

XIANDAI TONGXIN JISHU XILIE SHIYAN ZHIDAO

现代通信技术 系列实验指导

桑林 杨鸿文 主编



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

现代通信技术系列 实验指导

桑 林 杨鸿文 主编

北京邮电大学出版社

• 北 京 •

内 容 简 介

本书根据“现代通信技术”课程的主要内容,设计了相关的实践环节,包括光通信技术、微波通信技术、卫星通信技术、程控交换技术、多媒体通信技术、数据与计算机通信网络、天线与电波传播、射频移动终端测量等。根据实验内容、性质、开展方式和报告要求的不同,设置了验证型、设计型、演示型或综合型等多种类型的实验,不同使用者可以根据具体环境及课程设置灵活调整。

本书可作为“现代通信技术”课程的实验指导书,或作为“光纤通信”、“微波工程”、“多媒体通信”、“计算机网络”、“现代交换技术”、“天线与电波传播”等课程的专业实验及通信专业实习的参考教材,还可供从事通信工作的科研和工程技术人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

现代通信技术系列实验指导/桑林,杨鸿文主编. —北京:北京邮电大学出版社,2008

ISBN 978-7-5635-1415-1

I. 现… II. ①桑…②杨… III. 通信技术—高等学校—教学参考资料 IV. TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 140509 号

书 名: 现代通信技术系列实验指导

主 编: 桑 林 杨鸿文

责任编辑: 陈 瑶

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)

发 行 部: 电话:010-62282185 传真:010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京忠信诚胶印厂

开 本: 787 mm×960 mm 1/16

印 张: 12.75

字 数: 273 千字

印 数: 1—3 000 册

版 次: 2008 年 9 月第 1 版 2008 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-1415-1

定 价: 19.80 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

本书参编人员名单

主编 桑 林 杨鸿文

编著 (按姓氏笔画排序)

王宏祥 孔 礼 刘奕彤

杨 波 杨鸿文 吴建伟

张瑞芹 陈文成 桑 林

前 言

21 世纪是信息时代,信息通信技术已迅速地渗透到我们的日常生活之中,为人类文明和社会生活带来了翻天覆地的变化。信息通信技术是高等院校通信工程、电子信息工程及计算机通信等专业学生必备知识结构的重要部分。通过现代通信技术的学习,可使学生加深对现代通信系统和技术基础理论的理解和掌握,拓宽视野,启发对信息通信技术的发展方向、新型系统和新兴技术的设想及展望。

信息通信技术同时也是一门应用性技术,实践环节的设置是必不可少的部分,通过理论联系实际,加深对现代信息通信技术理论知识的认识,更加深刻地构建现代通信系统与网络的基本概念。实践操作可使学生对当前及未来的通信方式和相关技术,如光纤通信、移动通信、数字微波通信、卫星通信及固定电话网络、无线通信网络、数据与计算机通信网、多媒体网络的特点、类型和发展趋势,有切身的感性认识和更加广泛的了解。实验环节的设置,注重工程应用与工程素质培养,有利于掌握现代通信技术实验的基本方法和基本技能,从而得到从事科学实验与工程实践的基本训练,提高学生自学能力、思维判断能力、表达书写能力、分析设计能力和动手实践能力,为今后的理论研究和工程技术应用工作打下基础。

本书包含的实验根据其内容、性质不同,对实验过程、开展方式和实验报告要求的不同,分别设计为验证型、设计型、演示型或是综合型;考虑到不同读者的实际环境存在差别,对实验目的、实验内容的设计尽可能不涉及或少涉及具体设备,以起到宏观指导作用,不同使用者可以根据具体环境及课程设置灵活调整。本书可作为“现代通信技术”课程的实验指导书,或作为“光纤通信”、“微波工程”、“多媒体通信”、“计算机网络”、“现代交换技术”、“天线与电波传播”等课程的专业实验及通信专业实习的参考教材,还可供从事通信工作的科研和工程技术人员阅读。

