

高等学校规划教材·电子、通信与自动控制技术

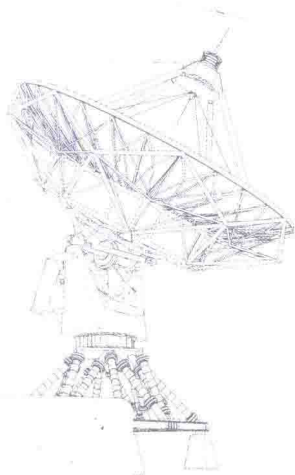
PLANNING TEXTBOOKS FOR HIGHER EDUCATION



通信原理实验教程

(含报告册)

张会生 赵 瑄 孟昭红 编



西北工业大学出版社

高等学校教材

TONGXIN YUANLI SHIYAN JIAOCHENG

通信原理实验教程

(含报告册)

张会生 赵瑄 孟昭红 编

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书是根据“通信原理”课程教学大纲要求编写的一本实验教学指导书,全书共 18 个实验,包括“通信原理”课程的数字基带信号、数字调制、模拟相环与载波同步、数字解调、全改字锁相环与位同步、帧同步、数字基带通信系统、2DPSK 和 2FSK 通信系统、AM 调制解调、抽样定理与 PAM 系统、PCM 编译码、增量调制编译码、话音信号多编码通信系统、码型变换、数字多路数据单路传输、汉明码编译码、噪声及其对通信系统的干扰以及眼图测量等主要实验内容及相关实验仪器使用。

本书可作为普通高等学校本科、成人高等学校的通信、电子、计算机应用、信号检测和自动化等专业的通信原理实验教材,也可作为相关专业学生和工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

通信原理实验教程:含报告册/张会生,赵瑄,孟昭红编. —西安:西北工业大学出版社,2017. 3
ISBN 978-7-5612-5219-2

I. ①通… II. ①张… ②赵… ③孟… III. ①通信原理—实验—高等学校—教材
IV. ①TN911-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 025178 号

策划编辑:华一瑾

责任编辑:华一瑾

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844, 88491757

网 址:www.nwpu.com

印刷者:兴平市博闻印务有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:15.25

字 数:336 千字

版 次:2017 年 3 月第 1 版 2017 年 3 月第 1 次印刷

定 价:35.00 元(全 2 册)

前 言

“通信原理”作为高等工科院校电子信息类专业重要的技术基础课具有很强的理论性和实践性,其相应的实验教学对于学生掌握基础理论知识,培养基本实验技能、专业技术应用能力和职业素质具有重要作用。

本书作为通信原理实验课程的配套教材,旨在让学生了解常见的通信系统,加深对通信原理的理解,培养独立解决问题的能力。全书共 18 个典型实验,每个实验后均有一定数量的实验分析思考题。

在“通信原理实验室”建设和与之配套的实验教材《通信原理实验教程》的编写中,主要考虑了以下原则与特点。

(1)在实验项目的设计上,采用模块化结构,力求通过不同的实验,便于学生掌握更多的通信技术概念。

(2)在实验指导内容的编写上,力求做到实验原理讲述清楚、实验步骤详细以及实验方案选择多样化,方便教师教学指导和学生自学使用。

(3)实验内容力求有利于学生动手能力和实际技能的培养。本书不仅重视实验原理和结论,而且重视实验过程,重视实验方法和思路,以及重视仪器仪表的使用。

(4)注重系统性和全面性。力求使学生对通信原理课程有一个较为全面的认识,为学习后续课程和从事实践技术工作具有良好的指导作用。

(5)各实验相互独立,不同层次不同需要的学生可根据本专业教学要求自由选择。也可自行开发实验内容。

全书内容丰富、概念清晰、指导性强,既便于教师组织实验教学,又利于学生自学。本书可作为普通高等学校本科、成人高等学校的通信、电子、计算机应用、信号检测及自动化等专业的实验教材,也可供相关专业学生和工程技术人员参考。

本书编写所依托的“通信原理实验室”,是国家级“211 工程”“985 工程”项目资助建设的。同时本书的出版得到西北工业大学校规划教材项目和明德学院院规划教材项目资助,在此一并表示衷心的感谢。

