



应用型本科院校实践类规划教材

通信原理 实训与实践

主 编 武晓明 武 华
主 审 张广渊 吴昌平



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

21 世纪应用型本科院校实践类规划教材

通信原理实训与实践

主 编 武晓明 武 华

主 审 张广渊 吴昌平



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书针对应用型本科院校“通信原理”课程教学的基本要求和培养目标,按照加强学生实践、实训能力和创新、创造能力培养的改革要求,结合一线教师多年教学实践工作经验编写而成,为应用型本科院校“通信原理”课程实践教学的改革提供了一种可行性思路和模式。

全书分为两部分:第一部分是通信原理基础性实验环节,包含8个实验项目,分别介绍了各个实验实训的目的、基本理论,实验实训规程、过程,实验过程中可能出现的现象、结果以及实验实训报告要求等;第二部分是通信原理实训与实践环节,安排了11个综合实验,内容详实、步骤清晰,涵盖了通信原理课程的所有知识点和技能点,有助于培养学生的操作、创新技能,巩固理解专业知识,掌握相应专业的测试技术;旨在通过实训环节的设计与制作,对学生进行完整的工程实践训练,使学生在学校里就能够感受到将来工作的氛围。

书末的附录介绍目前许多高校选用的南京润众科技有限公司生产的RZ8681型通信原理实验台的使用说明。

图书在版编目(CIP)数据

通信原理实训与实践 / 武晓明, 武华主编. -- 北京:
中国水利水电出版社, 2015.9
21世纪应用型本科院校实践类规划教材
ISBN 978-7-5170-3608-1

I. ①通… II. ①武… ②武… III. ①通信原理—高等学校—教材 IV. ①TN911

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第210161号

策划编辑: 祝智敏

责任编辑: 周益丹

封面设计: 李 佳

书 名	21 世纪应用型本科院校实践类规划教材 通信原理实训与实践
作 者	主 编 武晓明 武 华 主 审 张广渊 吴昌平
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 68367658 (发行部)、82562819 (万水) 北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	三河市铭浩彩色印装有限公司
规 格	184mm×240mm 16 开本 6.75 印张 147 千字
版 次	2015 年 9 月第 1 版 2015 年 9 月第 1 次印刷
印 数	0001—1000 册
定 价	18.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换
版权所有·侵权必究

前言

本书针对应用型本科院校“通信原理”课程教学的基本要求和培养目标,按照加强学生实践、实训能力和创新、创造能力培养的改革要求,结合一线教师多年教学实践工作经验编写而成的。本书可作为电子信息类、通信类、自动化类、机电类和计算机类专业“通信原理”课程的实验和实训教材,也可作为成人教育和相关工程技术人员的实用参考书。

本书将“通信原理”课程的实践教学部分有效整合,按照由易到难,由单一实验到综合实训的原则统一编排,涵盖了“通信原理”课程全部的知识点与实践技能点,充分体现了“以学生为中心,以教师为主导”的教学理念。全书分为两部分:第一部分是通信原理基础性实验环节,分别介绍了各个实验实训的目的、基本理论,实验实训规程、过程,实验实训过程中可能出现的现象、结果以及实验实训报告要求等,目的是使学生熟悉高频常用电子仪器、仪表的使用,学会基本信号及其频谱的测量和分析方法,掌握各功能单元电路的测试与应用,加深对相应理论概念与理论知识的理解。第二部分是通信原理实训与实践环节,安排了11个综合实验,内容详实、步骤清晰,通过相对复杂一些的实验内容的研究,培养学生分析问题和解决问题的综合能力,有助于激发学生的创新精神。按照“实训项目产品化”的要求,通过实际项目的设计与制作,使学生受到完整的工程实践训练,从而初步掌握设计方法、制造工艺和调试技术,培养工程实践能力。由于各院校各专业教学对象的多样化,各院校各专业可根据不同的教学要求,选用各自相关内容。

本书着力打造一个立足实际充满创造性、逐步深化的“通信原理”课程实践平台,它既是现代通信原理模块基本技能与工艺的入门向导,又是学生在通信方面科技活动和启迪创新思维的开端。本书主要有以下主要特点:一是针对性强,针对应用型本科学生的实际情况和教育目标,由浅入深,循序渐进,实践性和可操作性强,便于教师教授,也可用于自学。二是层次明确,内容的编排由易到难,由基础性实验到综合性实验,由单元电路实验到产品设计与制作的综合实训,呈现明确的层次性、阶梯性,实训与实践环节使学生的能力培养逐步深化、逐次递进。三是注重实用性和可操作性,本书既适用于电子信息类、通信类专业,也可适用于电气类、机电类和计算机类专业;既可作为相应课程的实验指导书,也可作为其实训教程,适用范

