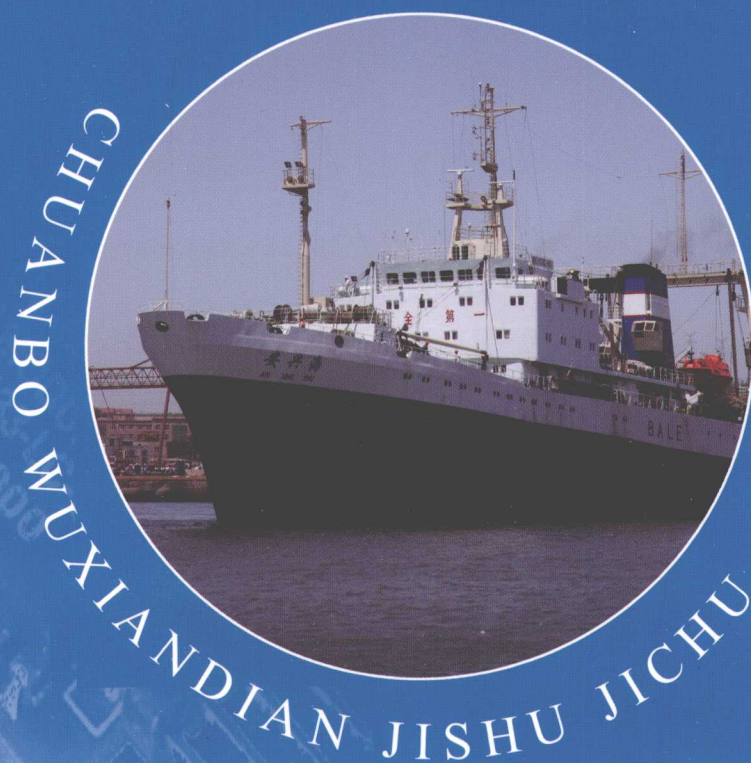


船舶无线电技术基础

杨梅 严飞 主编
夏志忠 主审



大连海事大学出版社

船舶无线电技术基础

杨梅 严飞 主编

夏志忠 主审

江苏工业学院图书馆
藏书章

大连海事大学出版社

© 杨梅 严飞 2009

图书在版编目 (CIP) 数据

船舶无线电技术基础 / 杨梅, 严飞主编. —大连:
大连海事大学出版社, 2009.11
ISBN 978-7-5632-2379-4

I. ①船… II. ①杨… ②严… III. ①航海通信—无
线电技术—高等学校—教材 IV. ①U675.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 199842 号

大连海事大学出版社出版

地址: 大连市凌海路 1 号 邮编: 116026 电话: 0411-84728394 传真: 0411-84727996

<http://www.dmupress.com>

E-mail: cbs@dmupress.com

大连美跃彩色印刷有限公司印装

大连海事大学出版社发行

2009 年 11 月第 1 版

2009 年 11 月第 1 次印刷

幅面尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 15.5

字数: 394 千

印数: 2 000 册

责任编辑: 沈荣欣

版式设计: 晓 东

封面设计: 王 艳

责任校对: 杨子江

ISBN 978-7-5632-2379-4

定价: 26.00 元

前 言

为适应各种先进的航海电子与计算机通信设备在海上的应用和不断更新,针对航海类专业的培养特色,制定了新的高等航海学校航海类海洋船舶驾驶专业《船舶无线电技术基础》教学大纲。根据新的教学大纲,结合编者多年来的教学经验,对原有教材在教学内容和编排形式上做了增删与修改,目的是尽可能地使教材在内容和形式上更符合驾驶专业的培养特点。本书除涵盖了航海电子通信设备的电子技术基础理论知识外,还适当地增加了与理论知识相对应的船用实用电路,既保持教学内容的科学性和基础性,又体现了实用性。这种针对“驾通合一”的培养目标,将使船舶驾驶员能更好地适应航海新技术、新设备及其应用的需要,同时也能更好地与国家海事局新的“船员适任证书考试大纲”中所要求的相关内容相衔接。