由于水平有限,书中难免有疏漏甚至错误之处,欢迎各位读者批评指正。

编 者

2016 年 3 月

目 录

第 1 部分 实验基础知识	1
1.1 概述	2
1.2 实验系统及实验内容简介	2
1.3 实验仪器	7
1.4 实验要求	8
第 2 部分 基础实验	9
2.1 实验 1 数字基带信号实验	10
2.2 实验 2 数字调制实验	20
2.3 实验 3 模拟锁相环与载波同步实验	26
2.4 实验 4 数字解调实验	31
2.5 实验 5 全数字锁相环与位同步实验	38
2.6 实验 6 帧同步实验	43
2.7 实验 7 数字基带通信系统实验	48
2.8 实验 8 2DPSK 和 2FSK 通信系统实验	54
2.9 实验 9 AM 调制解调实验	56
2.10 实验 10 抽样定理与 PAM 系统实验	59
2.11 实验 11 PCM 编译码实验	66
2.12 实验 12 增量调制编译码实验	73
2.13 实验 13 话音信号多编码通信系统实验	78
2.14 实验 14 码型变换实验	81
2.15 实验 15 数字多路数据单路传输实验	85
2.16 实验 16 汉明码编译码实验	88
2.17 实验 17 噪声及其对通信系统的干扰实验	93
2.18 实验 18 眼图测量实验	96

附录.....	100
附录 1 常用仪器使用方法	101
附录 2 CVSD 编译码芯片——MC3418 介绍	111
附录 3 AM 调制解调芯片——MC1496 介绍	113
附录 4 PCM 编译码芯片——MC145503 介绍.....	115
附录 5 Agilent ESA 4411B 频谱分析仪操作菜单	117
附录 6 E4438C ESG 矢量信号发生器使用说明	124
附录 7 MAX+PLUS II 介绍	150
参考文献.....	155

第1部分 实验基础知识

1.1 概 述

通信原理是高等工科院校电子信息类各专业的重要技术基础课,旨在全面系统地讲述现代通信系统的基本原理、基本性能和基本分析方法,使学生通过本课程的学习,掌握通信原理的基础知识和基本技术,掌握通信系统一般问题的分析方法,为后续专业课程的学习打好坚实的基础。

技术基础课这一地位,决定了通信原理具有很强的理论性和实践性。因此,除了良好的课堂理论教学外,还必须有良好的实验课程教学。实验课程的主要任务是:加深学生对通信原理基本知识及基本概念的理解;提高学生理论联系实际的能力;培养学生实践动手能力和分析解决通信工程中实际问题的能力。

为了实现上述目的,我们选用北京精仪达盛科技有限公司研制的“通信原理 VI 型实验系统”作为平台,进行通信原理实验项目的开发,以及实验教学内容的组织。通信原理 VI 型实验系统具有如下特色。

(1) 实验内容丰富,涵盖了通信原理课程所学的模拟调制系统、数字基带传输系统、数字通信频带传输系统、模拟信号的数字传输系统等主要内容。

(2) 采取模块化结构,利于学生依据知识的掌握程度,方便地完成以掌握知识点为核心的单元实验,或以分析系统为核心的综合实验。

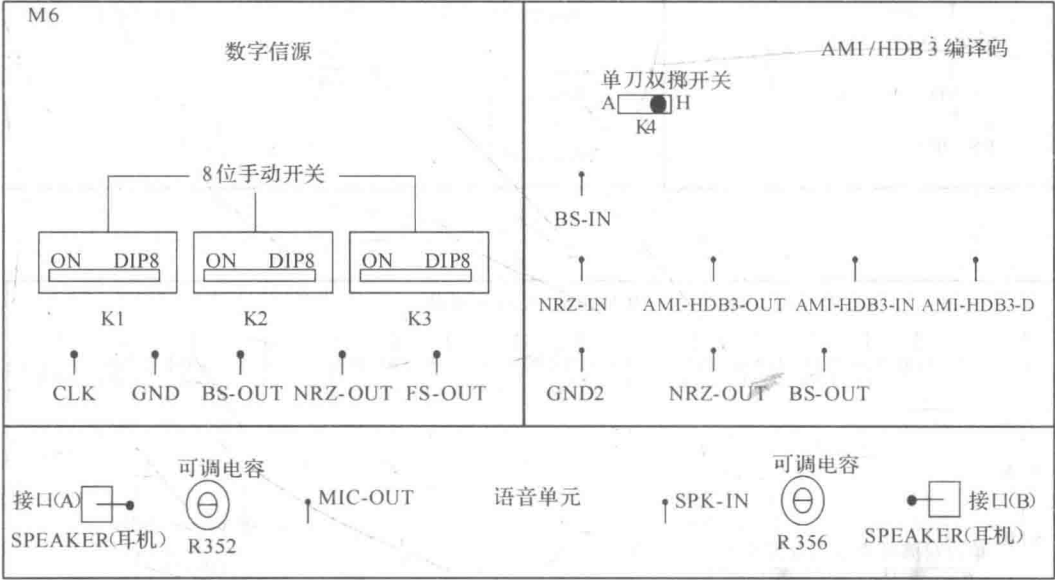
(3) 各主要单元模块电路组成透明,测试点丰富,使学生不仅能够学会通信原理的相关知识,还可深入了解有关电子电路的实际应用,利于学生多学科知识的融会掌握。

