北京邮电大学)
彭启琮 (电子科技大学)
王希勤 (清华大学)
吴镇扬 (东南大学)

李建东 (西安电子科技大学)
王金龙 (解放军理工大学)
文宏武 (电子工业出版社)
张思东 (北京交通大学)

委员:

安建平 (北京理工大学)
陈咏恩 (同济大学)
段哲民 (西北工业大学)
范平志 (西南交通大学)
鄞广增 (南京邮电大学)
顾学迈 (哈尔滨工业大学)
李建东 (西安电子科技大学)
刘 琚 (山东大学)
仇佩亮 (浙江大学)
唐向宏 (杭州电子科技大学)
王金龙 (解放军理工大学)
王祖林 (北京航空航天大学)
韦 岗 (华南理工大学)
徐昌庆 (上海交通大学)
张思东 (北京交通大学)
朱光喜 (华中科技大学)

鲍长春 (北京工业大学)
邓建国 (西安交通大学)
樊昌信 (西安电子科技大学)
方 勇 (上海大学)
顾晚仪 (北京邮电大学)
康 健 (吉林大学)
李晓峰 (电子科技大学)
彭启琮 (电子科技大学)
唐朝京 (国防科技大学)
田宝玉 (北京邮电大学)
王希勤 (清华大学)
文宏武 (电子工业出版社)
吴镇扬 (东南大学)
张德民 (重庆邮电学院)
郑建生 (武汉大学)
朱秀昌 (南京邮电大学)

编辑出版组: 胡先福 韩同平 王羽佳 姚晓竞

前 言

本书与作者即将在电子工业出版社出版的《电子电路基础》互为配套教材。电子电路基础和通信电子电路两门课程共同构成通信与电子信息类专业的硬件基础课。通信电子电路课程的先修课程是电子电路基础。

这两本教材的前一个版本是作者编写的以下两本教材:

一本是 1999 年由人民邮电出版社出版的《电子电路基础》,该书是面向 21 世纪课程教材和普通高等学校“九五”国家级重点教材。

另一本是 2000 年由北京邮电大学出版社出版的《通信电子电路》,该书是普通高等学校“九五”部级重点教材。

与前一个版本相比,新编的这两本教材在内容划分上遵循传统的做法,在选材和取舍,以及叙述上有较大调整。其思路是,作为大学本科教材,只需纳入最基本的,实用中常见的内容,对于比较专门的,以及比较深入的或实用中不多见的的内容,则不宜纳入。同时,把作者在前一个版本中提出的某些新观点继续奉献给有此需要的师生,并且在阐述上又有所提高和加深。

现将本书的主要特色和作者编写本书的一些考虑说明如下。

一、通信电子电路是一门工程性很强的课程,故本书注重基本概念的阐述。有关计算是建立在弄清基本概念基础上的工程估算,力求避免过程烦琐而又缺少实用价值的详细计算。作者在更早一些时候所编教材中的某些计算内容,如用 Y 参数分析计算谐振放大器、LC 正弦波振荡器起振条件详细计算,在本教材中通通删去了。

考虑到本书的读者对象是集成电路的使用者,而非设计者,故本书把计算的定位不放在整个电路的设计上,而是着眼于局部电路的修改设计上。因为在实际应用中,集成电路的使用者是选用若干集成块组成一个系统。组成系统时,每一个集成块的外围电路的参数需要使用者选定。在器件手册中都给有参考电路和数据,使用者只需根据需要做一些简单的计算,对电路参数做必要的调整即可。处理这类问题,使用者必须具备两方面的知识:一是如何通过外围电路参数控制和调整器件的工作点和动态运用范围,是电子电路基础课程的任务;二是集成块要实现所需的功能应该有什么样的工作状态和电路参数,是通信电子电路课程的任务,要解决这个问题主要靠概念清楚和简单的工程估算,详细计算可借助电子计算机来完成。

二、作为本科生教材,只须纳入最基本的内容。对于比较深入和专门的内容,不宜列入。许多从事电子电路课程教学多年的同行都深有体会,本课程教学效果不尽理想,学生产生畏学的情绪,除了本课程的内容和处理方法十分灵活外,内容偏多偏深是重要原因之一。

