

高等院校光电专业实验系列教材

Optical communication and Automation

光通信与自动控制 实验

主 编 郭健平 钟丽云
副主编 崔 虎 魏正军



暨南大学出版社
JINAN UNIVERSITY PRESS

非外借

高等院校光电专业实验系列教材

Optical communication and Automation

光通信与自动控制 实验

主 编 郭健平 钟丽云
副主编 崔 虎 魏正军



暨南大学出版社
JINAN UNIVERSITY PRESS

中国·广州

图书在版编目 (CIP) 数据

光通信与自动控制实验 / 郭健平, 钟丽云主编; 崔虎, 魏正军副主编. —广州: 暨南大学出版社, 2017. 6

(高等院校光电专业实验系列教材)

ISBN 978 - 7 - 5668 - 2130 - 0

I. ①光… II. ①郭…②钟…③崔…④魏… III. ①光通信—实验—高等学校—教材
IV. ①TN929.1 - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 130772 号

光通信与自动控制实验

GUANGTONGXIN YU ZIDONG KONGZHI SHIYAN

主 编: 郭健平 钟丽云 副主编: 崔 虎 魏正军

出 版 人: 徐义雄

责任编辑: 潘雅琴 崔思远

责任校对: 周海燕

责任印制: 汤慧君 周一丹

出版发行: 暨南大学出版社 (510630)

电 话: 总编室 (8620) 85221601

营销部 (8620) 85225284 85228291 85228292 (邮购)

传 真: (8620) 85221583 (办公室) 85223774 (营销部)

网 址: <http://www.jnupress.com>

排 版: 广州良弓广告有限公司

印 刷: 佛山市浩文彩色印刷有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 11

字 数: 248 千

版 次: 2017 年 6 月第 1 版

印 次: 2017 年 6 月第 1 次

定 价: 35.00 元

(暨大版图书如有印装质量问题, 请与出版社总编室联系调换)

序

光电信息产业是21世纪国家重点支持的战略性新兴产业。为适应光电信息产业发展对人才培养的需求,许多高校都设置了与光电信息产业密切相关的光电信息科学与工程、信息工程、电子信息工程、通信工程、电子科学与技术等本科专业,建立了光电信息实验教学平台,正因如此,对相应实验教材的需求也在不断扩大。

广东省光电信息实验教学示范中心(以下简称“中心”)依托华南师范大学光学国家重点学科和信息光电子科技学院,采用“光电信息学科大类”和“光电子辛勤卓越创新人才”培养模式,旨在培养科学研究型、研发应用型和工程应用型光电信息创新人才。

经过十几年的艰苦创业和稳步发展,中心已经成为一个学科依托厚实、教学理念明确、课程体系完善、仪器设备齐全、实验内容丰富、教学方法有效、教学团队精干、管理机制科学、专业特色突出、创新人才培养效果显著的光电信息创新人才实验能力培养基地,并编写出这套“高等院校光电专业实验系列教材”。

该套光电专业实验系列教材的内容以基础性实验项目为主,将综合性和设计性实验项目融会贯通。教材实验内容层次分明,以满足不同层次学生的实验教学需求;教材实验内容丰富,许多项目设计来自现实中的工程,以满足新兴光电信息产业发展对人才培养的实验教学需求。全套教材共有三个分册,每个分册都包含基础性实验、综合性实验和设计性实验三个部分,供光电信息科学与工程、信息工程、电子信息工程、通信工程、电子科学与技术等专业的本科学生使用,难易程度以及对实验设备的需求与现阶段光电产业的发展相适应。第一分册是《光学实验》,主要围绕工程光学、信息光学、激光原理等课程的基础实验和创新设计等内容编写;第二分册是《光电及电子技术实验》,主要围绕数字电路、模拟电子技术和光电技术等课程的基础实验和光电系统设计等内容编写;第三分册是《光通信与自动控制实验》,主要围绕通信原理、光纤通信、嵌入式系统、计算机网络等课程的基础实验和光通信系统设计等内容编写。

本教材是光电专业实验系列教材的第三分册,主要围绕通信原理、光纤通信、单片机原理与技术方面的基础性实验、综合性实验和设计性实验内容编写。全书由钟丽云老师统稿,其中通信原理实验部分由崔虎老师编写,光纤通信技术实验部分由魏正军老师编写,单片机原理与技术实验部分由郭健平老师编写,参与编写工作的还有郭梦月、陈章杰等同学。