1.2 实验系统及实验内容简介

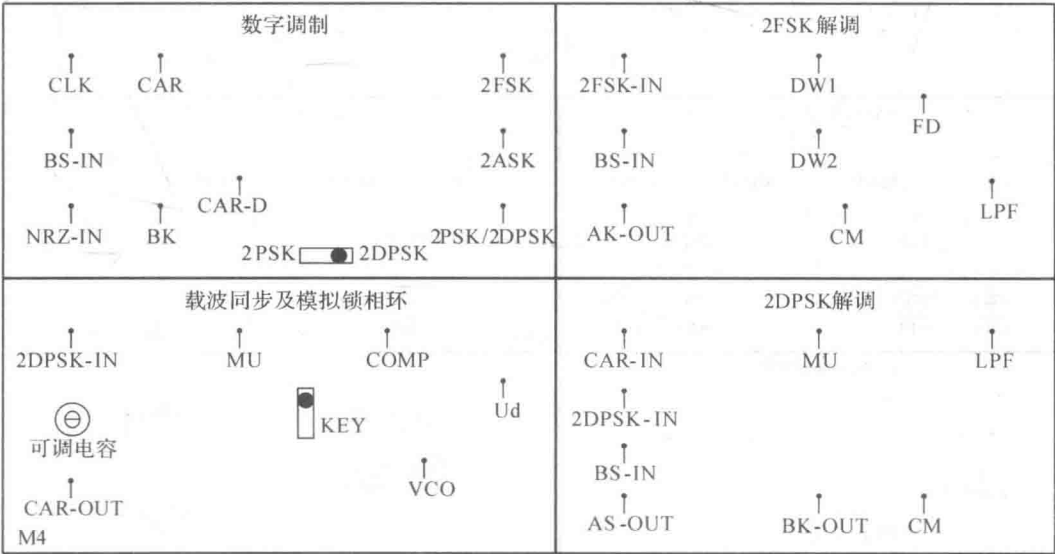
通信原理 VI 型实验系统包括了通信系统的各个主要部分,具体由以下 20 个单元组成,其印制板布局图如图 1.2.1(a)~1.2.1(h)所示。

- (1) 数字信源单元;
- (2) 数字调制单元;
- (3) 载波同步单元;
- (4) 2DPSK 解调单元;
- (5) 2PSK 解调单元;
- (6) 位同步单元;
- (7) 帧同步单元;
- (8) 数字终端单元;
- (9) PCM 编译码单元;
- (10) ADPCM 编译码单元;
- (11) AM 调制解调单元;
- (12) PAM 调制解调单元;
- (13) CVSD 调制解调单元;
- (14) 高低频正弦信号单元;

- (15)AMI/HDB3 编译码单元；
- (16)可编程逻辑逻辑器件单元；
- (17)信道单元；
- (18)眼图单元；
- (19)语音放大单元；
- (20)RS232 接口单元。