三、选材时着眼于通信电子电路中的常见电路,而不求面面俱到。力求通过介绍典型电路,抽象出其基本工作原理。对基本工作原理,力求讲透,并体现处理和分析问题的方法。

四、电子电路中所用的许多分析方法,所得出的结论,往往都是有其前提条件的。不顾及这一点而无条件地引用,就会出错。本书十分注意这个问题。例如,在正弦电压作用下,产生非正弦电流,谈论其等效的基波输入阻抗,必须有高 Q 谐振回路。

五、基于人们认识事物的规律是从个别到一般的,故本书对许多概括性的描述,不是放在每章的开始,而是纳入每章末尾的小结中。

六、电子电路中的某些量化用词,其实质是相对概念,而非绝对数值,如未予强调,易使初学者陷入迷茫的困境。例如,高频与低频、宽带与窄带即是典型二例。

七、对集成块的处理,择其实现主要功能的核心部分进行详细讲述,而不是毫无遗漏地展示其内部电路的每一个元器件。对集成电路的使用者,了解了电路实现的主要功能,以及与管脚连接端的内部电路就可以了。集成块内部的电流源、电压源、基本放大单元,电路往往十分复杂,元器件的数目占总电路的很大比例,列出来讲解,会与电子电路基础课程重复,甚至喧宾夺主。如若不讲,将给初学者造成很大的心理负担。本书的处理方法是将电流源、电压源和基本放大单元用惯用的符号和方框替代。这样,图面简洁,易于给初学者以清晰的概念。若读者需要详细了解内部电路,可自行查阅手册。作者认为,这也是教材和器件手册之间,比较恰当的分工。

本书由谢沅清执笔,电子课件由邓钢制作。

冠有 * 号的章节为选学内容

本书承武汉大学张肃文教授审阅,衷心感谢他对本书提出的宝贵意见。

限于作者水平,书中难免有疏漏和不妥之处,敬请广大读者不吝指正。

编著者
2005 年于北京

常用符号说明

一、基本的量和单位表

量的名称	量的符号	单位名称	单位符号	量的名称	量的符号	单位名称	单位符号
电 流	I, i	安[培]	A	电 容	C	法[拉]	F
电 压	U, u	伏[特]	V	互 感	M	亨[利]	H
功 率	P, p	瓦[特]	W	放大倍数	A	分贝	dB
电 阻	R, r	欧[姆]	Ω	时间、摄氏温度	t	秒,摄氏度	s, $^{\circ}\text{C}$
电 导	G, g	西[门子]	S	热力学温度	T	开[尔文]	K
电 抗	X, x	欧[姆]	Ω	频 率	f, F	赫[兹]	Hz
电 纳	B, b	西[门子]	S	角频率	ω, Ω	弧度每秒	rad/s
阻 抗	Z, z	欧[姆]	Ω	带 宽	BW	赫(兹)	Hz
电 感	L	亨[利]	H				

注:无方括号的量的名称与单位名称均为全称。方括号的字,在不引起混淆、误解的情况下,可以省略。去掉方括号中的字即为其名称的简称。

二、电压、电流的符号表示

小写 $u(i)$ 和小写下标	交流电压(电流)瞬时值(例如 u_{be} 表示基极与发射极之间交流电压瞬时值)
大写 $U(I)$ 和大写下标	直流电压(电流)值或交流电压(电流)的有效值(例如 U_{BE} 表示基极与发射极之间直流电压值, U_O 表示输出交流电压的有效值)
小写 $u(i)$ 和大写下标	含有直流电压(电流)的瞬时值(例如 u_{BE} 表示基极与发射极之间含有直流电压的瞬时值)
大写 V 和大写双字重复下标	直流供电电压(例如 V_{CC} 表示集电极直流供电电压)

三、正弦信号作用下,复数、模、相角的符号

$U(j\omega) = U(\omega)e^{j\varphi(\omega)}$	正弦电压复数值
$U(\omega), \varphi(\omega)$	电压的模和相角
$U(S)$	电压的拉氏变换

四、角标含义

i	输入量(例如 u_i 为输入电压)
i	电流量(例如 A_i 为电流放大倍数)
o	输出量(例如 u_o 为输出电压)
L	负载上的量(例如 u_L 为负载上的电压)
f	反馈量(例如 u_f 为反馈电压, A_f 为加有反馈时的放大倍数)
s	信号源量(例如 u_s 为信号源电压, A_s 为从信号源计算的放大倍数)
d	直流量(例如 U_d 为电压直流量)
R	基准量(例如 U_R 为基准电压)