本书以模拟和数字集成电路的内容贯穿全书,覆盖了船舶航行中所使用的电子通信设备(如:航海仪器、导航雷达、全球定位系统(GPS),VHF 通信设备、GMDSS 通信设备等)的电子技术基础理论及相关的计算机基础知识。在原教材基础上,增加了高频小信号放大器、高频调谐功率放大电路、单边带 SSB 发射机和接收机、滤波电路等与船用通信技术与设备相关的内容。全书共 12 章,分为上、下两篇。上篇模拟电路共 7 章,内容包括半导体二极管及其应用、三极管及电压放大电路、集成运算放大器、功率放大器、波形产生电路、频率变换电路、直流电源。下篇数字电路共 5 章,内容包括数字电路基础、组合逻辑电路、时序逻辑电路、半导体存储器、脉冲电路。其中绪论、1、2、4 章由严飞编写;3、5、6~12 章由杨梅编写。全书由夏志忠教授主审。

本书在编写和出版过程中,得到了大连海事大学教务处、大连海事大学航海学院、信息科学技术学院、大连海事大学出版社等相关部门的大力支持和帮助。邵佑诚教授、夏志忠教授和朱义胜教授在编写和定稿过程中给予了极大的关注和鼓励;董辉副教授、毕春娜副教授在教材内容的修改方面提出了宝贵的意见和建议;在资料的收集、内容选定方面也得到了航海学院相关课程教师的积极协助;温金旺同志负责了大部分章节图形的绘制。在此,向所有曾经在本书编写和调研工作过程中给予过帮助和支持的同志,致以诚挚的谢意。

由于编者时间和水平有限,教材中难免有不完善与疏漏之处,敬请各位专家、同行和广大的读者提出宝贵的意见。

编 者

2009 年 9 月

目 录

0 绪论	1
0.1 无线电技术在航海中的应用	1
0.2 无线电收发系统的组成	2
0.2.1 无线电发射系统	2
0.2.2 无线电接收系统	3
0.3 无线电波的传播	4
0.3.1 无线电波的波段划分	4
0.3.2 无线电波的传播方式	5
0.4 航海中的无线电技术与本课程的联系	5

上篇 模拟电路

第1章 半导体二极管及其基本应用电路	7
1.1 半导体基础知识	7
1.1.1 本征半导体与杂质半导体	7
1.1.2 PN 结	8
1.2 半导体二极管	10
1.2.1 半导体二极管的几种常见结构	10
1.2.2 二极管的伏安特性	10
1.2.3 二极管的主要参数	11
1.2.4 二极管的等效电路	11
1.2.5 特殊二极管	12
1.3 晶体二极管的基本应用电路	14
1.3.1 整流电路	14
1.3.2 限幅电路	15
习 题	16
第2章 晶体三极管及电压放大电路	19
2.1 晶体三极管	19
2.1.1 晶体三极管的结构及类型	19
2.1.2 晶体三极管的电流放大作用	20
2.1.3 晶体三极管的共射特性曲线	22
2.1.4 晶体三极管的四个工作区	23
2.1.5 晶体三极管的主要参数	24
2.1.6 场效应管	25

2.2 单管电压放大电路	25
2.2.1 各元件的作用	25
2.2.2 电压放大原理	26
2.3 放大电路的分析方法及其动态性能指标	28
2.3.1 直流通路与交流通路	28
2.3.2 图解分析法	29
2.3.3 小信号模型分析法	32
2.3.4 放大电路的动态性能指标	34
2.3.5 静态工作点的稳定	38
2.3.6 分压式偏置电路的静态工作点和动态性能指标计算	39
2.4 射极输出器	41
2.4.1 静态分析	41
2.4.2 动态分析	41
2.4.3 特点和应用	42
2.5 高频小信号放大器	43
2.5.1 高频小信号放大器概述	43
2.5.2 LC 谐振回路	45
2.5.3 单调谐放大器	45
2.5.4 双调谐放大器	47
2.5.5 参差调谐放大器	48
2.6 多级放大电路	49
2.6.1 多级放大电路概述	49
2.6.2 阻容耦合	49
2.6.3 直接耦合	50
2.6.4 变压器耦合	51
习 题	53
第 3 章 集成运算放大器	57
3.1 集成运算放大器	57
3.1.1 集成运算放大器概述	57
3.1.2 集成运放的主要性能指标及传输特性	58
3.1.3 集成运放的理想化条件	59
3.1.4 集成运放线性区和饱和区的分析方法	60
3.2 反 馈	60
3.2.1 反馈的基本概念	60
3.2.2 反馈的极性和作用	61
3.2.3 负反馈四种基本类型	62
3.2.4 反馈极性与负反馈类型的判断	62
3.2.5 负反馈对放大电路性能的影响	66
3.3 集成运算放大器的应用	67