在编写该套实验教材的过程中,我们参考了许多院校相关专业教材的编写经验,同时,教材的编写得到了广东省教育厅和华南师范大学的大力支持,在此一并感谢。另外,本实验教材来自教学多年的实验讲义,难免存在缺漏和不足之处,敬请使用本教材的师生批评指正。

“高等院校光电专业实验系列教材”编委会
2017年春于广州

目 录

序	1
---------	---

第一编 通信原理实验

第1章 通信原理基础实验	3
1.1 信号源实验	3
1.2 振幅调制与解调实验	7
1.3 PCM 调制与解调实验	15
1.4 BASK 调制与解调实验	22
1.5 BFSK 调制与解调实验	26
1.6 BPSK 调制与解调实验	31
1.7 BDPSK 调制与解调实验	35
第2章 通信原理进阶实验	40
2.1 模拟信号的时分复用和解复用实验	40
2.2 WDM 器件的特性与参数测试实验	44
2.3 语音信号的波分复用光纤通信系统设计	48
第3章 通信原理综设实验	55
3.1 数字音频信号传输系统的研究与设计	55
3.2 基于脉宽调制的可见光通信系统设计	57

第二编 光纤通信技术实验

第4章 光纤通信技术基础实验	61
4.1 光纤端面处理、耦合及熔接	61
4.2 CPLD 可编程器件信号产生及成形	64
4.3 单模光纤传输弯曲损耗测试实验	67
4.4 光纤通信系统的眼图测试实验	70

第 5 章 光纤通信技术进阶实验	76
5.1 半导体激光器的 $P-I-V$ 特性曲线测试	76
5.2 平均发送光功率以及消光比测试	82
5.3 光线路码测试	86
5.4 光接收机误码率与灵敏度测试	94

第 6 章 光纤通信技术综合设计实验	97
6.1 WDM 的 OptiSystem 仿真设计	97
6.2 通信系统的综合设计	107

第三编 单片机原理与技术实验

第 7 章 基础实验——编译软件学习	117
7.1 Keil μ Vision 编译软件的学习及汇编语言应用实验	117
7.2 Proteus 软件学习与流水灯仿真实验	128

第 8 章 进阶实验——基于 Proteus 和 Keil μVision 软件仿真	135
8.1 汽车转向信号灯控制仿真实验	135
8.2 四路抢答器仿真实验	139
8.3 数码管仿真实验	143
8.4 4×4 矩阵键盘仿真实验	149

第 9 章 综合实验——烧录与制作实验	154
9.1 程序烧录实验	154
9.2 单片机与 PC 机串口通信实验	161
9.3 简单 I/O 口扩展实验	164
9.4 基于 STC 单片机综合控制系统的设计与制作	166

参考文献	171
-------------------	-----

第一编 通信原理实验

当今社会正从后工业时代向信息经济时代迈进，信息通信技术已经并将继续对人类社会运行方式产生巨大而深远的影响，国民经济和社会发展对信息通信技术的需求在不断增长。信息社会和信息产业的发展需要大量具有较强的创新思维和实践应用能力的信息技术人才。通信原理课程是信息领域中最重要专业基础课之一，具有很强的理论性和实践性。这门课程的概念和系统模型多，且极其抽象和不易理解，常常使得学生丧失学习兴趣，导致其对问题的认知和理解通常停留在表面。设法加深学生对通信原理基础理论知识的理解，提高学生将理论知识应用到实际的能力，培养学生分析、解决通信工程中具体问题的实践动手能力就成为通信原理课程教学的一项重要任务。开设通信原理实验课程就是实现上述教学任务的一种重要的教学手段和途径。

本通信原理实验讲义主要是基于众友的 Z 型现代通信原理实验箱编写的。实验的设计贯彻了将抽象的通信基础理论知识灵活地运用在具体实验教学环节之中的原则，从而达到使学生巩固和加深对理论知识理解与掌握的目的；实验的内容紧密联系了通信工程中的一些具体的基础应用，充分体现了学以致用教学思想。

第1章 通信原理基础实验

1.1 信号源实验

1.1.1 实验目的

- (1) 了解模拟信号和数字信号的区别与联系。
- (2) 了解频率连续可调谐的各种模拟信号产生的方法。
- (3) 理解位同步信号和帧同步信号的区别与联系，以及它们在通信系统中的作用。