五、功率

P_C	集电极损耗功率	P_{SB}	边频功率
P_o	载频功率	P_{av}	平均功率

六、频率

f_h	3 dB 上限(截止)频率	BW	3 dB 带宽
f_l	3 dB 下限(截止)频率	f_0	回路固有谐振频率

七、器件符号及参数

1. 二极管

VD	普通二极管	I_S	反向饱和电流
VD _w	稳压二极管	U_z	稳压管的击穿电压
U_D	导通电压	$U_T \left(= \frac{kT}{q} \right)$	热电压

2. 三极管

VT	三极管
I_{CBO}	发射极开路时的集电结反向饱和电流
I_{CEO}	基极开路时集电极与发射极间的电流(穿透电流)
I_{CM}	集电极最大容许电流
U_{CES}	集电极与发射极间的饱和压降
BU_{CBO}	发射极开路时的集电结击穿电压
BU_{CEO}	基极开路时集电极与发射极间的击穿电压
U_A	欧拉电压
P_{CM}	集电极最大容许功耗
g_m	跨导
α	共基极短路电流放大系数
β	共发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	共发射极短路电流放大系数的截止频率
f_T	特征频率(β 降至等于 1 的频率)

八、其他符号

Q	品质因素	m_a	调幅系数
D	矩形系数	m_f	调频系数
η	耦合因数或效率	m_p	调相系数
p	接入系数	S_f	调频灵敏度(压控灵敏度)
θ	电流通角	F	噪声系数
α	电流分解系数	NF	噪声系数的分贝值
K_M	相乘器的相乘增益		

目 录

绪论	(1)
0.1 通信系统的组成	(1)
0.2 模拟通信系统	(2)
0.2.1 典型模拟通信系统	(2)
0.2.2 无线电广播发送和接收系统	(3)
0.3 数字通信系统	(4)
0.4 通信方式	(4)
0.5 通信的频段	(5)
0.6 本课程的内容	(6)
第 1 章 通信电路中的宽带放大器	(7)
1.1 传输线	(7)
1.1.1 均匀传输线的等效电路	(7)
1.1.2 均匀传输线方程在稳定的正弦信号作用下的解	(8)
1.1.3 无损耗线	(9)
1.2 传输线变压器	(14)
1.2.1 结构	(14)
1.2.2 1:1 倒相器	(14)
1.2.3 4:1 阻抗变换器	(15)
1.3 功率合成器与分配器	(16)
1.3.1 反相功率合成	(17)
1.3.2 同相功率合成	(19)
1.3.3 功率分配器	(20)
1.3.4 功率合成电路举例	(20)
1.4 小结	(21)
习题与思考题	(22)
第 2 章 通信电路中的高频选频放大器	(24)
2.1 LC 谐振回路	(24)
2.1.1 LC 谐振回路中的元件	(24)
2.1.2 单谐振回路	(26)
2.1.3 耦合谐振回路	(33)
2.2 小信号谐振放大器	(36)
2.2.1 单管小信号谐振放大器	(36)
2.2.2 共射-共基连接谐振放大器	(37)
2.2.3 集成 LC 小信号谐振放大器	(38)
2.2.4 多级谐振放大器的选频特性	(40)
2.3 集中选频小信号选频放大器	(42)
2.3.1 石英晶体滤波器选频放大器	(42)