3.3.1 比例运算电路	68
3.3.2 减法运算电路	69
3.3.3 加法运算电路	70
3.3.4 积分和微分电路	71
3.3.5 模拟乘法器	71
3.4 滤波器	72
3.4.1 滤波器的幅频特性	72
3.4.2 滤波器的种类	73
3.4.3 无源滤波器	74
3.4.4 有源滤波器	74
习 题	76
第 4 章 功率放大电路	80
4.1 功率放大电路特点	80
4.1.1 功率放大电路与电压放大电路比较	80
4.1.2 功率放大电路的主要技术指标和基本要求	80
4.1.3 功率放大电路的工作状态	81
4.2 互补对称功率放大电路	83
4.2.1 无输出变压器 (OTL) 的互补对称功率放大电路	83
4.2.2 无输出电容 (OCL) 的互补对称功率放大电路	84
4.3 集成功率放大电路	85
4.4 高频调谐功率放大电路	86
4.4.1 高频调谐功率放大器和小信号调谐放大器的区别	86
4.4.2 调谐功率放大器的电路分析	86
习 题	88
第 5 章 波形产生电路	90
5.1 正弦波振荡器	90
5.1.1 正弦波振荡器的组成和工作原理	90
5.1.2 RC 正弦波振荡器	92
5.1.3 LC 正弦波振荡器	94
5.1.4 石英晶体正弦波振荡电路	95
5.2 电压比较器	97
5.2.1 单限比较器	97
5.2.2 迟滞比较器	98
5.3 非正弦波产生电路	98
5.3.1 矩形波产生电路	99
5.3.1 三角波产生电路	100
5.3.3 锯齿波产生电路	101
5.4 压控振荡器	103
5.4.1 变容二极管特性	103

5.4.2 晶体压控振荡器	104
习 题	104
第 6 章 频率变换电路	106
6.1 调制、解调及混频的一般概念	106
6.1.1 调制	106
6.1.2 解调	107
6.1.3 混频	108
6.2 非线性电路的频率变换作用	109
6.2.1 线性元件与非线性元件	109
6.2.2 非线性电路频率变换作用的数学分析	110
6.2.3 频率变换电路的组成原则	111
6.3 调 幅	111
6.3.1 普通调幅波(AM)	112
6.3.2 抑制载波的双边带(DSB)信号调制	114
6.3.3 单边带(SSB)信号调制	115
6.3.4 振幅调制电路	117
6.4 振幅解调	122
6.4.1 包络检波	123
6.4.2 同步检波	125
6.5 混频器	126
6.5.1 混频器的组成	126
6.5.2 混频电路	126
6.5.3 实用混频电路	127
6.6 超外差式接收机	128
6.6.1 超外差式调幅接收机	128
6.6.2 超外差式接收机中的干扰	129
6.6.3 超外差式接收机中抑制干扰的方法	131
6.6.4 船用 SSB 接收机	131
6.7 角度调制	132
6.7.1 调角信号的表达式	132
6.7.2 调频波的频谱和带宽	133
6.7.3 调频电路	134
6.8 鉴 频	139
6.8.1 鉴频原理	139
6.8.2 鉴频电路	139
6.8.3 超外差式调频接收机	141
习 题	141
第 7 章 直流稳压电源	143
7.1 直流电源的组成	143

7.2 稳压管稳压电路	143
7.2.1 稳压管稳压电路的组成	143
7.2.2 稳压管稳压电路稳压原理	144
7.2.3 稳压管稳压电路参数选择	144
7.3 串联型稳压电路	145
7.3.1 串联稳压电路的组成	145
7.3.2 串联稳压电路稳压原理	145
7.3.3 输出电压的调节	145
7.4 集成稳压电源	146
7.4.1 集成三端稳压器	146
7.4.2 集成三端稳压器的应用	146
习 题	147