围广泛。

本书由武晓明、武华任主编，武晓明组织策划并制定编写原则，编写了本书的第一部分；武华编写了本书的第二部分。

本书的出版得到了山东交通学院应用型人才培养改革重大项目课题、山东交通学院教研教改项目课题的支持。

由于编者水平有限，书中难免存在缺点和错误，敬请读者批评指正。

编 者

2015年6月

II

目 录

前言

第一部分 通信原理课程实训	1
实验 1 用户电话接口实验	1
实验 2 可编程数字信号产生实验	3
实验 3 接收滤波器与功放实验	8
实验 4 抽样定理及其应用实验	10
实验 5 PCM 编译码系统实验	15
实验 6 FSK(ASK)调制解调实验	19
实验 7 PSK DPSK 调制解调实验	24
实验 8 QPSK OQPSK 调制解调实验	31
第二部分 通信原理课程实践	36
实验 9 ADPCM 编译码系统实验	36
实验 10 CVSD 编译码系统实验	40
实验 11 AMI/HDB3 编译码系统实验	45
实验 12 位同步提取实验	49

实验 13 眼图观察测量实验	54
实验 14 数字频率合成实验	59
实验 15 卷积码编译码及纠错能力验证实验 ·	65
实验 16 汉明码编译码及纠错能力验证实验 ·	71
实验 17 汉明、交织码编译码及纠错能力 验证实验	76
实验 18 循环码编译码及纠错能力验证实验 ·	80
实验 19 基带信号的常见码型变换实验	84
附录 RZ8681 通信原理平台介绍	90
1 拨码器开关设置一览表	90
2 平台介绍及实验注意事项	93
3 DDS 信号源实验	96
参考文献	99

第一部分 通信原理课程实训

实验 1 用户电话接口实验

一、实验目的

- (1) 了解用户电话模块的工作原理；
- (2) 了解本模块在后续实验系统中的作用；
- (3) 熟悉本模块使用方法。

二、实验仪器

- (1) 用户电话模块（实物位置参见附录平台介绍）；
- (2) 时钟与基带数据发生模块，位号：G；
- (3) 100M 双踪示波器 1 台；
- (4) 电话单机 1 部。

三、实验原理

本模块提供用户模拟电话接口，图 1-1 是其电路结构示意图。J02A 是电话机的水晶头接口，U01 是 PBL38614 专用电话集成电路。它的工作原理是：

当对电话机的送话器讲话时，该话音信号从 PBL38614 的 TR 对应的引脚输入，经 U01 内部二四线转换处理后从 T 端输出。T 端的模拟电话输出信号经 P05 铜铆孔送出，可作为语音信号输出用。

当接收对方的话音时，送入 U01 芯片 R 端的输入信号可由 P06 铜铆孔送入。此时，在电话听筒中即可听到送入信号的声音。

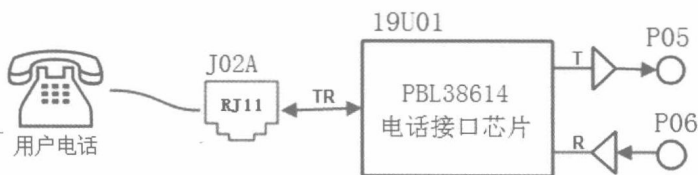


图 1-1 用户电话结构示意图

四、各可调元件及测量点的作用

J02A: 用户电话的水晶头接口。

P05: 用户电话语音发送信号输出铆孔。

P06: 用户电话语音接收信号输入铆孔。

五、实验内容及步骤

1. 加电

打开系统电源开关, 底板的电源指示灯正常显示。若电源指示灯显示不正常, 请立即关闭电源, 查找异常原因。

2. 测试电话接口发送信号

将电话单机插入用户电话模块水晶接头, 对着单机送话器说话或按住某个数字键不放, 用示波器测试用户电话发端 (P05 输出铆孔) 波形。

3. 测试电话接口接收信号

用信号连接线连接 P03 与 P06 铆孔, 将 DDS 信号送入用户电话的接收端, 调节信号输出为正弦信号, 并调节信号的频率和幅度, 听单机受话器输出的声音。