* 2.3.2 陶瓷滤波器选频放大器	(45)
* 2.3.3 声表面波滤波器	(46)
2.4 丙类高频谐振放大器	(47)
2.4.1 工作原理	(48)
2.4.2 放大器的欠压、过压与临界工作状态	(49)
2.4.3 主要指标的计算	(50)
2.4.4 直流供电电路	(56)
2.4.5 耦合电路	(58)
2.5 丁类放大器	(65)
2.5.1 电流开关型丁类放大器	(65)
2.5.2 电压开关型丁类放大器	(67)
2.6 晶体管倍频器	(69)
2.7 小结	(70)
习题与思考题	(71)
第3章 振荡器	(74)
3.1 反馈型正弦波振荡器的工作原理	(74)
3.2 反馈型 LC 正弦波振荡器	(75)
3.2.1 变压器耦合反馈式 LC 正弦波振荡器	(75)
3.2.2 三点式 LC 正弦波振荡器	(77)
3.2.3 振荡器的功率输出电路	(81)
3.3 振荡器的振幅和频率的稳定	(81)
3.3.1 振幅稳定	(82)
3.3.2 频率稳定	(84)
3.3.3 振幅与频率不稳定的原因及稳定的方法	(86)
3.4 石英晶体振荡器	(89)
3.5 RC 正弦波振荡器	(93)
3.5.1 RC 正弦波振荡器的特点	(93)
3.5.2 具有正、负两个反馈通路的 RC 正弦波振荡器	(93)
* 3.5.3 积分式 RC 正弦波振荡器	(95)
* 3.6 负阻正弦波振荡器	(98)
3.6.1 负阻器件	(98)
3.6.2 负阻型 LC 正弦波振荡器	(98)
3.7 张弛振荡器	(102)
3.7.1 反馈型张弛振荡器的工作原理	(102)
3.7.2 运算放大器构成的张弛振荡器	(103)
3.7.3 单片集成张弛振荡器	(108)
* 3.7.4 555 单片定时电路构成的张弛振荡器	(110)
* 3.8 寄生振荡	(113)
3.8.1 寄生振荡的典型表现形式	(113)
3.8.2 寄生振荡的产生原因及其防止或消除方法	(114)
3.9 小结	(115)
习题与思考题	(117)

第4章 调幅、检波与变频	(122)
4.1 调幅信号的分析	(122)
4.1.1 标准调幅波	(122)
4.1.2 双边带调幅波	(126)
4.1.3 单边带调幅波	(127)
4.2 调幅与检波的基本原理和实现方法	(127)
4.3 调幅电路	(129)
4.3.1 双边带调幅电路	(129)
4.3.2 标准调幅电路	(130)
4.3.3 单边带调幅电路	(131)
4.3.4 二极管调幅电路	(132)
4.3.5 三极管调幅电路简介	(134)
4.4 检波电路	(134)
4.4.1 标准调幅波相乘检波电路	(134)
4.4.2 双边带调幅波检波电路	(135)
4.4.3 二极管峰值包迹检波器	(137)
4.4.4 平均值包迹检波器	(143)
4.4.5 三种检波电路的比较	(144)
4.5 正交调幅、残留边带调幅及其解调	(144)
4.5.1 正交调幅与解调	(145)
* 4.5.2 残留边带调幅与解调	(146)
4.6 变频	(147)
4.6.1 相乘混频电路	(147)
4.6.2 二极管混频电路	(149)
4.6.3 三极管混频电路	(151)
4.7 变频增益	(151)
4.8 变频噪声	(151)
4.8.1 产生干扰的原因及表现形式	(152)
4.8.2 减小干扰的方法	(153)
4.9 小结	(154)
习题与思考题	(154)
第5章 角度调制与解调	(159)
5.1 角度调制的基本概念	(159)
5.1.1 瞬时频率和附加相位	(159)
5.1.2 调频与调相波的数学表达式	(160)
5.2 调角信号的分析	(161)
5.2.1 数学表示法与基本性质	(161)
5.2.2 频谱和频带宽度	(162)
* 5.2.3 两个不同频率的调制信号对一个载波调频简介	(164)
5.3 实现调频的基本原理和方法	(164)
5.4 直接调频电路	(165)
5.4.1 变容二极管调频器	(165)

5.4.2 晶体振荡器调频器	(169)
5.5 间接调频电路	(170)
5.6 扩展线性频偏的方法	(174)
5.7 频率解调的基本原理和方法	(175)
5.8 鉴频电路	(175)
5.8.1 单失谐回路斜率鉴频器	(175)
5.8.2 双失谐回路斜率鉴频器	(179)
5.8.3 集成电路中应用的斜率鉴频器	(181)
5.8.4 相位检波型相位鉴频器	(183)
5.8.5 脉冲计数式鉴频器	(185)
5.8.6 和鉴频器配合使用的限幅器	(187)
5.9 数字信号的角度调制与解调	(189)
5.9.1 移频键控信号的产生	(189)
5.9.2 移频键控信号的解调	(189)
5.9.3 移相键控信号的产生	(191)
5.9.4 两相调相信号的解调	(192)
5.10 小结	(193)
习题与思考题	(195)
第6章 反馈控制电路	(198)
6.1 自动幅度控制电路	(198)
6.1.1 接收机中的自动增益控制(AGC)原理	(198)
6.1.2 控制增益的方法	(199)
6.1.3 电平检测电路	(201)
6.1.4 具有自动增益控制的接收机放大电路	(202)
6.1.5 振荡器中的自动稳幅	(205)
6.2 自动频率控制	(206)
6.2.1 自动频率控制的原理	(206)
6.2.2 频率比较器	(206)
* 6.2.3 具有自动频率控制电路的调频器	(207)
* 6.2.4 自动频率控制电路的特点	(208)
6.3 自动相位控制——锁相	(209)
6.3.1 锁相环的构成及工作原理	(210)
6.3.2 锁相环的基本部件	(211)
6.3.3 锁相环的相位模型和基本方程	(214)
6.3.4 一阶环路的图解分析	(216)
6.3.5 锁相环的线性化分析	(220)
6.3.6 集成锁相环电路	(223)
6.3.7 锁相环的典型应用	(225)
6.4 小结	(230)
习题与思考题	(232)
第7章 噪声、干扰及其抑制	(234)
7.1 元器件内部噪声产生的原因及其表示方法	(234)