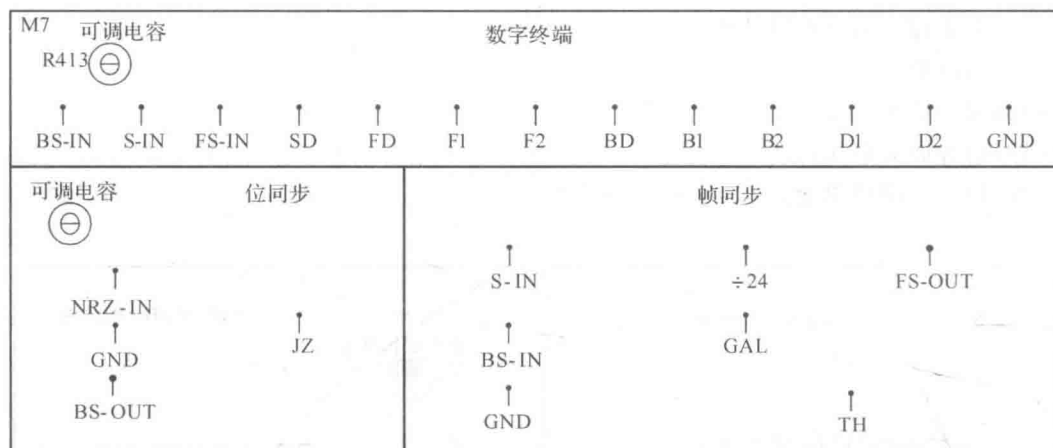


(a)

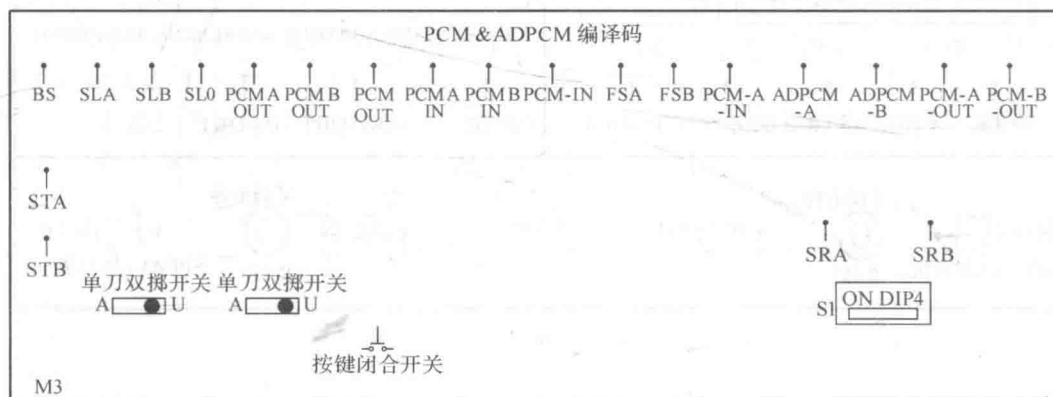


(b)

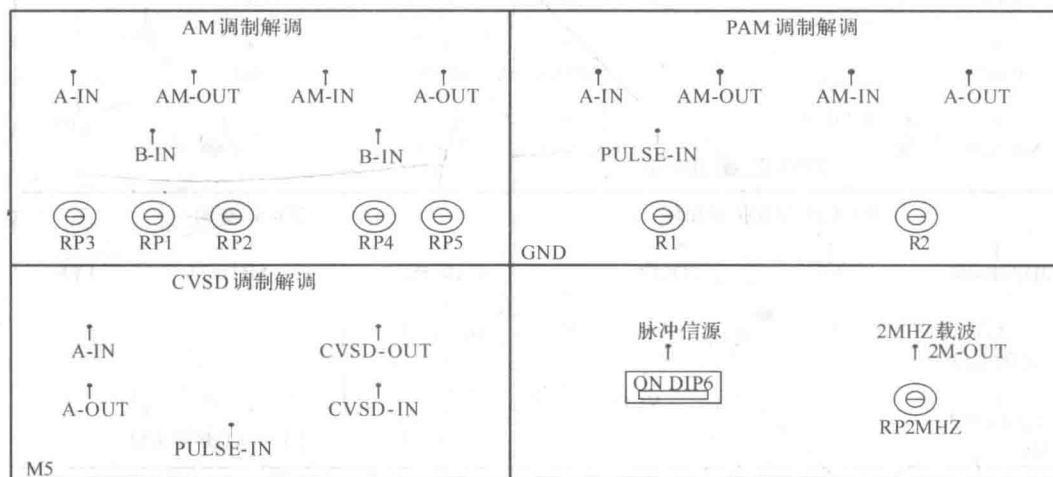
图 1.2.1 通信原理Ⅵ型实验系统布局图



(c)