1.1.2 实验内容

- (1) 观察模拟信号与数字信号波形的区别。
- (2) 观察各种模拟信号波形的特点。
- (3) 观察位同步信号与帧同步信号在波形上的对应关系。

1.1.3 实验仪器

- (1) 信号源模块 (1 块)。
- (2) 20MHz 双踪示波器 (1 台)。
- (3) 金属跳线 (若干)。

1.1.4 实验预备知识

- (1) 预习伪随机序列的特性及产生方法。
- (2) 预习 BCD 码的特点及编码规则。
- (3) 预习 NRZ 码的特点及适用情况。
- (4) 预习双踪示波器的工作原理并掌握其使用方法。

1.1.5 实验原理

通信系统中有两类信号：模拟信号和数字信号。模拟信号在时间上是连续的或离散的，但其取值（电压或电流）一定是连续的；数字信号在时间上是连续的或离散的，但其取值（电压或电流）一定是离散的。

(1) 模拟信号源。

模拟信号源主要包括单片机主控芯片、波形选择器、频率调节旋钮、频率数值数码显示管、数字信号转换模拟信号模块、带通滤波电路、模拟信号放大电路等组成部

分（参见图 1.1.1）。

通过波形选择器和频率调节旋钮可以控制单片机主控芯片产生何种波形与多大频率的模拟信号。单片机主控芯片收到信号后，一方面控制频率数值数码显示管显示相应的频率数值，另一方面控制数字信号转换模拟信号模块产生相应的模拟信号。数字信号转换模拟信号模块已经在数据存储器中预置了可用来产生各种波形和不同频率模拟信号的特征数据。单片机主控芯片控制数字信号转换模拟信号模块按照波形选择器和频率调节旋钮的设置要求从数据存储器中读取相应的特征数据，并将数字信号形式的特征数据转换成需要的模拟信号。数字信号转换模拟信号模块直接产生的模拟信号的驱动负载能力很弱，需要经过带通滤波电路来提高信噪比和经过模拟信号放大电路放大后才能得到所需的模拟信号。

模拟信号源可以产生频率和幅度连续可调的正弦波（频率调谐范围为 100Hz ~ 10kHz）、三角波（频率调谐范围为 100Hz ~ 1kHz）、方波（频率调谐范围为 100Hz ~ 10kHz）、锯齿波（频率调谐范围为 100Hz ~ 1kHz），以及 32kHz 与 64kHz 的单频正弦波（幅度连续可调）。

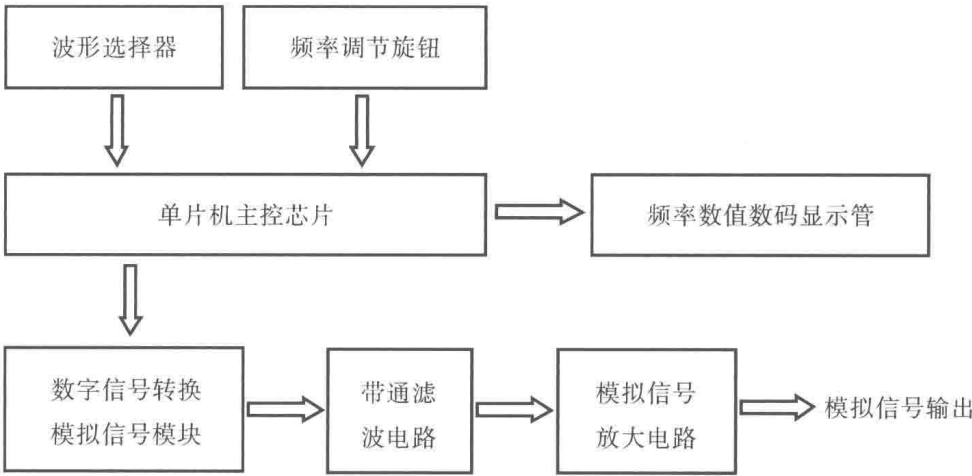


图 1.1.1 模拟信号源主要模块原理图

（2）数字信号源。

数字信号源主要是通过对一个由晶振产生的固定频率方波信号进行多次分频和变形来产生多种频率的单频方波、NRZ 码（可通过拨码开关来任意设置码型），以及位同步信号和帧同步信号（参见图 1.1.2）。