7.1.1	热噪声	(234)
7.1.2	散弹噪声	(236)
7.1.3	低频噪声	(236)
7.1.4	分配噪声	(237)
7.2	噪声电路的计算	(237)
7.2.1	多个噪声源作用于电路时的计算	(237)
*7.2.2	含有多个电阻、电抗元件的二端口网络的噪声等效电路——广义奈奎斯特定理	(238)
7.2.3	噪声系数	(240)
7.2.4	噪声温度	(242)
7.2.5	电子器件和放大器的噪声等效电路	(243)
7.3	减小电子电路内部噪声影响,提高输出信噪比的方法	(245)
7.3.1	降低器件本身噪声的方法	(246)
7.3.2	选用合适电路或设计特种电路	(246)
7.4	减小元器件外部干扰,提高输出信噪比的方法	(247)
7.4.1	来自电源的干扰及其抑制方法	(247)
7.4.2	来自空间电磁耦合造成的干扰及其抑制方法	(249)
7.4.3	公共地线连接不当造成的干扰及其抑制	(250)
7.4.4	常见噪声、干扰的简单识别方法	(252)
7.5	小结	(253)
	习题与思考题	(254)
第8章	直流电源电路	(256)
8.1	整流电路	(256)
8.1.1	单相半波整流	(256)
8.1.2	单相全波整流	(257)
8.1.3	单相桥式整流电路	(258)
8.1.4	接有电容滤波器的整流电路	(259)
8.1.5	复式滤波器	(261)
8.1.6	倍压整流	(262)
8.1.7	整流器各主要指标的意义	(264)
8.2	硅稳压管稳压器	(267)
8.2.1	硅稳压管的主要特性	(268)
8.2.2	硅稳压管稳压电路	(269)
8.3	线性稳压电源	(272)
8.3.1	工作原理	(272)
8.3.2	集成稳压电源	(273)
8.3.3	三端稳压电源及其应用	(275)
8.4	开关式稳压电源	(277)
8.4.1	开关电源的基本组成	(277)
8.4.2	控制电路	(278)
*8.4.3	功率因数校正电路	(280)
8.5	小结	(282)
	习题与思考题	(283)
	参考文献	(285)

绪 论

0.1 通信系统的组成

通信是将信息从发送者传送到接收者的过程,实现这种信息传递过程的系统称为通信系统。本书所指的通信限于利用电磁系统传递信号的特定范围,而以电信号表征信息的载体,这种通信系统称为电通信系统。所以通信系统的基本模型如图 0.1-1 所示。

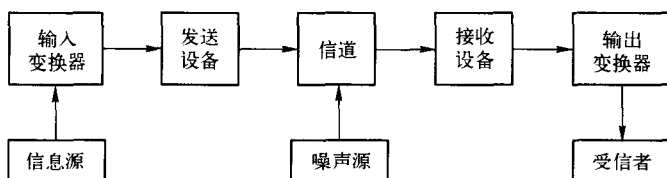


图 0.1-1 通信系统的基本模型

图 0.1-1 中的信息源是指要传送的原始信息,如语言、文字、数据、图像等。发送设备将信息源的信号变为便于在信道中传输的信号,接收设备则将接收到的电信号变为能为受信者感受到的信号。如果信息源发出的是非电信号,如声音、图像,则发送设备的前端须有一个非电量-电量的变换器,而接收设备的末端须有一个电量-非电量变换器,将电量还原为原来的声音或光量的形式。如果信道中传输的是光信号,则发送设备的末端须有一个电量-光量的变换器,而接收端的前端须有一个光量-电量的变换器。本书限于探讨电信号的传输与处理,而不涉及上述四种变换器。