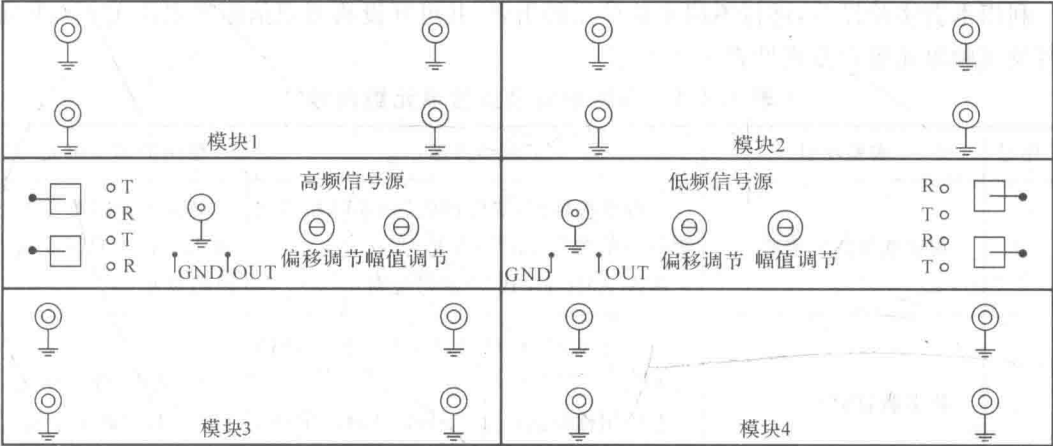


(d)

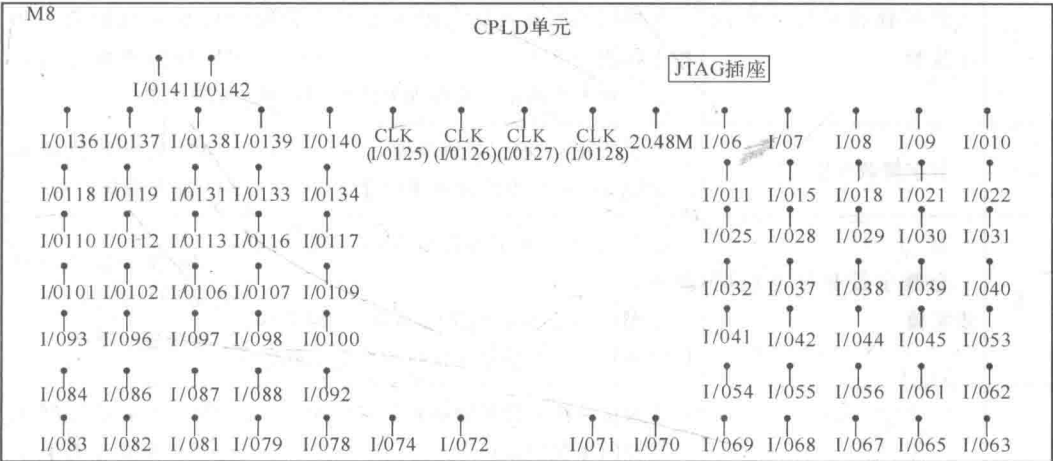


(e)