振动频率为 24MHz 的晶振产生的方波信号连续经 3 分频和 8 分频后得到 1 024kHz 方波，1 024kHz 方波经 4 分频后得到 256kHz 方波，256kHz 方波经 4 分频后得到 64kHz 方波，64kHz 方波经 2 分频后得到 32kHz 方波，32kHz 方波经 4 分频后得到 8kHz 方波。此外，晶振产生的方波经 3 分频后还可通过输入到一个可控制分频器中（其分频比可通过 BCD 码分频设置拨码开关来设置）来得到想要频率的方波信号，可控制分频器经 2 分频后得到 2BS 信号，2BS 信号经 2 分频后得到 BS 信号，BS 信号经 24 分频后得到

FS 信号。另外，数字信号源还能产生长度分别为 15、31 和 511 的 PN 序列以及一帧包含 24 位的周期性 NRZ 码（其码型可通过拨码开关来设置）。

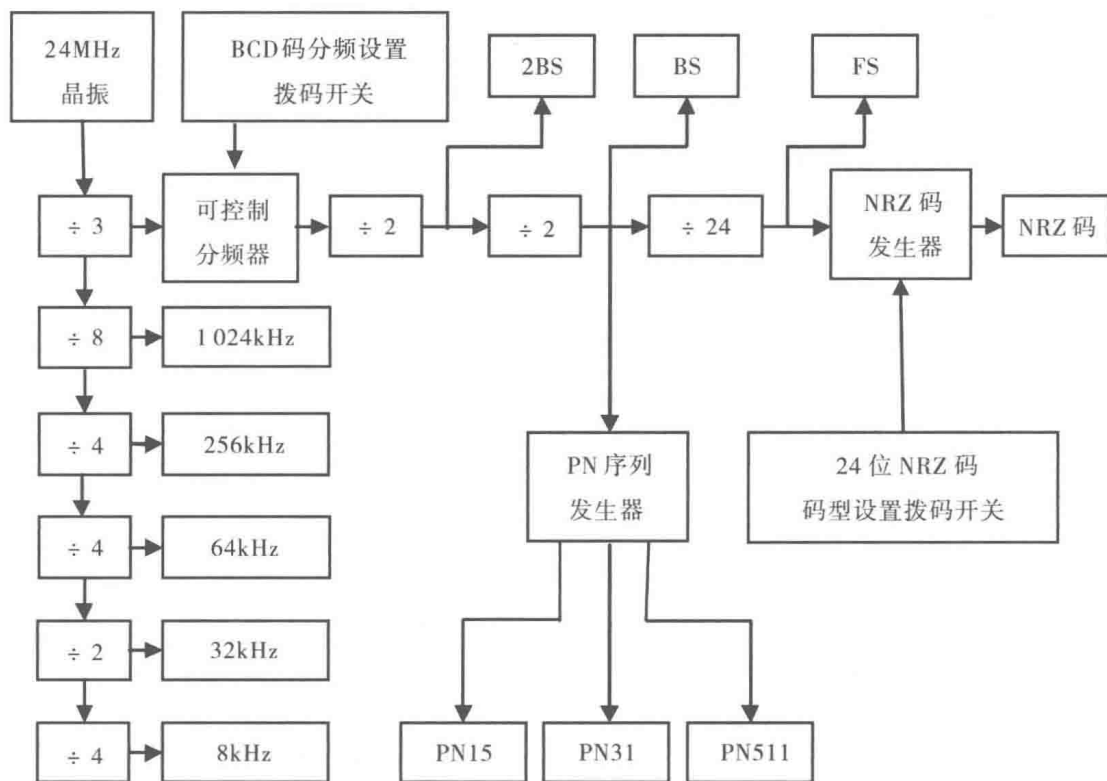


图 1.1.2 数字信号源主要模块原理图

1.1.6 实验步骤

(1) 熟悉各测量点信号的具体意义。

① 模拟信号源模块:

正弦波：频率调谐范围为 100Hz ~ 10kHz，幅度最大值为 4V；

三角波：频率调谐范围为 $100\text{Hz} \sim 1\text{kHz}$ ，幅度最大值为 4V ；

方波：频率调谐范围为 100Hz ~ 10kHz，幅度最大值为 4V；

锯齿波：频率调谐范围为 100Hz ~ 1kHz，幅度最大值为 4V；

32kHz 正弦波：固定频率单频正弦波，幅度最大值为 4V；

64kHz 正弦波：固定频率单频正弦波，幅度最大值为 4V。

②数字信号源模块（占空比为 50% 的方波）：

24MHz: 由晶振直接产生的方波信号;

1 024kHz; 由 24MHz 方波信号经 24 分频后得到的方波信号;