本书由桑林教授、杨鸿文教授规划并统编,其中第 1 章由王宏祥编写,第 2、3 章由杨鸿文编写,第 4 章由吴建伟、刘奕彤编写,第 5 章由杨波、张瑞芹编写,第 6 章由孙礼、桑林编写,第 7、8 章由陈文成编写。在此,特别感谢在全书的规划和审订过程中纪越峰教授给予的中肯建议和指导。由于通信技术发展迅猛,且实验教材内容涉及诸多技术细节,在有限的时间内,尽管作者做出很大努力,但不足与错误在所难免,恳切希望广大读者及时指正。

编 者

目 录

第 1 章 光通信技术

实验 1.1 SDH 设备组网实验	1
实验 1.2 SDH 自愈环保护实验	2

第 2 章 微波通信技术

实验 2.1 频谱测量	6
实验 2.2 眼图相关的测量	9
实验 2.3 误码及抖动特性测量	12
实验 2.4 中频通道特性测量	16

第 3 章 卫星通信技术

实验 3.1 卫星电视接收	20
实验 3.2 卫星运动轨道演示	24
实验 3.3 GPS 定位实验	27

第 4 章 程控交换技术

实验 4.1 程控交换机设备实践	30
实验 4.2 程控交换机用户数据管理与操作	45
实验 4.3 程控交换机局数据管理与操作	61

第 5 章 多媒体通信技术

实验 5.1 数字图像压缩编码/解码实验	87
实验 5.2 误码对数字图像传输的影响	88
实验 5.3 ISDN 可视电话实验	90

第6章 数据与计算机通信网络

实验 6.1	LAN 与 VLAN	92
实验 6.2	WLAN 实验	101
实验 6.3	远程接入实验	104
实验 6.4	广域网实验	115
实验 6.5	VoIP 应用	133

第7章 天线与电波传播

实验 7.1	天线输入阻抗的测量	141
实验 7.2	天线方向图的测量	156
实验 7.3	天线增益系数的测量	169

第8章 射频移动终端测量

实验 8.1	FM 移动终端测量实验(被测单元:FM 手持电台)	176
实验 8.2	GSM 移动终端测量实验(被测单元:GSM 移动手机)	182
实验 8.3	WCDMA 移动终端测量实验(被测单元:WCDMA 手机)	188

第 1 章 光通信技术

实验 1.1 SDH 设备组网实验

1. 实验目的

- (1) 理解 SDH 基本的网元类型；
- (2) 理解光传送网络的基本拓扑类型；
- (3) 研究如何利用 SDH 网元设备和光缆线路组成基于 SDH 的光传送网络；
- (4) 掌握 SDH 网络管理系统的基本操作。

2. 实验内容

利用三台 SDH 分插复用设备(ADM)及尾纤、衰减器等分别组成点对点、链形及由三个节点构成的环形网络,理解 SDH 设备的基本网元形式,研究 SDH 的组网方式,掌握对 SDH 网络管理的基本操作类型。

3. 实验原理

SDH 传送网是由 SDH 网元设备和光缆线路两部分组成的,SDH 网元完成对传输业务的接收/传送、分插/复用和交叉连接等功能。按照实现功能的不同,SDH 网元主要有终端复用器(Terminal Multiplexer, TM)、分插复用器(Add/Drop Multiplexer, ADM)、中继器(Regenerator)等,其中 ADM 是 SDH 网络中应用最为广泛的网元形式。ADM 网元结构在某种程度上类似于背靠背的 TM 组合,将同步复用和数字交叉连接功能综合于一体,具有灵活地分插支路信号的能力。ADM 除了完成与 TM 一样的信号复用和解复用功能外,最主要的是还能完成线路信号间以及线路信号与支路信号间的交叉连接,如接入的 E1 支路信号可以分别复用并连接到东向和西向的 STM-N 信号中。另外,东向和西向的 STM-N 信号也可以互连。