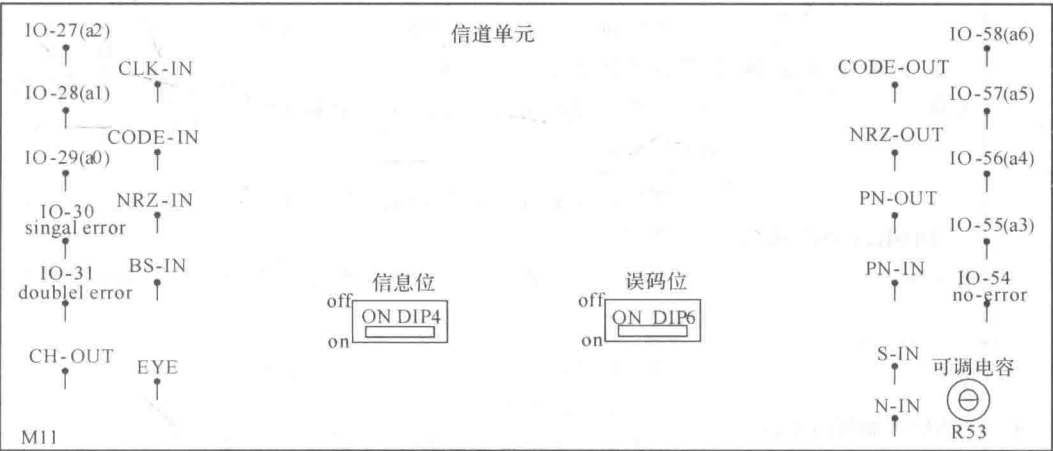
续图 1.2.1 通信原理 VI 型实验系统布局图



(f)



(g)



(h)

续图 1.2.1 通信原理 VI 型实验系统布局图

利用本套实验设备,进行不同实验单元的组合,共可开设典型通信原理实验 18 个,其实验内容及实验单元组合方式见表 1.2.1。

表 1.2.1 实验项目及实验单元组合方式

序号	实验项目	实验内容	使用的实验单元
1	数字基带信号实验	掌握单极性码、双极性码、归零码和不归零码等基带信号波形特点 掌握 AMI, HDB ₃ 的编码规则	M6 数字信源单元和 M6AMI/HDB3 编译码单元
2	数字调制实验	掌握绝对码、相对码概念及它们之间的变换关系 掌握用键控法产生 2ASK, 2FSK, 2PSK, 2DPSK 信号的方法	M6 数字信源单元和 M4 数字调制单元
3	模拟锁相环与载波同步实验	掌握模拟锁相环的工作原理 掌握用平方环法从 2DPSK 信号中提取相干载波的原理 了解相干载波相位模糊现象产生的原因	M6 数字信源单元、M4 数字调制单元和 M4 模拟锁相环及载波同步单元
4	数字解调实验	掌握 2DPSK 相干解调原理 掌握 2FSK 过零检测解调原理	M6 信号源模块和 M4 数字调制单元
5	全数字锁相环与位同步实验	掌握用数字锁相环提取位同步信号的原理 掌握位同步器的同步建立时间、同步保持时间和位同步信号相位抖动等基本概念	M6 数字信号源单元和 M7 基带信号数字终端显示单元
6	帧同步实验	掌握集中插入式帧同步码识别原理 掌握同步保护原理 掌握假同步、漏同步、捕捉态和维持态等概念	M6 数字信号源单元、M7 基带信号数字终端显示单元和 M7 帧同步单元
7	数字基带通信系统实验	掌握时分复用数字基带通信系统的基本原理及数字信号传输过程 掌握位同步信号和帧同步信号在数字分接中的作用	M6 数字信号源单元和 M7 基带信号数字终端显示单元
8	2DPSK, 2FSK 通信系统实验	掌握时分复用 2DPSK 通信系统的基本原理 掌握时分复用 2FSK 通信系统的基本原理	M4 数字调制单元、M6 数字信号源单元和 M7 基带信号数字终端显示单元
9	AM 调制解调实验	掌握集成模拟乘法器构成的振幅调制电路的工作原理及特点 学习调制系数 m 测量方法, 了解 $m < 1$ 和 $m = 1$ 及 $m > 1$ 时调幅波的波形特点	M5 模拟调制解调单元