256kHz: 由 1 024kHz 方波信号经 4 分频后得到的方波信号;

64kHz: 由 256kHz 方波信号经 4 分频后得到的方波信号;

32kHz: 由 64kHz 方波信号经 2 分频后得到的方波信号;

8kHz: 由 32kHz 方波信号经 4 分频后得到的方波信号;

2BS: 由用户设定频率的方波信号经 2 分频后得到的 2 倍频位同步信号;

BS: 由 2BS 信号经 2 分频后得到的位同步信号;

FS: 由 BS 信号经 24 分频后得到的帧同步信号;

PN15: 一个周期包含 15 位码元的伪随机序列;

PN31: 一个周期包含 31 位码元的伪随机序列;

PN511: 一个周期包含 511 位码元的伪随机序列;

NRZ 码: 一帧包含 24 位码元的非归零码。

(2) 插入有关实验模块。

在电源开关断开的情况下, 把有关实验模块固定在实验箱上, 将黑色塑封螺钉拧紧, 并确保实验模块与实验箱连接部分的金属触点接触良好。

(3) 通电。

插上电源线, 打开实验箱上的电源开关, 再打开实验模块上的电源开关, 观察实验模块上的工作指示灯是否已被点亮 (注意: 这里仅仅是检验通电是否成功, 在进行实验的过程中, 每做一个实验项目都要先连线, 后接通电源, 禁止带电连线)。

(4) 模拟信号实验。

①观察单频率的 32kHz 和 64kHz 正弦波的输出波形, 转动“幅度调节”旋钮来改变正弦波的幅度。

②通过“波形选择”按键使信号输出点“模拟输出”输出正弦波, 转动“频率调节”旋钮来改变正弦波的频率, 转动“幅度调节”旋钮来改变正弦波的幅度, 观察每次调节后正弦波的波形变化。

③通过“波形选择”按键使信号输出点“模拟输出”分别输出三角波、方波和锯齿波, 然后重复步骤②中的实验过程。

(5) 数字信号实验。

①用双踪示波器的两个测量通道对 1024kHz、256kHz、64kHz、32kHz 与 8kHz 的方波信号进行两两对比观察。

②将 BCD 码分频设置拨码开关设置为 128 分频, 用双踪示波器的两个测量通道对 2BS、BS、FS 与 NRZ 等信号进行两两对比观察。多次改变 BCD 码分频设置拨码开关和 24 位 NRZ 码码型设置拨码开关的设置, 每次改变设置后都要重复以上实验过程。

③将 BCD 码分频设置拨码开关设置为 128 分频, 用双踪示波器的两个测量通道分别将 PN15、PN31 和 PN511 信号与 BS 信号进行对比观察。

(6) 关机拆线。

实验结束, 断开电源开关, 拆除金属跳线, 将实验模块放回指定地方。

1.1.7 实验报告要求

(1) 分析模拟信号源和数字信号源的工作原理以及各自的特点, 详细叙述它们的工作过程。

(2) 记录各测量点信号的参数, 并在坐标纸上画出各测量点信号的波形图, 同时

分析在电流的流动方向上相邻两个测量点信号之间的关系。

1.1.8 思考题

- (1) 模拟信号与数字信号有什么异同?
- (2) 位同步信号与帧同步信号之间存在什么关系? 它们在通信系统中的作用是什么?

1.2 振幅调制与解调实验

1.2.1 实验目的

- (1) 了解振幅调制与解调的基本原理和工作过程。
- (2) 掌握二极管包络检波的基本原理和工作过程。
- (3) 理解振幅调制系统的优缺点。

1.2.2 实验内容

- (1) 观察振幅调制信号调制前后的波形变化。
- (2) 观察包络检波信号检波前后的波形变化。
- (3) 观察常规调幅信号波形与抑制载波调幅信号波形的异同。

1.2.3 实验仪器

- (1) 信号源模块 (1 块)。
- (2) PAM&AM 模块 (1 块)。
- (3) 20MHz 双踪示波器 (1 台)。
- (4) 金属跳线 (若干)。

1.2.4 实验预备知识

- (1) 预习线性调制和非线性调制的区别以及各自的特点。
- (2) 预习线性调制包含的种类以及各种类之间的关系。
- (3) 预习模拟乘法器的主要特性和工作原理。