信道指传输信号的媒体,可分为有线信道和无线信道两大类。有线信道包括架空明线、双绞线、电缆、光纤电缆等;无线信道可以是地球表面的大气层、水及宇宙空间等。

噪声源是通信系统中各种噪声的集中表示,并非意味着噪声只是作用于信道。

通信系统中所要传输的信息形式多种多样,如语音、图像、文字、符号和数据等。为了便于分析研究,人们将其分为两大类:一类在持续时间和信息状态方面是连续变化的,称为连续信息,如强弱连续变化的语音、亮度连续变化的图像;一类在持续时间和信息状态方面是离散和可数的,称为离散信息,如符号、文字和数据等。

当代表信息的电信号的参数(如幅度、频率、相位等)对应于原连续信息是连续取值时,则该信号称为模拟信号;而若电信号参数对应于原连续信息的变化不仅在时间上是离散的,而且在取值上也是离散的称为数字信号。模拟信号和数字信号可以相互转换,由模拟信号转换为数字信号的电路称做模数转换电路,简称 A/D 电路,反过来的变换电路称做数模转换电路,简称 D/A 电路。

人们从实践中发现,用数字信号来传输信号,当混入噪声时,可以通过所谓“再生”的方法以消除噪声的积累,从而提高通信质量。因此,将原本是连续变化的模拟信号转换成数字信号来传输,得到广泛的应用。按照信道中传输的是模拟信号还是数字信号,通信系统分成模拟通

信系统和数字通信系统两大类。

0.2 模拟通信系统

0.2.1 典型模拟通信系统

图 0.2-1 所示为典型的模拟通信系统方框图。可以看出,图 0.1-1 中的发送设备在图 0.2-1 中换成了非电-电变换器和调制器,接收设备则换成了解调器和电-非电变换器。两个变换器是在信息源为非电量,而受信者只能感受非电量的情况下所必需的。

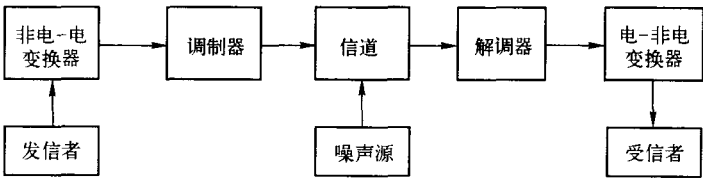


图 0.2-1 典型模拟通信系统方框图

设置调制器和解调器的原因如下。

以语音和图像信号为例,各个不同的语音或图像信号,都处于相同的频段。当在同一信道同时传送多个信号时,各个信号就会混在一起而难以分开。如果各个信号的强度差不多,则哪一个信号也无法从众多信号中分辨出来。当各个信号的强度相差很悬殊时,虽然能从中选出强度最大的信号,但其他信号会形成干扰,使接收质量下降。为了在同一信道中传送多个信号,在发送端设置调制器,将代表各种不同信息的信号频率,“搬移”到频率较高的不同频段。这样,同一信道就可接多个发送设备,传送多个不同频率的信号。在接收设备的输入端,借助于具有选频特性的装置,选取所需信号所处频段的高频信号。解调器的作用,是将这个高频信号“搬移”到原信号所处的频段。

设置调制器和解调器的另一个原因,是无线通信所必不可少的。无线通信的发送设备是借助天线产生的电磁波,将信号发送到信道——空中去的。接收设备也是利用天线来接收信道中的信号——空中的电磁波的。为使天线能有效地发送和接收电磁波,天线的几何尺寸必须和电磁波的波长相比拟,一般不宜长于 $1/4$ 波长,音频的频率范围为 $20\text{ Hz} \sim 20\text{ kHz}$,对应的波长为 $15000 \sim 15\text{ km}$ 。如果要将这一频段的信号通过天线有效地辐射到空间或接收下来,则要制造长度为 $3750 \sim 3.75\text{ km}$ 的天线,并将其矗立起来,这是无法实现的。而将信号频率搬移到较高的频段,则只需制作较短的天线。