续表

序号	实验项目	实验内容	使用的实验单元
10	抽样定理与 PAM 系统实验	熟悉 PAM 工作原理 验证并理解抽样定理 通过对 PAM 调制与解调电路的基本组成、波形和所测数据分析,了解 PAM 调制方式的优缺点	M5 模拟调制解调单元
11	PCM 编译码实验	掌握 PCM 编译码原理 掌握 PCM 基带信号的形成及分接过程 掌握 PCM 编译码系统的动态范围和频率特性的定义及测量方法	M3: PCM 与 AD-PCM 编译码单元
12	增量调制编译码实验	了解语音信号 CVSD 的编译码原理 了解语音信号数字化技术的主要指标,学习对这些技术指标的测试方法	M5CVSD 调制单元
13	话音信号多编码通信系统实验	了解语音信号的传输过程 了解话音信号不同方式的传输方法 加深对话音信号的多种编码原理的理解	M6 信源单元、M5 数字调制单元和 M6 麦克风和扬声器
14	码型变换	了解 CMI,BHP,Miller 等基带信号波形特点 掌握 CMI,BHP,Miller 的编码规则 掌握 CMI,BHP,Miller 的译码规则	M6 信源单元和 M8CPLD 单元
15	数字多路数据单路传输实验	了解多路数据的串行化方法 了解多路数据的单路传输的过程	M6 信源单元和 M8CPLD 单元
16	汉明码编译码实验	掌握汉明编/译码规则,理解汉明码编/译码器设计原理 比较并分析汉明码中校正子对错误更正的影响	M6 信源单元和 M11 信道单元
17	噪声及其对通信系统的干扰实验	理解噪声的特点与性质 掌握噪声的产生方法 理解噪声对通信系统性能的影响	M6 信源单元和 M11 信道单元
18	眼图测量实验	理解眼图的定义及模型 掌握通信系统性能的简单测试方法	M6 信源单元和 M11 信道单元

1.3 实验仪器

通信原理 VI 型实验系统内带开关电源,实验时只需将实验系统接入 220 V 市电即可。实验前需观察开关附近的电源指示灯是否正常,并用万用表检查电源电压值(指示灯上方有电源电压测试点)。

用通信原理Ⅵ型实验系统做实验,必须具备双踪示波器、任意波形发生器和数字万用表等仪器,在某些实验中,还会用到频率计、失真度检测仪、频谱仪等设备。

本实验室采用的是先进的 Ailent54621D 混合信号示波器和 Agilent33220A 任意波形发生器,具有开设高水平通信技术实验的能力。除可与通信原理Ⅵ型实验系统配合可开发出典型通信原理实验 18 个外,还可单独开设若干个通信常用仪器使用实验。

此外,教材中还给出了“AgilentESA4411B 频谱分析仪操作菜单”“E4438CESG 矢量信号发生器使用说明”,对有条件的学校而言,学生借此可以开展更为深刻的通信原理实验,学到更多的实验仪器使用。

1.4 实验要求

实验要求具体如下:

(1)实验前应认真阅读实验指导书,明确实验目的和要求,了解实验原理和内容,掌握实验步骤及注意事项。

(2)使用仪器和实验系统前必须了解其性能、操作方法及注意事项,在使用时应严格遵守。

(3)实验时接线要认真,相互仔细检查,确定无误后才能接通电源,没有把握的学生应经指导教师审查同意后再接通电源。

(4)实验时应注意观察,若发现有破坏性异常现象(例如有元件冒烟、发烫或有异味)应立即关断电源,保持现场,报告指导教师。找出原因、排除故障,经指导教师同意后再继续实验。

(5)实验过程中需要改接线时,应关断电源后才能拆线和接线。

(6)实验过程中应仔细观察实验现象,认真记录实验结果(数据、波形和现象)。所记录的实验结果经指导教师审阅签字后再拆除实验线路。

(7)实验结束后,必须关断电源、拔出电源插头,并将仪器、设备、工具和导线等按规定整理。

(8)实验后每个同学必须按要求独立完成实验报告,包括以下内容。

1)实验仪器名称、型号和编号;

2)实验数据整理和实验现象分析;

3)实验方法及仪器使用总结;

4)问题讨论。

第2部分 基础实验

2.1 实验 1 数字基带信号实验

【实验目的】

- (1) 掌握单极性码、双极性码、归零(RZ)码、非归零(NRZ)码等基带信号波形特点。
- (2) 掌握 AMI, HDB₃ 的编码规则。
- (3) 掌握从 HDB₃ 码信号中提取位同步信号的方法。
- (4) 掌握集中插入帧同步码时分复用信号的帧结构特点。
- (5) 了解 HDB₃(AMI)编译码集成电路 CD22103。