1.2.5 实验原理

模拟调制是指用来自信号源的基带模拟信号去调制一个具有周期性的载波。载波有振幅、频率和相位三个参数。调制的结果是使载波的某个参数随基带模拟信号的变化而变化,相应地得到振幅调制、频率调制和相位调制三种调制方式。其中,前一种调制方式属于线性调制,而后两种调制方式属于非线性调制。

本实验采取的是振幅调制。设 $m(t)$ 为调制信号,并设其包含直流分量且表示为

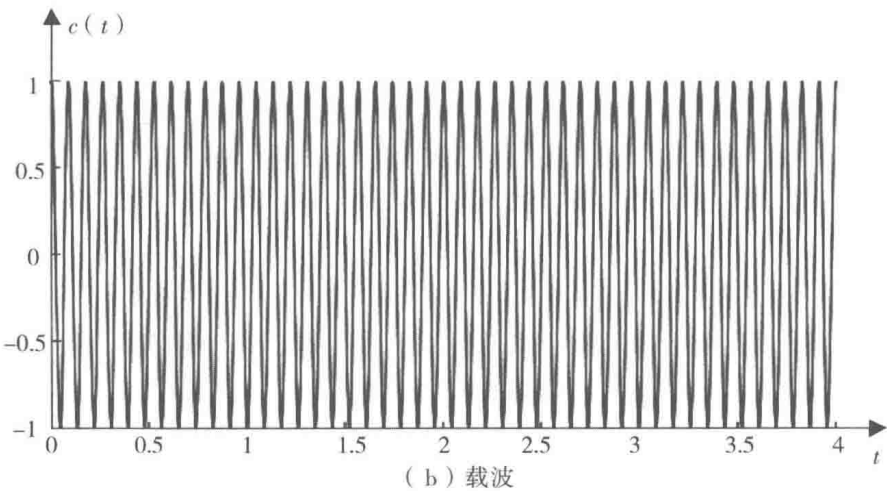
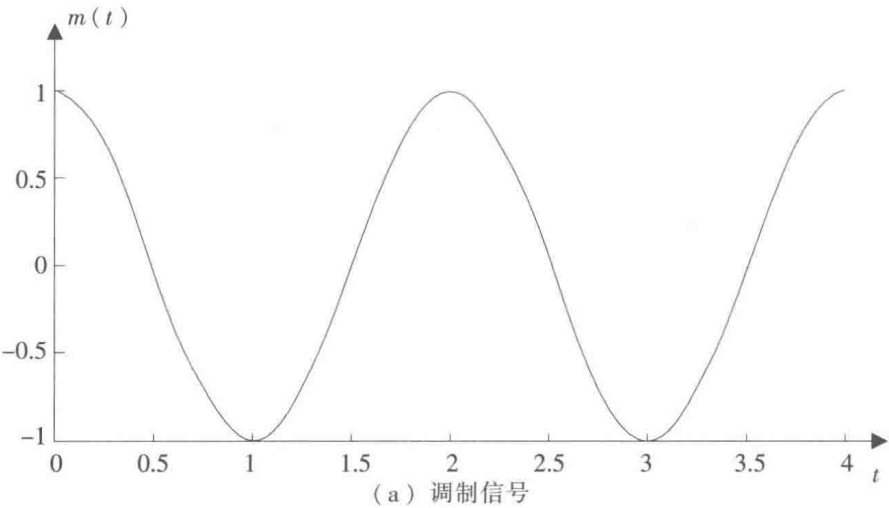
$[1 + m'(t)]$ ，其中， $m'(t)$ 是调制信号中的交流分量且其绝对值不大于1。另外，将 $|m'(t)|$ 的最大值称为调制度 M ， M 是不大于1 的一个非负数。设载波为 $c(t)$ ，则已调信号可以表示为：

$$s(t) = m(t)c(t) = [1 + m'(t)]c(t) \tag{1-2-1}$$

在本实验中， $m'(t) = A_m \cos \omega_m t$ ， $c(t) = A_c \cos \omega_c t$ ，则式 (1-2-1) 可转化为：