将信息源发出的信号称为基带信号。将基带信号频谱通过调制器搬移至频率相对高一些的高频信号附近,该高频信号作为基带信号的载体,在信道中传送,此高频信号称做载频信号。解调则是从已调高频信号中提取出基带信号。由于基带信号的频率比调制后的信号频率低,故基带信号也称低频信号*。经调制后的高频信号也称已调信号,而对高频载波进行调制作用的基带信号,在调制电路中又称做调制信号。

对高频信号进行调制时,根据高频信号参量究竟是幅度、频率、相位三者中的哪一个,可以

* 这里称谓的高、低是相对的,例如图像信号中包含的频谱高达 6 MHz ,由于是基带信号,称低频信号。但语音传输时,基带信号的频谱不超过 20 kHz ,其载波为几百千赫,便称高频信号。而传送图像时载波频率至少为几十兆赫。

分为调幅、调频、调相三种制式。而相应的解调也可以分为三种制式。

0.2.2 无线电广播发送和接收系统

图 0.2-2(a)和(b)分别为最简单的无线电广播发送和接收系统的方框图。

由各方框之间所示波形可以对各方框的功能一目了然。图 0.2-2(a)中缓冲级实质上是一种吸收功率很小、工作稳定的放大级,其作用是保证主振级产生的高频振荡频率十分稳定,不受外界的任何影响。调制-放大的功能是使高频信号幅度按低频信号大小变化同时高频信号还得到放大的部件。传声器是将语音变为电信号的变换器。

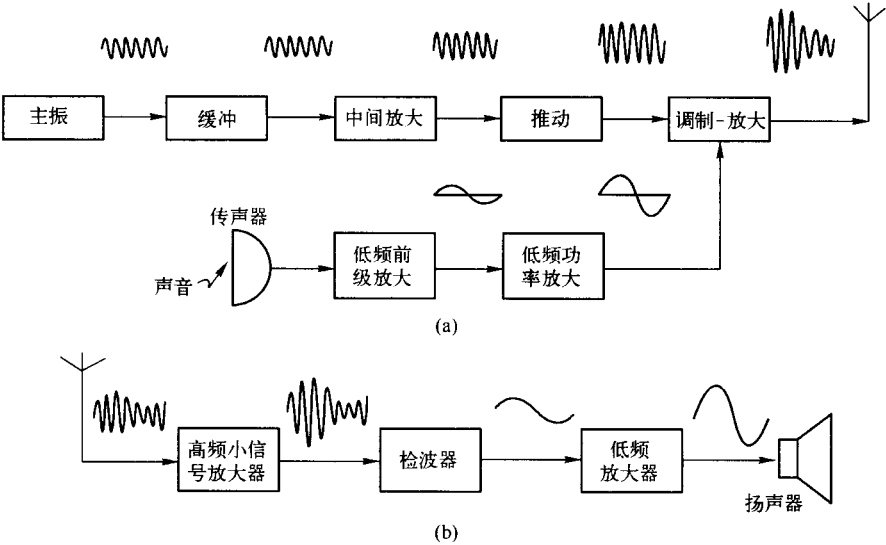


图 0.2-2 最简单的无线电广播发送和接收系统方框图

图 0.2-2(b)中的高频小信号放大器除了放大所需频率的信号外,还应抑制不需要频率的信号。检波器的功能是从接收到的高频信号中还原出原基带信号。扬声器将电信号恢复为语音信号。

图 0.2-2(b)为原始的直接放大式接收机,现已被图 0.2-3 所示的超外差式接收机所取代。

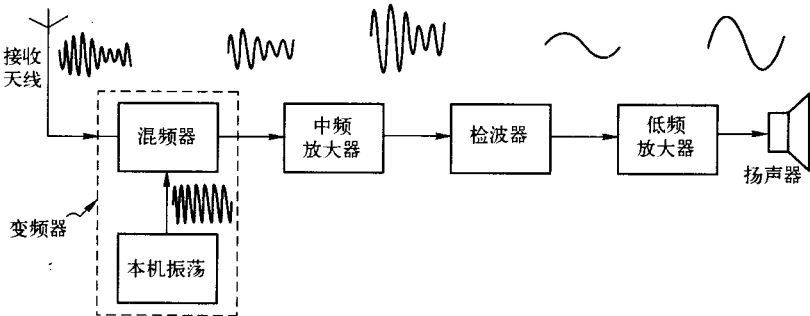


图 0.2-3 超外差式接收机方框图

可以看出,图 0.2-2(b)中的高频小信号放大器,在图 0.2-3 中被变频器加中频放大器所取