4. 实验设备

- (1) ADM 网元设备三台,及相应的 SDH 网络管理系统；
- (2) 误码仪一台；
- (3) 手持式光功率计一台；

- (4) 光纤跳线、光衰减器、法兰盘若干；
- (5) 网线、电缆若干。

5. 实验步骤与方法

- (1) 利用三台 ADM 设备及光纤跳线、衰减器等组成点对点、链形及环形网络，完成相关的物理连接；
- (2) 完成 SDH 网络与网络管理系统的物理连接；
- (3) 通过 SDH 网络管理系统完成上述各种网络拓扑的基本配置和对各网元设备的管理；
- (4) 通过 SDH 网络管理系统进行简单业务配置；
- (5) 利用误码仪测试所配置业务通道的性能。

6. 实验报告

根据实验结果，完成实验报告，主要侧重以下两点：

- (1) 注意分析 SDH 中各种帧开销字节的具体使用；
- (2) 对各种网络拓扑的优、缺点进行比较分析，并讨论各种拓扑的具体应用。

实验 1.2 SDH 自愈环保护实验

1. 实验目的

- (1) 加深对光传送网络环形拓扑组网的理解；
- (2) 理解 SDH 自愈环的保护机制；
- (3) 掌握如何利用 SDH 网络管理系统进行自愈保护环业务配置。

2. 实验内容

利用三台 SDH 分插复用设备(ADM)及尾纤、衰减器等组成由三个节点构成的两纤单/双向通道保护环，理解 SDH 自愈保护机制，分析实现自愈保护时关键开销字节的使用。

3. 实验原理

由于环形网具有良好的自愈能力，因此只要路由分布允许，一般会尽可能组建环形网来实现对业务的保护。

- (1) 两纤单向通道保护环工作原理

两纤单向通道保护环其保护倒换的原则为“首端桥接，末端倒换”。两纤单向通道保

护环使用一根光纤来传送业务信号,称为 S 光纤,也称为工作纤;另外一根光纤传送相同的信号用于保护,称为 P 光纤,也称为保护纤。当环上各个节点正常工作时,各个节点发送信号的方向同接收信号的方向是一致的(即如果节点以顺时针方向发送信号,那么节点接收信号的方向也是顺时针的,环上发送信号的流向同接收信号的流向是一致的),但经过的路由是不一致的,如 A 节点发向 C 节点,所经历的路由是 $A \rightarrow B \rightarrow C$,而 C 节点发向 A 节点的路由是 $C \rightarrow D \rightarrow A$,中间经历的节点是不同的。两纤单向通道保护环工作原理如图 1-1 所示。

正常工作时如图 1-1(a)所示,在节点 A 进入环并以节点 C 为目的的业务信号 AC,同时在光纤 S1 和 P1 上发送,其中 S1 光纤将业务信号顺时针方向经节点 B 送至节点 C, P1 光纤将同样的信号作为保护信号经节点 D 送至节点 C。节点 C 同时收到两个方向的信号,按照信号的优劣决定选收其中一路信号(正常情况下接收 S1 光纤上传送的信号)。从节点 C 进入环并以节点 A 为目的的业务信号按照同样的方法送至节点 A。

一旦节点 B、C 间的光纤被切断,如图 1-1(b)所示,在节点 C,由于从 S1 光纤接收的 AC 信号丢失,按照信号选收的原则,倒换开关将由 S1 光纤转到 P1 光纤,接收由节点 A 经 P 光纤传送的 AC 信号,从而使得 AC 间的业务仍然得以维持,不会丢失。故障排除后,通常倒换开关将恢复到原来的位置。