$$s(t) = A_c (C + M \cos \omega_m t) \cos \omega_c t \tag{1-2-2}$$

其中， $M = A_m$ ， C 取1 或0。当 C 为1 时，振幅调制为常规调幅；当 C 为0 时，振幅调制为抑制载波调幅。



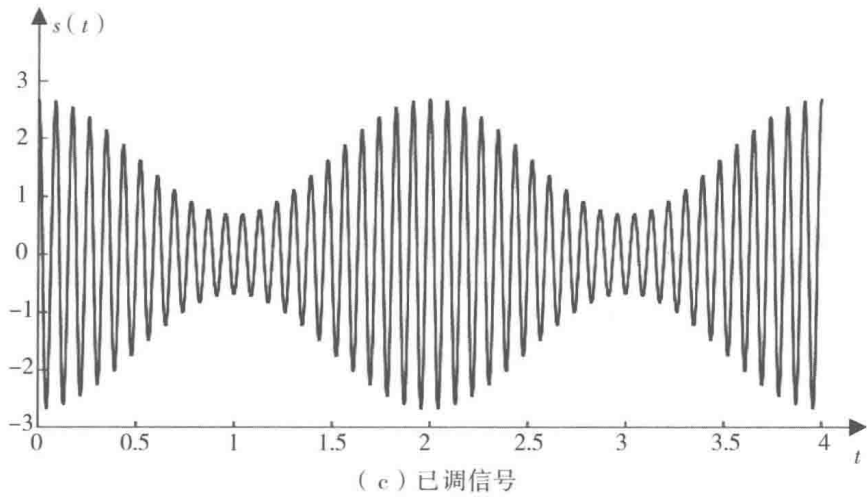


图 1.2.1 常规调幅波形

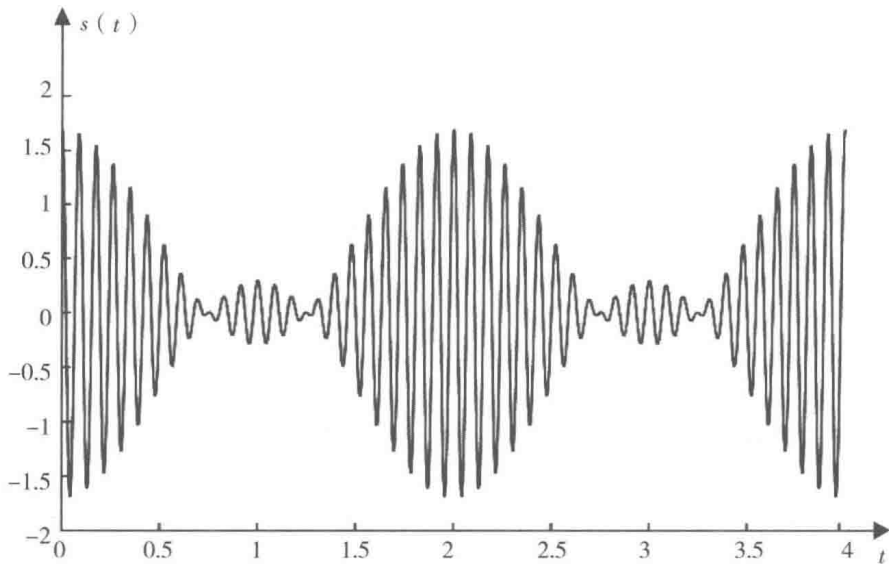


图 1.2.2 过调制波形

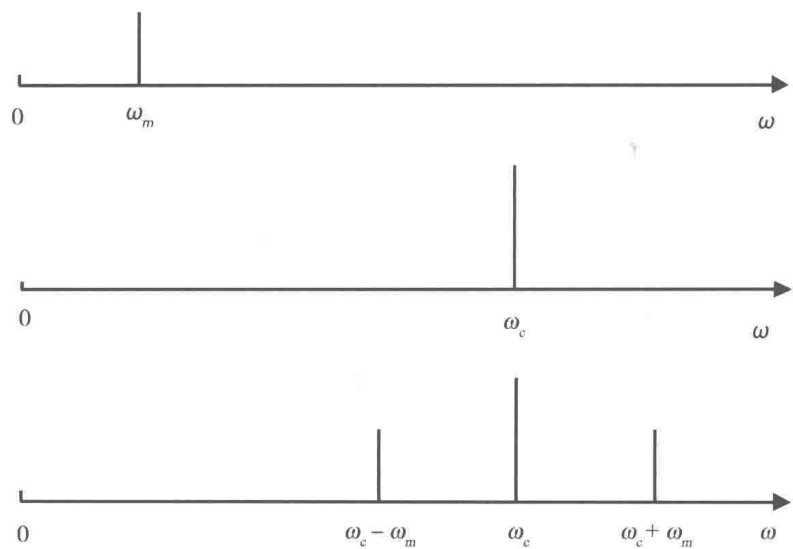


图 1.2.3 常规调幅波的频谱

1. 常规调幅

(1) 基本原理。

常规调幅的基本原理如图 1.2.1 所示。 $m(t)$ 为低频调制信号， $c(t)$ 为高频载波，当 $m(t)$ 对 $c(t)$ 进行调制后就可以得到已调信号 $s(t)$ 。已调信号 $s(t)$ 的包络变化反映了调制信号 $m(t)$ 的变化情况。通常要求 $s(t)$ 的上包络和下包络不能重叠，要想达到这种效果需要调制度 M 不大于 1。如果 M 大于 1 就会发生过调制，如图 1.2.2 所示。图中的 $s(t)$ 的上包络和下包络发生了重叠，包络的变化与调制信号不再相同，最终产生失真现象。

常规调幅方式中的已调信号的频谱包含三个频率分量：载波频率分量 ω_c 、上边带频率分量 $\omega_c + \omega_m$ 、下边带频率分量 $\omega_c - \omega_m$ （参见图 1.2.3）。通过常规调幅，基带调制信号 ω_m 所携带的信息被加载到了上边带频率分量 $\omega_c + \omega_m$ 和下边带频率分量 $\omega_c - \omega_m$ 中，而且上、下边带频率分量包含的信息是一模一样的。