下篇 数字电路

第8章 数字电路基础	149
8.1 数字逻辑电路的基本概念	149
8.1.1 模拟电路与数字电路	149
8.1.2 数字电路的优点	149
8.1.3 数字电路的研究范围	150
8.2 数制和码制	150
8.2.1 常用数制	150
8.2.2 常用数制间的相互转换	152
8.2.3 常用编码	153
8.2.4 二进制数的算术运算	154
8.3 逻辑代数	156
8.3.1 逻辑代数的基本逻辑	156
8.3.2 导出逻辑	159
8.4 逻辑关系的表示方式	161
8.4.1 真值表	161
8.4.2 逻辑表达式	161
8.4.3 逻辑电路图	163
8.4.4 波形图	164
8.5 逻辑代数的基本定律和常用公式	164
8.5.1 逻辑代数的基本定律	164
8.5.2 逻辑代数的常用公式	165
8.6 逻辑代数的化简	165
8.6.1 代数法化简	165
8.6.2 卡诺图化简	166
8.7 数字集成门电路	170

8.7.1 数字集成电路概述	170
8.7.2 TTL 与非门	170
8.7.3 TTL 集电极开路门 (OC 门)	172
8.7.4 三态与非门 (TS 门)	173
习 题	174
第 9 章 组合逻辑电路	177
9.1 组合逻辑电路的分析	177
9.2 中规模集成电路	178
9.2.1 加法器	178
9.2.2 编码器	180
9.2.3 译码器	182
9.2.4 数据选择器	186
9.2.5 数值比较器	188
9.2.6 奇偶产生 / 校验器	189
习 题	190
第 10 章 时序逻辑电路	192
10.1 集成触发器	192
10.1.1 基本 RS 触发器	192
10.1.2 钟控 RS 触发器	194
10.1.3 边沿触发器	195
10.1.4 D 锁存器	198
10.2 计数器	199
10.2.1 二进制计数器	199
10.2.2 二—十进制计数器	201
10.2.3 集成同步计数器	203
10.2.4 数字电子钟	206
10.3 寄存器	209
10.3.1 数码寄存器	209
10.3.2 移位寄存器	210
10.3.3 移位寄存器存数和取数方式	212
10.3.4 移位寄存器的应用	212
10.3.5 中规模移位寄存器	213
10.3.6 序列信号发生器	213
习 题	216
第 11 章 半导体存储器	219
11.1 半导体存储器概述	219
11.1.1 半导体存储器的功能	219
11.1.2 半导体存储器的分类	219
11.1.3 半导体存储器的主要技术指标	219

11.2 随机存取存储器 RAM	219
11.2.1 RAM 的结构	219
11.2.2 2114 型 RAM	220
11.2.3 RAM 容量的扩展	220
11.3 只读存储器 ROM	223
11.3.1 只读存储器 (ROM) 的结构	223
11.3.2 可编程 ROM (PROM)	225
11.3.3 ROM 的应用	225
习 题	226
第 12 章 脉冲电路	227
12.1 555 定时器	227
12.1.1 555 定时器电路	227
12.2 单稳态触发器	228
12.2.1 555 定时器构成的单稳态触发器	228
12.2.2 单稳态触发器的应用	229
12.3 多谐振荡器	231
12.3.1 555 定时器构成的多谐振荡器	231
12.3.2 石英晶体构成的多谐振荡器	232
12.4 施密特触发器	232
12.4.1 555 定时器构成的施密特触发器	232
12.4.2 施密特触发器的应用	233
习 题	235
参考文献	236

0 绪 论

0.1 无线电技术在航海中的应用

在各种无线电系统中，信息是依靠无线电波来传递的。从广义上讲，一切将信息从发送者传送到接收者的过程都可看作为通信，实现这种信息传送过程的系统称为通信系统。其中，利用有线（架空明线、电缆、光纤、波导等）传送信息的系统称为有线通信系统；利用电磁波传送信息的系统称为无线通信系统。以无线电通信系统为例，它可以两地双向传递信息，也可两地单向传递信息。但不论是双向还是单向传递，一般来说，总是一方把待传的信号通过某种设备发射出去，而另一方则通过某种设备把信号接收下来（雷达除外，它是集发射和接收于一体的导航设备）。用于产生并发射电磁波信号的装置叫做发射机。反之，则称之为接收机。

图 0-1-1 是无线电发射与接收的示意图。在发送端，需要传送的原始信息一般是非电物理量（如声音、文字、图像），通过输入换能器后转变为电信号，送入发送设备后，将其转换成适合于传输的信号后以电磁波的形式发射出去；在接收端，接收设备将电磁波还原成与发送端一致的低频电信号，经输出换能器后转换成原来的形式后供受信者使用。