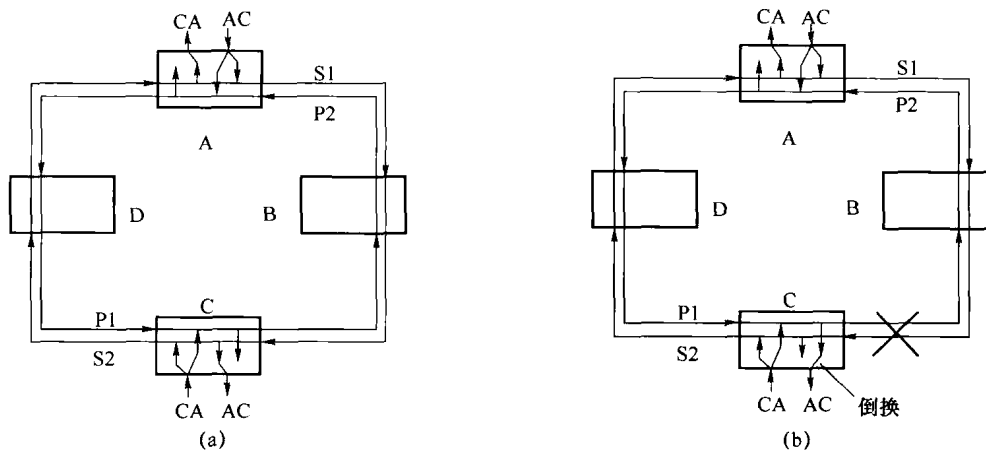


图 1-1 两纤单向通道保护环工作原理

(2) 两纤双向通道保护环工作原理

两纤双向通道保护环其保护倒换原则与单向通道保护环基本相同,只是在两纤双向通道保护环中接收信号与发送信号所经历的路由一致,如图 1-2 所示。

如图 1-2(a)所示,两纤双向通道保护环正常情况时,从节点 A 进入到环并以节点 C 为目的的业务信号 AC,同时在光纤 S1 和 P1 上发送,其中 S1 光纤按照顺时针方向将业务信号经节点 B 送至节点 C, P1 光纤沿逆时针方向将同样的业务信号作为保护信号经节

点 D 送至节点 C。节点 C 以 S1 光纤上送来的信号作为主用信号进行接收。同样,从节点 C 进入到环上并以节点 A 为目的的业务信号 CA 同时在光纤 S2 和 P2 上发送,其中 S2 光纤按照逆时针方向经节点 B 将业务送至节点 A,P2 光纤沿顺时针方向将相同的信号作为保护信号经节点 D 送至节点 A。节点 A 以 S2 光纤上送来的信号作为主用信号进行接收。

假设节点 B、C 间的光缆被切断,如图 1-2(b)所示,那么在节点 C,由于经 S1 光纤传送的 AC 信号丢失,节点 C 的倒换开关将由 S1 光纤转向 P1 光纤,接收节点 A 经 P1 光纤传送的 AC 信号,从而使得节点 A、C 间的业务信号仍然得以维持。在节点 A,由于经 S2 光纤传送的 CA 信号丢失,节点 A 的倒换开关将由 S2 光纤转向 P2 光纤,接收节点 C 经 P2 光纤传送的 CA 信号,从而使得节点 C、A 间的业务信号仍然得以维持。故障排除后,通常倒换开关恢复到原来的位置。