4. 关机拆线

实验结束, 关闭电源, 拆除信号连线, 将实验设备归位。

六、实验报告要求

(1) 简述用户电话接口电路工作原理。

(2) 记录电话数字键波形, 了解电话拨号的双音多频的有关技术。

实验 2 可编程数字信号产生实验

一、实验目的

- (1) 了解 Altera 公司的 CPLD 可编程器件 EPM240;
- (2) 了解本模块在实验系统中的作用及使用方法;
- (3) 掌握本模块中数字信号的产生方法。

二、实验仪器

- (1) 时钟与基带数据发生模块, 位号: G;
- (2) 100M 双踪示波器 1 台。

三、实验原理

CPLD 可编程模块(时钟与基带数据发生模块, 芯片位号: 4U01)用来产生实验系统所需要的各种时钟信号和数字信号。它由 Altera 公司的 CPLD 可编程器件 EPM240、下载接口电路(4J03)和一块晶振(4JZ01)组成。晶振用来产生 16.384MHz 系统内的主时钟, 送给 CPLD 芯片生成各种时钟和数字信号。本实验要求实验者了解这些信号的产生方法、工作原理以及测量方法, 理论联系实际, 提高实际操作能力。

m 序列是被广泛采用的伪随机序列之一, 除此之外, 还用到其他伪随机码, 如 Gold 序列等。本模块采用 m 序列码作为系统的数字基带信号源使用, 在示波器上可形成稳定的波形, 方便学生观测分析。下面介绍的 m 序列原理示意图和仿真波形图都是在 QuartusII 软件环境下完成的。其中, RD 输入低电平脉冲, 防止伪随机码发生器出现连 0 死锁, 其对应仿真波形的低电平脉冲; CLK 为时钟脉冲输入端; OUT 为 m 序列伪随机码输出。

图 2-1 和图 2-2 分别为三级 m 序列发生器原理图和其仿真波形图。在实验模块中的 clk 为 2kHz 时钟, 输出测试点为 4P02, m 序列输出测试点为 4P01。

图 2-3、图 2-4 为四级 m 序列发生器原理图和其仿真波形图。

图 2-5、图 2-6 为五级 m 序列发生器原理图和其仿真波形图。

图 2-7 中介绍是异步四级 2 分频电路, 其特点是电路简单, 但由于其后级触发器的触发脉冲要待前级触发器的状态翻转之后才能产生, 因此其工作速率较低。在对分频输出时钟的相位关系要求严格的情况下, 一般采用同步分频法, 具体实现原理请同学自己整理。图 2-8 为异步四级 2 分频电路仿真波形图。

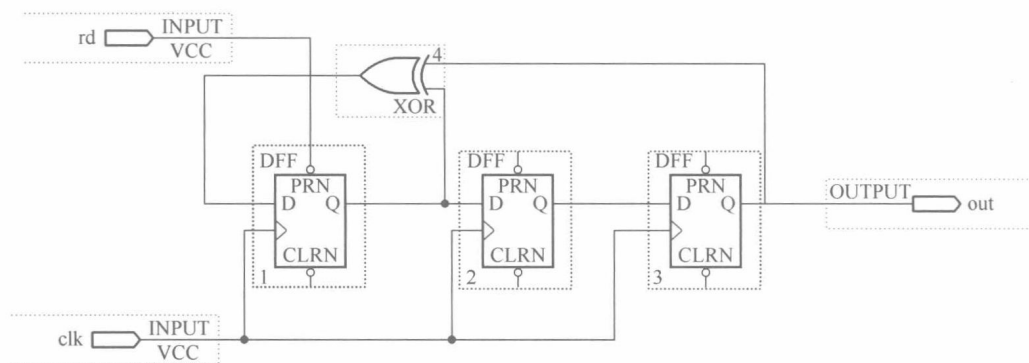


图 2-1 三级 m 序列发生器原理图 (M=7)