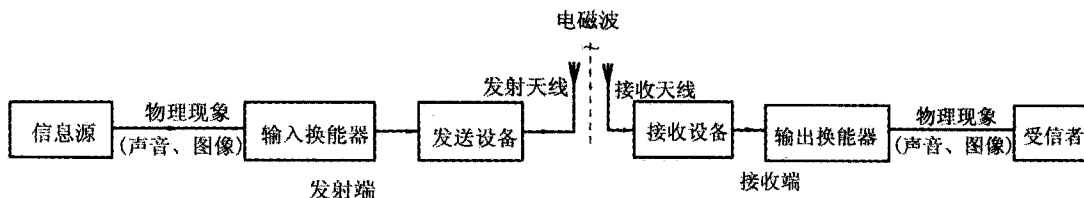


图 0-1-1 无线电发射与接收示意图

无线电通信系统在我们的日常生活和工作中已经普遍应用，如生活中无线电广播、电视等；在现代航海技术中更不可缺少无线电报、无线电话、无线电传真以及无线电导航（诸如雷达、卫星定位系统）等等。总的来说，在航海中利用无线电波测定船位和引导船舶沿预定航线安全、经济航行的技术都是无线电航海技术。

1873 年，英国科学家麦克斯韦提出了电磁波动理论，证明了在导体中来回振荡的交流电流可以向空间辐射出电磁波，并以光的速度向外传播。15 年后，德国科学家亨利希·赫兹在实验室内产生了电磁波，证实了麦克斯韦的理论。

1895 年，俄国科学家 A·C·波波夫发明了世界上第一台无线电接收机，把电磁波理论应用于实际，进行了不用导线实现远距离通信的试验，从此开始了无线电技术的应用。

无线电技术的发明，同时也为船舶导航开辟了新的手段。船舶无线电导航是由导航台（岸台）和船上无线电导航设备构成的。在船舶航行中，驾驶员为了完成运输任务，必须选择最经济、最安全的航线，并随时了解船舶在海洋上的位置。在狭水道、雾中或夜间航行时，为了避免碰撞事故，驾驶员必须迅速而正确地采取避让措施和测定船位。在使用无

线电导航技术以前，人们只有靠陆标和天体来测定船位。由于电磁波传播不受气象条件和能见度的限制，船舶无线电导航设备得到迅速的发展。随着各种设备的可靠性、测量精度与自动化程度不断提高，目前，无线电导航已成为船舶导航中不可缺少的一种手段。

最早利用无线电技术的船舶导航设备是无线电测向仪。1902 年 J·斯通发明了无线电测向技术。此后，逐渐进入了实用阶段并得到进一步发展。1929 年召开的国际海上人命安全会议规定 5 000 t 以上的客船必须安装无线电测向仪；1948 年，该组织又规定 1 600 t 以上的国际航行船舶必须安装无线电测向仪。为了给无线电测向仪提供信号发射源，我国和世界各国沿海都建立了大批无线电指向标。

雷达是船舶重要的无线电导航系统，它是集信号发射和接收于一体的系统，利用电磁波的收发来测量物标的方位与距离，从而测定本船的位置。由于雷达的直观、高性能，所以被称为船舶导航与避碰的“眼睛”。

除了雷达以外，导航定位系统是船舶航行中另一不可缺少的无线电设备。罗兰系统、台卡系统是在第二次世界大战期间出现的双曲线导航系统；20 世纪 70 年代，由于军事需要和远洋运输船队迅速发展，迫切要求研制生产具有全球覆盖的无线电导航系统，因而出现了超远程甚低频导航系统——奥米伽系统。随后，一种低轨道卫星的无线电导航系统 NNSS 研制成功并投入使用。目前，一种具有全球覆盖能力、高精度、连续定位、可供船舶/飞机及其他交通运输工具使用的全球定位系统 GPS 已被广泛应用。

为了实现船舶高度自动化，提高航行的安全性、经济性和有效性，计算机技术和各种先进的电子设备已开始普遍应用于船舶的各个方面。如全球定位系统、地理信息系统 GIS、船舶自动识别系统 AIS、综合船桥系统 IBS 等。作为船舶自动化的重要组成部分，综合船桥系统是在组合导航系统 INS 基础上发展起来的一种船舶自动航行系统，它可以将导航、通信、机舱自动控制、货物装卸作业操纵等各种功能集于一体。由此可见，船舶无线电技术与计算机的基本理论，已成为每个船舶驾驶员正确使用船用现代化电子设备必须掌握的知识。