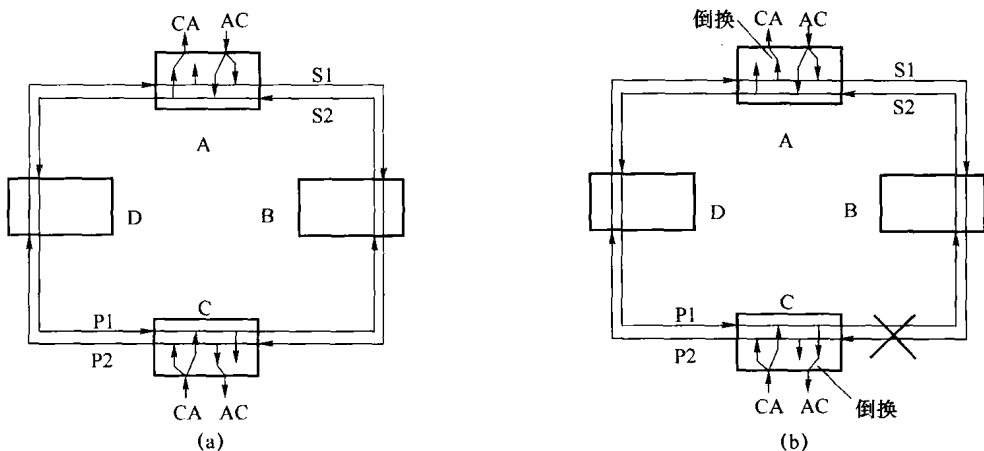


图 1-2 两纤双向通道保护环工作原理

4. 实验设备

- (1) ADM 网元设备三台,及相应的 SDH 网络管理系统;
- (2) 误码仪一台;
- (3) 手持式光功率计一台;
- (4) 光纤跳线、光衰减器、法兰盘若干;
- (5) 网线、电缆若干。

5. 实验步骤与方法

(1) 利用三台 ADM 设备及光纤跳线、光衰减器等,完成一个由三个节点构成的两纤单/双向通道保护环的物理连接;

- (2) 完成 SDH 网络与网络管理系统的物理连接；
- (3) 通过网络管理系统完成两纤单/双向通道保护环配置,并在三个节点按照具体要求完成业务配置；
- (4) 人工模拟光纤链路故障(可通过拔掉某光口光纤实现),注意观察并记录断纤前后误码仪测试仪表的数据变化；
- (5) 按照网络管理系统的提示信息,完成保护倒换,理解其倒换机制,注意观察并记录断纤前后误码仪测试仪表的数据变化。

6. 实验报告

根据实验结果,完成实验报告,主要侧重以下两点:

- (1) 注意分析自愈保护时关键开销字节的使用；
- (2) 分析比较两纤单向和双向通道保护环的异同点,及各自较为适用的业务类型。

第2章 微波通信技术

实验 2.1 频谱测量

1. 实验目的

- (1) 学习掌握频谱的概念、频谱测量方法；
- (2) 观察理解射频(RF)、中频(IF)、基带(Baseband)各种信号的频谱特征；
- (3) 体会 AMI、HDB3、CMI 码的波形特征和频谱特征。

2. 实验内容

- (1) 调制频谱观测

利用频谱仪观察微波射频频谱、70 MHz 中频发送及接收频谱。

- (2) 基带接口码型的波形及频谱测量

利用示波器观察一些基本接口码型的波形,并用频谱仪观察其频谱。

3. 实验原理

- (1) 频谱

频谱反映信号在频率域中的组成结构。一般用功率谱密度来描述随机信号的频谱,表示在频率为 f 处的单位带宽内的功率。虽然理论课程中一般用双边功率谱密度以体现负频率,但在工程测量中更常用的是指只按正频率考虑的单边功率谱密度,单位带宽经常是 4 kHz、40 kHz 或者其他认为方便的数值,功率的单位一般是 dBW 或者 dBm。

数字信号的功率谱密度取决于脉冲的基本形状(如 NRZ、RZ、根升余弦等)以及数字序列的相关性。许多情形下,数字序列满足独立等概的假设,此时数字信号的功率只同脉冲形状有关。但在某些特定的情形下,可以通过有意引入的相关性来影响频谱使其具有期望的特征,比如线路码型。