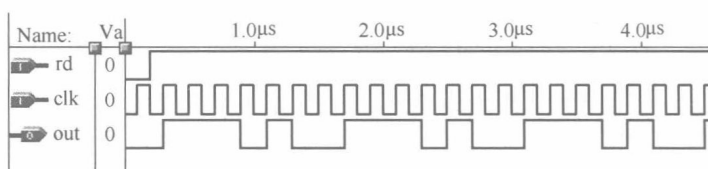


图 2-2 三级 m 序列仿真波形图

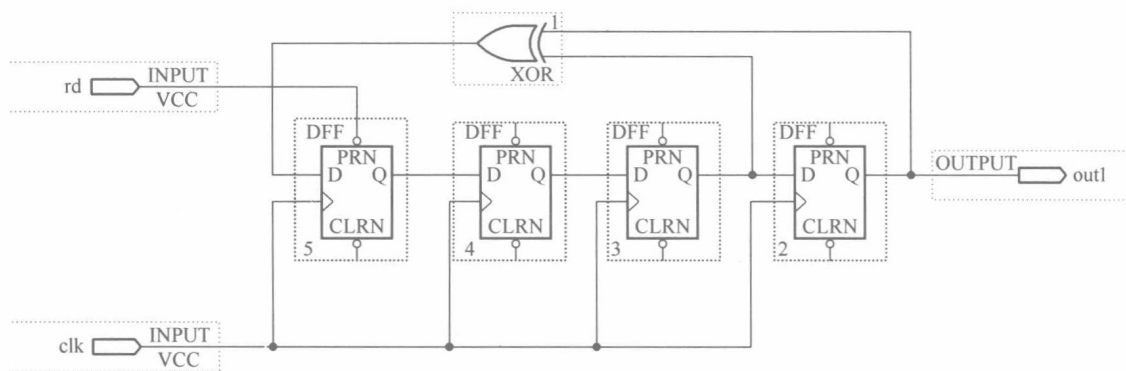


图 2-3 四级 m 序列发生器原理图 (M=15)