0.2 无线电收发系统的组成

通信过程是一个“发信”和“接收”的过程。各种通信设备都包含有发射设备和接收设备，诸如发报机与接收机、广播电台与收音机、电视台与电视机等。雷达也是如此。雷达发射机发射定向的电磁波，然后由雷达接收机接收回波，再通过雷达显示器显示出周围物标的图像，使我们一目了然地掌握周围物标的方位、距离或动向。目前，船用无线电导航设备，除了雷达是发射机与接收机作为一个整体安装在船上外，其他设备多数是在岸上（或空中）设立发射台，在船上装备接收机。这些接收机如无线电测向仪、卫星导航仪等各种收、发信设备，在工作原理、设备的内部结构和使用方法上虽各不相同，但它们的基本工作过程是一样的。下面分别加以介绍。

0.2.1 无线电发射系统

我们知道，无线电通信是通过向空间辐射电磁波的方式传送信号的。为了将一些非电的物理量（如声音、图像、文字等）传送到接收信息的一方，发送消息方通常需要将原始的信息经过换能器（如话筒、送话器）转换成电信号，该电信号包含了待发送的全部消息，

是占有一定频谱宽度的低频信号，也称为基带信号。由电磁波理论可知，为了将信号有效地发射出去，只有天线尺寸等于被辐射信号波长的 1/10 或更大一些，天线才能有效地辐射和接收电磁波。以传送语音信号为例，如果直接发射，则相应的天线尺寸要在几十公里以上，显然制造这样的天线是不现实的。而如果采用调制的方法，将携带信息的低频信号“装载”到高频振荡信号上，其频谱就可以搬移到高频频率范围，这样发射天线的尺寸就可明显缩短，信号的有效辐射也变得容易进行了。其次，由于各个发射台发射的均为同一频段的低频信号，在信道中会互相重叠、干扰，接收设备也无法选择所要接收的信号。而如果采用调制就可以将不同电台的待传信号频谱搬移到不同的高频载波信号上，使它们互不重叠地占据不同的频率范围，即各电台将以不同的高频载波作为发射频率，这样到了接收机端后，就能根据载波频率的不同很容易地选择出所需电台发送的信息、而有效地抑制其他电台发送的各种干扰，这种频谱的多路复用方式大大提高了信道的利用率。由于上述原因，使调制在无线通信中的作用变得至关重要。所谓调制，就是由携有信号的电信号去控制高频振荡信号的某一参数，如幅度、频率或相位，使该参数按照电信号的规律而变化的一种过程。通常将携有信息的低频电信号称为调制信号。高频振荡信号是等幅的高频率的正弦波，称为载波信号。按照调制方式（调幅、调频、调相）的不同，调制后的高频振荡信号分别称为调幅波、调频波和调相波。

图 0-2-1 所示为无线电发射机框图。换能器把非电量的物理现象（如声音、文字、图像等）转换成低频电信号；低频放大器逐级放大信号；低频功放能输出对高频载波信号进行调制所需的信号功率。载波振荡器产生频率稳定的高频载波信号；高频放大器用于逐步提高输出信号的功率；调制器用于将低频信号加载到高频载波上；高频功放使输出的信号功率能达到额定的发射功率，再经发射天线辐射出去。此外，直流电源也是发射机中不可少的组成部分。

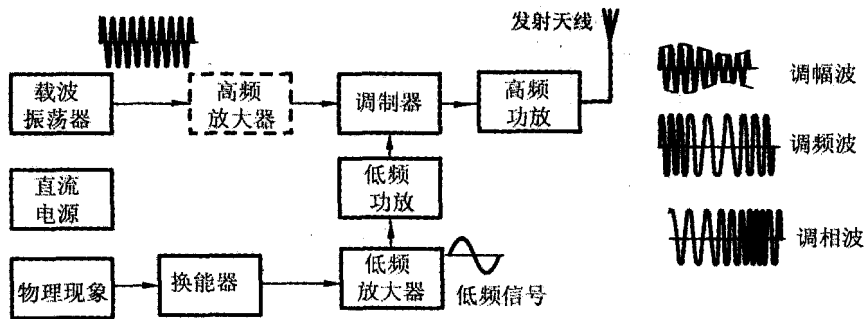


图 0-2-1 无线电发射机方框图

0.2.2 无线电接收系统

无线电的接收过程正好是发射过程的逆过程。接收机的任务是选择信号，抑制干扰。如图 0-2-2 所示为直放式无线电接收机方框图，包括接收天线、输入选择电路、高频放大、解调、低频放大、低频功放、换能器。