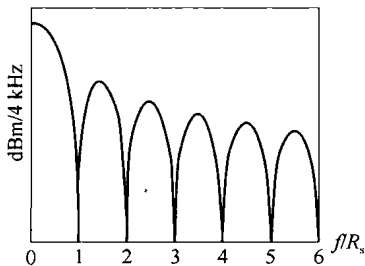


图 2-1 矩形脉冲数字信号的功率谱

NRZ 信号的功率谱在信息为独立序列时具有 sinc 函数的形状,如图 2-1 所示。图中 R_s 是数据符号速率。这是数字信号中最基本的功率谱形状,

其主要特征是存在一些周期性的零点,从而形成一个主瓣及许多旁瓣。一般用主瓣的宽度来描述其带宽,主瓣集中了约 90% 的能量,它的旁瓣的幅度按 $\frac{1}{f^2}$ 衰减,即按每倍频程 6 dB 的速度衰减。

QPSK 信号的功率谱密度在以矩形脉冲作为基本脉冲时也是 sinc 形状的。其主瓣带宽是 $2R_s$ 。在 QPSK 以及其他各种非二进制调制中,符号速率 R_s 和比特速率 R_b 是不相同的。对于 QPSK,符号速率是比特速率的两倍。

许多无线通信系统因为对旁瓣衰减的严格要求而不采用矩形脉冲作为基本形状,典型的设计中经常使用升余弦频谱成形。

(2) 线路码型

在基带设备连接中,如交换机到微波收发信机、交换机到交换机等的信号设计就叫基带线路码型,一般要求基带码型能够在任意信源输出的情形下都能做到隔直流传输,同时还要求有利于时钟提取。常用的基带码型有 AMI 码、HDB3 码、CMI 码等。它们利用人为引入的序列相关性使频谱没有直流分量,在 0 频附近非常低。另外,HDB3 码和 CMI 码的设计还考虑到了便于提取时钟的问题。HDB3 码是 E1(20.48 Mbit/s)、E2(8.448 Mbit/s)、E3(34.368 Mbit/s)的接口标准,CMI 是 E4(139.264 Mbit/s)、E5(565.148 Mbit/s)的标准接口码型。

(3) 收发信机结构

图 2-2 示出了典型的无线收发信机结构,目前应用中的绝大部分无线通信设备都具有这种结构。在这样的结构中,调制/解调部分被安排到频率较低的中频(Intermediate Frequency, IF)上,数字微波通信中常用的中频频率是 70 MHz 和 140 MHz。在发送端,中频调制的结果通过上变频变到设计的发射频率上,再经过功放和天线发送到空中。在接收端,经天线接收下来的信号经过低噪声放大后进行下变频到中频,解调器对这个中频信号进行解调。

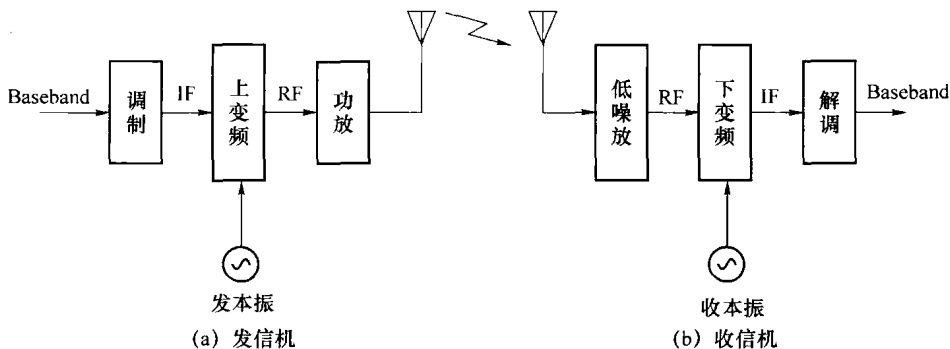


图 2-2 发信机及收信机

上下变频由混频器(Mixer)和本地振荡器构成。把射频信号变到较低的中频信号的好处是:便于解调器的实现,便于更好地滤波,不同频率的接收机可以共用一套电路,只须改变本振和射频调谐回路的谐振频率即可。