【实验内容】

- (1) 数字基带信号传输。
- (2) 对数字基带信号进行 AMI, HDB₃ 的编译码。

【实验原理】

本实验使用数字信源模块和 HDB₃/AMI 编译码模块。

1. 数字信源模块

本模块是整个实验系统的发终端,其原理方框图如图 2.1.1 所示。

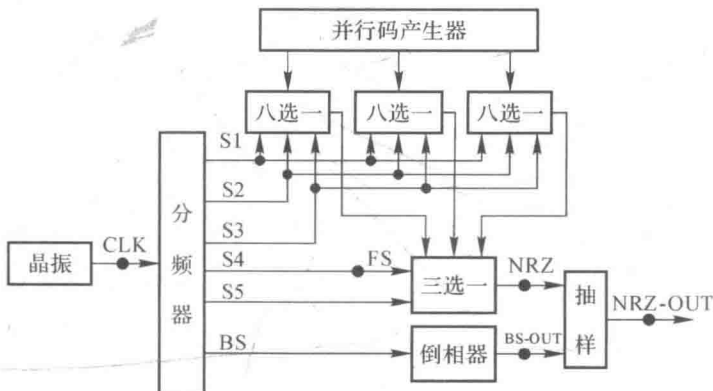


图 2.1.1 数字信源方框图

本模块产生 NRZ 信号,信号码速率约为 170.5 kB,帧结构如图 2.1.2 所示。帧长为 24 位,其中首位无定义,第 2 位到第 8 位是帧同步码(7 位巴克码 1110010),另外 16 位为 2 路数据信号,每路 8 位。此 NRZ 信号为集中插入帧同步码的时分复用信号。发光二极管亮状态表示 1 码,熄状态表示 0 码。

本模块有以下测试点及输入输出点。

- CLK——晶振信号测试点;

- BS-OUT——信源位同步信号输出点/测试点；
- FS——信源帧同步信号输出点/测试点；
- NRZ-OUT——NRZ 信号输出点/测试点。



图 2.1.2 帧结构

图 2.1.3 所示为数字信源模块的电原理图,图 2.1.1 中各单元与图 2.1.3 中的元器件对应关系如下。

- 晶振——CRY:晶体;U1:反相器 74LS04。
- 分频器——U2:计数器 74LS161;U3:计数器 74LS193。U4:计数器 74LS160。
- 并行码产生器——K1,K2,K3:8 位手动开关,从左到右依次与帧同步码、数据 1、数据 2 相对应;发光二极管左起分别与一帧中的 24 位代码相对应。
- 八选——U5,U6,U7:8 位数据选择器 74LS151。
- 三选——U8:8 位数据选择器 74LS151。
- 倒相器——U20:非门 74LS04。
- 抽样——U9:D 触发器 74HC74。

图 2.1.3 中,各主要单元工作原理如下。

(1)分频器。

74LS161(U2)进行 13 分频,输入信号频率为 4 433 kHz,输出信号频率为 341 kHz。74LS161 是一个 4 位二进制加计数器,预置在 3 状态。

74LS193(U3)完成 $\div 2, \div 4, \div 8, \div 16$ 运算,输出 BS, S1, S2, S3 等 4 个信号。BS 为位同步信号,频率为 170.5 kHz。S1, S2, S3 为 3 个选通信号,频率分别为 BS 信号频率的 $1/2, 1/4$ 和 $1/8$ 。74LS193 是一个 4 位二进制加/减计数器,当 $\overline{\text{CPD}} = \overline{\text{PL}} = 1, \text{MR} = 0$ 时,可在 Q_0, Q_1, Q_2 及 Q_3 端分别输出上述 4 个信号。

74LS160(U4)是一个二—十进制加计数器,预置在 7 状态,完成 $\div 3$ 运算,在 Q_0 和 Q_1 端分别输出选通信号 S4, S5,这两个信号的频率相等,均为 S3 信号频率的 $1/3$ 。

分频器输出的 S1, S2, S3, S4, S5 等 5 个信号的波形如图 2.1.4(a)和(b)所示。

(2)八选一。

采用 8 路数据选择器 74LS151,它内含了 8 路传输数据开关、地址译码器和三态驱动器,其真值表见表 2.1.1。U5、U6 和 U7 的地址信号输入端 A, B, C 并联在一起并分别接 S1, S2, S3 信号,它们的 8 个数据信号输入端 $D_0 \sim D_7$ 分别与 K1, K2, K3 输出的 8 个并行信号连接。由表 2.1.1 可以分析出 U5, U6, U7 输出信号都是码速率为 170.5 KB、以 8 位为周期的串行信号。