载波频率分量 ω_c 虽然在已调信号频谱中出现，但其并不包含信息，而且占用了大量的功率。为了提高已调信号的功率利用率，可以设法去除不包含信息但又占用大量功率的载波频率分量。要想达到这个目标，可以采用抑制载波的调幅方式。

(2) 调制方法。

振幅调制信号产生的原理如图 1.2.4 所示。调制信号与载波通过乘法器（本实验采用 MC1496 双平衡四象限模拟乘法器）相乘后可得到输出信号 $e'(t)$ ，其通常需要通过带通滤波器来进一步提高信噪比，从而带通滤波器输出的就是具有较高质量的已调信号。实际上，已调信号还需要通过一个电压跟随器再与负载相连，这样可以进一步增强已调信号驱动负载的能力。在调制过程中，可以通过调节直流偏压 C 来确保产生正常调制的调幅信号，从而避免产生过调制的调幅信号。

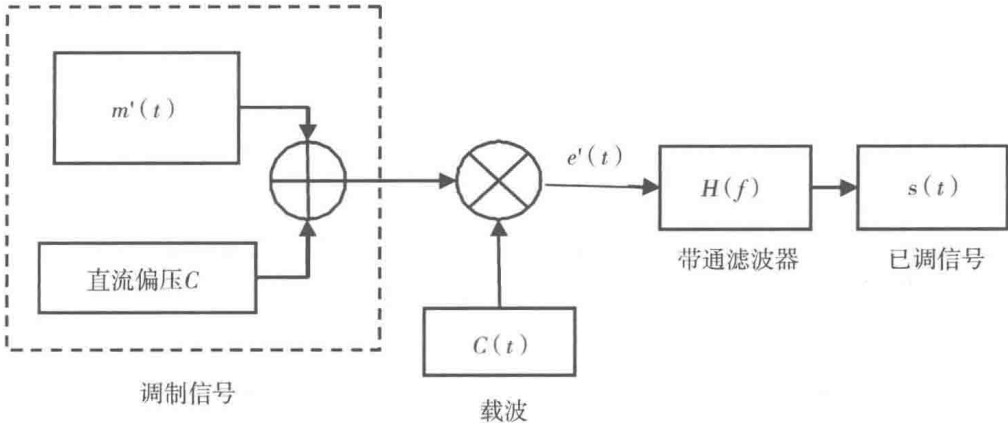


图 1.2.4 振幅调制原理图

(3) 解调方法。

振幅调制信号通常采用二极管包络检波方法来进行解调。振幅调制信号是一个交流信号，其有上、下两个包络，这两个包络携带相同的信息。因此，我们只要获得一个包络就可以获取全部信息。所以，我们可以先将交流的振幅调制信号整流成直流信号，然后再对整流得到的直流信号进行低通滤波就可以还原出基带模拟调制信号（参见图 1.2.5）。

二极管整流的方法有两种：全波整流和半波整流。全波整流是将交流振幅调制信号中的负电压变成正电压 [对比图 1.2.1 (c) 与图 1.2.6 (a)]；半波整流是将交流振幅调制信号中的负电压成分滤除 [对比图 1.2.1 (c) 与图 1.2.6 (b)]。



图 1.2.5 二极管包络检波原理图