4. 实验系统

实验系统的构成如图 2-3 所示,主要包括以下设备。

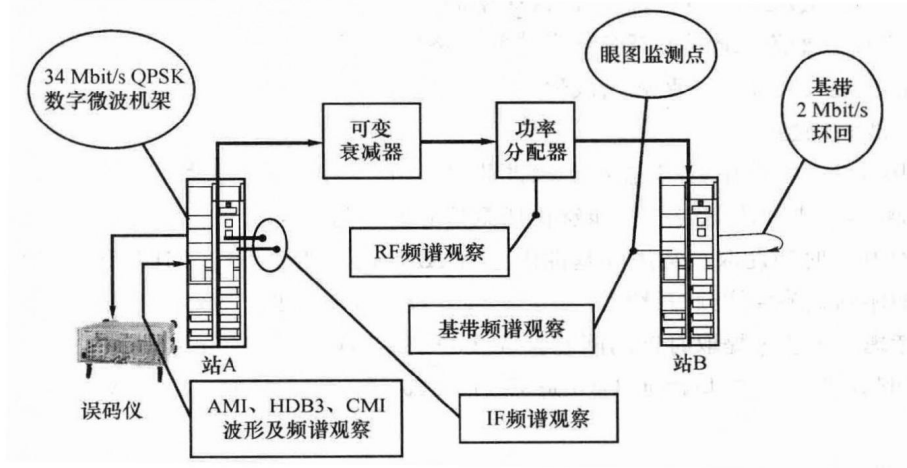


图 2-3 频谱测量实验系统

(1) 数字微波通信系统:这是一个 34 Mbit/s QPSK 系统,其中频是 70 MHz,射频是 6 GHz。

(2) PDH 误码仪:在本实验中作为 AMI、HDB3、CMI 的信号源,同时作为数字微波系统的信源。

(3) 示波器:用来观察基带接口信号的波形。

(4) 频谱仪:用来观察频谱。

5. 实验步骤与方法

(1) 按图 2-3 所示的实验系统进行连接。

(2) 将频谱仪连接到功率分配器的支路输出,测量射频频谱。

(3) 将频谱仪分别连接到 IF 输入及输出点,测量 IF 频谱。

(4) 将频谱仪连接到误码仪的输出,测量基带接口信号的频谱。并用示波器对照观察基带接口信号的波形。

6. 实验报告

实验报告应包括以下内容:

- (1) 根据理论课所学知识,说明频谱的概念,QPSK 信号的理论频谱特征,AMI 码、HDB3 码、CMI 的频谱特征及波形特点;
- (2) 画出在 RF、IF 上实测的 QPSK 频谱;
- (3) 画出实测的 AMI、HDB3、CMI 的波形及频谱;
- (4) 对测量结果进行分析讨论。

实验 2.2 眼图相关的测量

1. 实验目的

- (1) 学习体会眼图的概念;
- (2) 学习体会载波提取的相关参数及其测量方法。

2. 实验内容

(1) QPSK 眼图观测

眼图观测,观察噪声对眼图的影响。

(2) 锁相性能测量

测量同步带、捕捉带。

3. 实验原理

(1) 眼图的概念

将数字信号接在示波器的输入端,用数字信号的时钟作为示波器的同步输入,此时显示在示波器上的图形就是眼图。图 2-4 是采用 $\alpha=1$ 升余弦滚降的数字信号波形及对应的眼图。图 2-5 是滚降系数分别为 0.5 和 0.05 时的眼图。眼图的正确观测点应该是在接收滤波器之后,采样之前,以体现系统的总体响应。