接收天线将收到的电磁波转换为已调波信号；输入选择电路利用谐振回路对信号的频率调谐来选择信号，它可以来自天线的具有不同载波频率的已调波中选择所需要的发射台发射的高频已调波，通常这个信号非常微弱（微伏数量级），需要通过高频放大器将信号提高到足够的幅度，以驱动后面电路正常工作。高频放大器通常用 LC 谐振回路为负载来

完成选频放大作用。高放后的信号仍是高频已调波，如果这种信号直接作用受信者，受信者将无法听到或看到原来的声音或图像。因此，还必须从已调波中恢复出与发送端相一致的低频电信号，这个过程称为解调。对调幅波的解调也称为检波。解调出的低频信号通过低频放大和低频功放后，再经换能器变换成原来的形式给受信者。

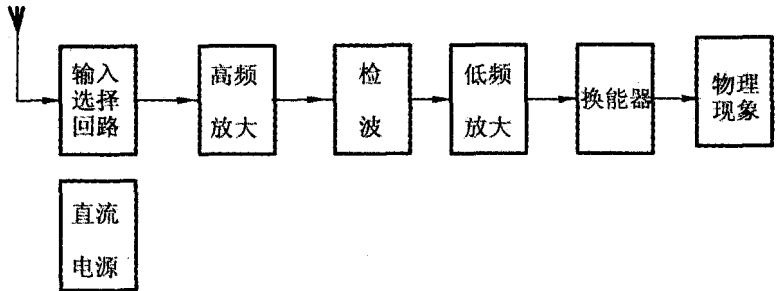


图 0-2-2 直放式调幅无线电接收机方框图

上述接收机称为直放式接收机。目前所采用的接收系统绝大多数均为超外差式接收系统。超外差式与直放式比较，其接收灵敏度、选择性和保真度都要好，并且调谐方便。图 0-2-3 为超外差式调幅接收机方框图。与直放式接收机相比，超外差式增加了混频、本地振荡和中频放大。超外差式接收机将在 6.8 节中具体讨论。

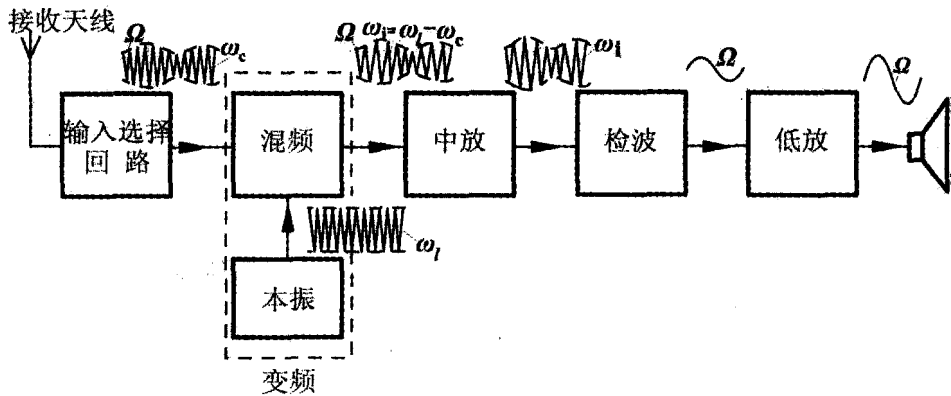


图 0-2-3 超外差式调幅接收机方框图

0.3 无线电波的传播

0.3.1 无线电波的波段划分

无线电波的频率有一个很宽的范围。习惯上，将无线电波的频率范围划分为若干个区段，称为“频段”或“波段”。

无线电波在空间传播的速度 v 为每秒 30 万公里 (3×10^8 m/s)。电波在一个振荡周期 T 内所传播的距离为波长 λ ，频率 $f = 1/T$ ， λ 、 f 和 v 之间的关系为 $f = \frac{v}{\lambda}$ 或 $\lambda = \frac{v}{f}$ ，式中 λ 的单位为米 (m)，频率 f 的单位为赫兹 (Hz)， v 的单位 m/s。从三者的关系式可看出：频率越高，波长越短；反之，频率越低，波长越长。表 0-3-1 说明了各个无线电频段的划分。

表 0.3.1 无线电频段的划分

频段名称	频率范围	波段名称	波长范围	航海中的应用
极低频 ELF	3~30 Hz	极长波	$10^8\sim10^7$ m	奥米伽导航系统
超低频 SLF	30~300 Hz	超长波	$10^7\sim10^6$ m	
特低频 ULF	300~3 000 Hz	特长波	$10^6\sim10^5$ m	
甚低频 VLF	3~30 kHz	甚长波	$10^5\sim10^4$ m	
低频 LF	30~300 kHz	长波	$10^4\sim10^3$ m	电报, 导航罗兰 C, 台卡、水下移动通信
中频 MF	300~3 000 kHz	中波	1000~100 m	中波广播
高频 HF	3~30 MHz	短波	100~10 m	SSB、短波通信、导航罗兰 A
甚高频 VHF	30~300 MHz	超短波	10~1 m	渔业通信、调频广播、电视、VHF 水上通信
超高频 UHF	300~3 000 MHz	分米波	10~1 dm	GPS、雷达、卫星通信
特高频 SHF	3~30 GHz	厘米波	10~1 cm	
极高频 EHF	30~300 GHz	毫米波	10~1 mm	
至高频 UHF	300~3 000 GHz	丝米波	1 mm~1 dmm	

单位: Hz——赫; kHz——千赫; MHz——兆赫; GHz——吉赫; dmm——丝米。

0.3.2 无线电波的传播方式

电磁波从发射点到接收点有如下几种传播途径: 地面波、天波、空间波。如图 0-3-1 所示。

地面波: 地面波沿地球表面传播。虽然地球表面是弯曲的, 但电磁波具有绕射的特点, 其传播距离与大地损耗有关, 频率越高, 损耗越大, 传播距离越短。利用绕射方式传播时, 采用中、长波比较合适, 由于地面的电性能在较短时间内变化不大, 所以地波传播比较稳定。1.5 MHz 以下的电磁波主要是地波。

天波: 利用电离层的反射和折射进行的传播。电离层是由于太阳的照射引起大气上层电离而形成的。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, 被吸收的能量越少, 电磁波穿入电离层也越深。当频率超过一定值后, 电磁波穿透电离层而不再返回地面。

空间波: 空间波是电磁波主要沿直线传播, 由于地球表面是一个曲面, 空间波的传播距离受到限制, 只能达到视距范围内。要使直线传播的距离增加, 就要增加发射天线和接收天线的高度。实际上, 通过地面及建筑物等的反射也可到达接收天线。因此空间波实际是直射波和反射波的合成。对 30 MHz 以上的电磁波主要沿空间直线传播。为了实现远距离传播, 可采用微波接力传输或卫星中继传输。

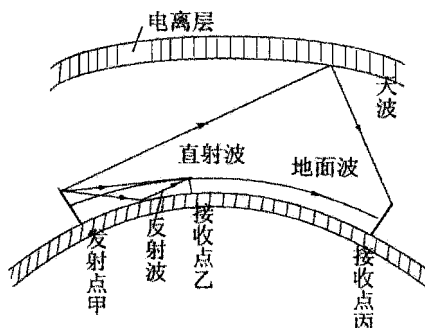


图 0-3-1 电磁波的传播途径

0.4 航海中的无线电技术与本课程的联系

针对无线电发射系统和接收系统及船舶航行中所使用的无线电仪器, 如电航仪器、雷达、全球定位系统 GPS、全球海上遇险和安全系统 GMDSS、GMDSS 通信设备、船舶自动

识别系统 AIS 等的基本功能单元，本书涵盖了完成这些功能的模拟电路和数字电路。其中模拟电路包括基本器件二极管和三极管，各种电压放大电路和功放，以及集成运算放大电路，各种波形产生电路，滤波电路，直流稳压电源，实现调制、解调、混频功能的频率变换电路等；数字电路中主要涉及计算机中能完成算术运算和逻辑运算、编码、译码、寄存、存储、计数、显示等功能的各种集成电路等等。