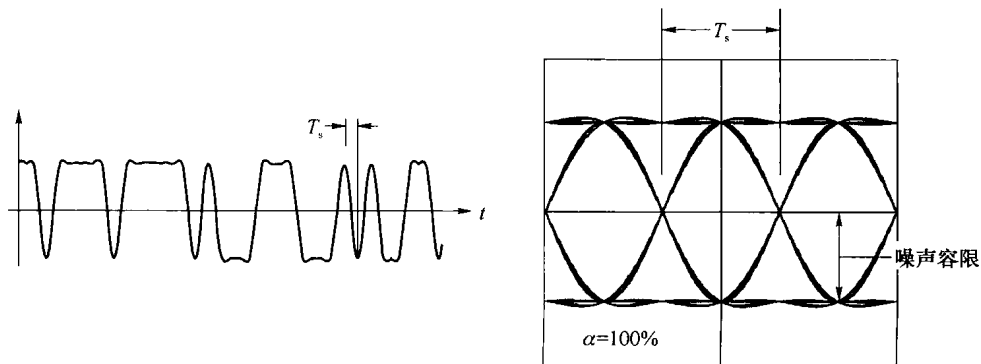


图 2-4 数字基带信号的波形及其眼图

眼图反映了许多信息:眼图最大张开处是最佳采样时刻(见图 2-5)。眼图的水平对称线是最佳判决门限(图 2-5)。眼图的交叉点发散度如图 2-5 所示,它与定时提取有关,发散度越小则定时提取越容易。眼图的斜率反映对定时误差的敏感程度,滚降系数越小则斜率越大,对定时精度要求越苛刻,另一方面,滚降系数越小时,交叉点发散度越大,定时提取越难做到精确。如果存在 ISI 则会体现为眼图张开不够充分(见图 2-6),眼张开度反映了这一点。与此相关的另一个概念叫噪声容限,如果噪声的瞬时值没有超过噪声容限,则不会发生误码。

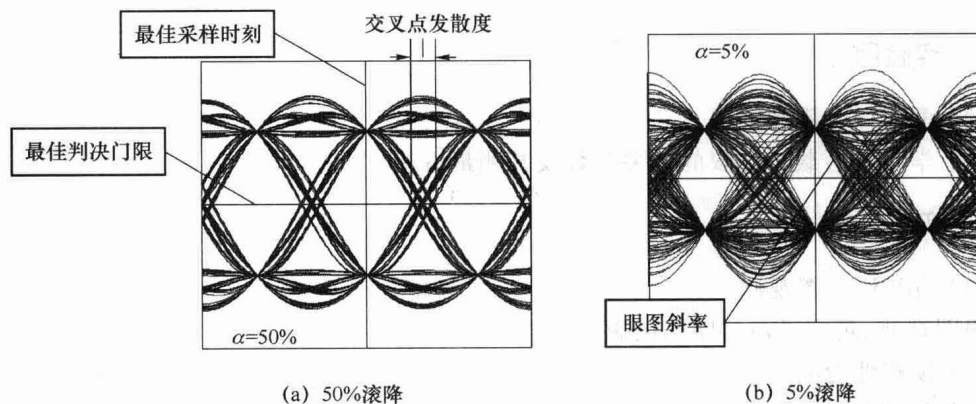


图 2-5 眼图

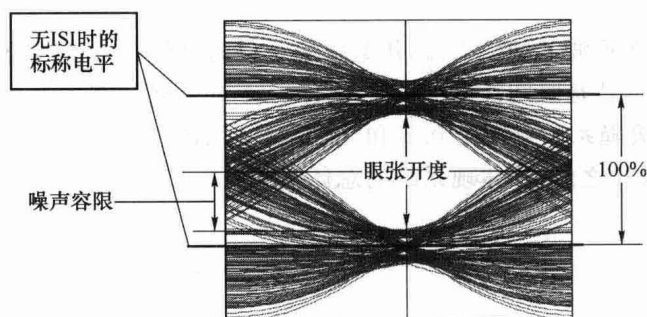


图 2-6 有 ISI 的眼图

(2) 载波提取环

在许多通信系统中,相干解调所需要的同步载波是从接收信号中提取的。对于 BPSK,同步提取的方法可包括平方环及 Costas 环(图 2-7)。QPSK 解调中对应平方环有四次方环,同样也有 Costas 环的各种扩展,包括四相 Costas 环、逆调制环、判决反馈环、松尾环等。