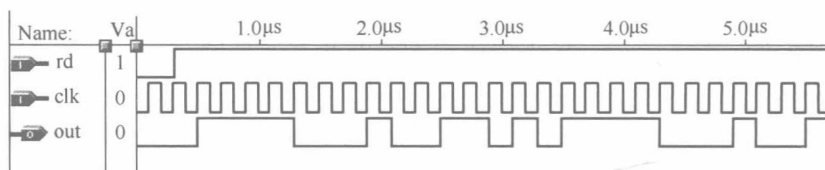


图 2-4 四级 m 序列仿真波形图

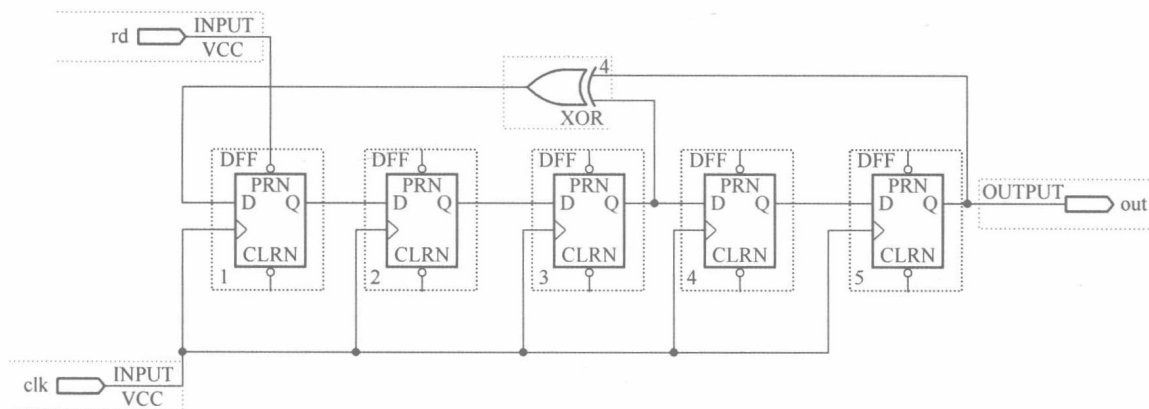


图 2-5 五级伪随机码发生器原理图

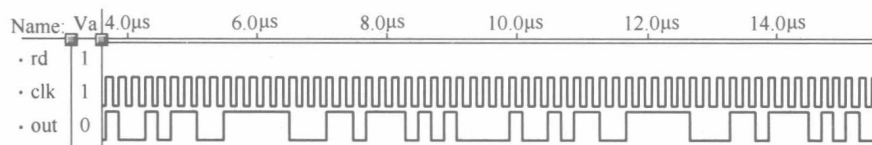


图 2-6 五级伪随机码仿真真波形图

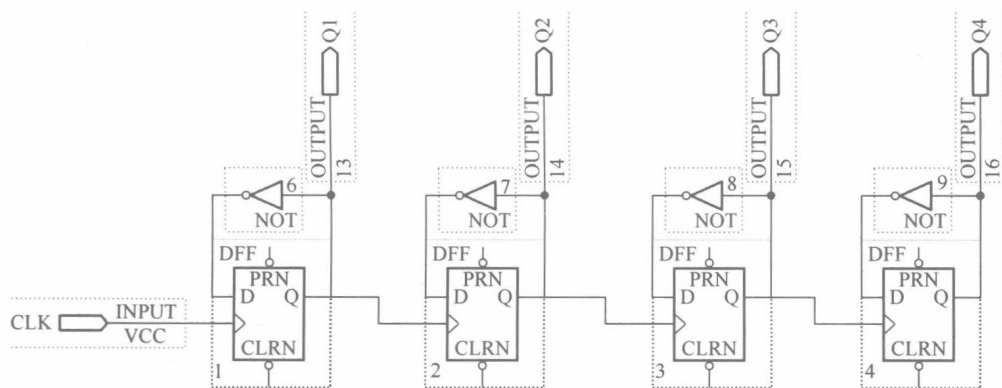


图 2-7 四级2分频原理图

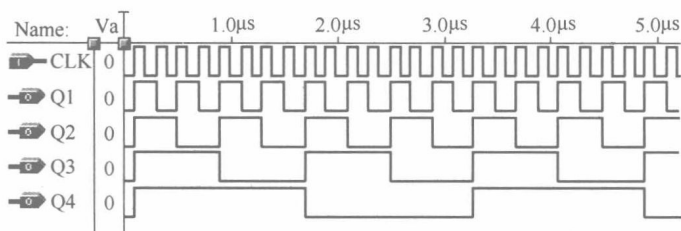


图 2-8 异步四级2分频仿真真波形图

另外,在本模块上设计了一个8位的拨码器和一个5位的拨码器。8位的拨码器用来设置8比特的数字信号源,5位的拨码器用来控制数字信号的速率、码型和其他模块的工作时钟,具体设置可参见附录中的拨码开关设置说明。

本模块上的EPM240芯片的编译环境是QuartusII软件。

四、各测量点的作用

本模块加电后即运行,输出各种数字信号和时钟,通过底板送到各个实验模块。

4P01: 输出m序列或4SW01设置的8比特串行数据,由4SW02拨码器控制。

4P02: 4TP01对应的码元时钟。

4P03: 4TP01对应的相对码。

4TP01: 4TP01对应的一些码型变换,由4SW02拨码器控制。

4TP02: 4TP01对应的码型变换时钟。

五、实验内容及步骤

1. 插入有关实验模块

在关闭系统电源的条件下:

将“时钟与基带数据发生模块”,插到底板“G”号位置插座上。

具体位置可见底板右上角的“实验模块位置分布表”,注意模块插头与底板插座的防呆口一致。

2. 加电

打开系统电源开关,底板的电源指示灯正常显示。若电源指示灯显示不正常,请立即关闭电源,查找异常原因。

3. 基带数据测量

(1) 拨码器4SW02设置“00000”,此时4P01输出15位2kHz伪随机码。用示波器测试4P01、4P02测试点。读出输出基带信号的速率和码序列,记录其波形。

(2) 拨码器4SW02设置“00001”,此时4P01输入15位32kHz伪随机码。用示波器测试4P01、4P02测试点。读出输出基带信号的速率和码序列,记录其波形。

(3) 拨码器4SW02设置“00010”,此时4P01输出511位2kHz伪随机码。用示波器测试4P01、4P02测试点。由于位数(码长)较长,示波器无法看清稳定的波形。

(4) 拨码器4SW02设置“00011”,此时4P01输出511位32kHz伪随机码。用示波器测试4P01、4P02测试点。由于位数(码长)较长,示波器无法看清稳定的波形。

(5) 拨码器4SW02设置“01110”或“01111”,此时4P01输出的波形为4SW01拨码器设置的64k的数据。改变拨码器4SW01设置,用示波器测试4P01、4P02测试点。读出输出基带信号的速率和码序列,记录其波形。

4. 关机拆线

实验结束，关闭电源，拆除信号连线，并按要求放置好实验模块。

六、实验报告要求

(1) 记录本模块产生的时钟和伪随机码序列，画出测试的波形图。

(2) 运用 QuartusII 软件，VDHL 语言或图形法设计产生一个多级 m 序列。写出设计过程和仿真结果。

实验3 接收滤波器与功放实验

一、实验目的

- (1) 了解接收滤波器与功放模块的组成结构；
- (2) 掌握接收滤波器与功放模块的使用方法。

二、实验仪器

- (1) 接收滤波器与功放模块（实物位置参见附录平台介绍）；
- (2) 时钟与基带数据发生模块，位号：G；
- (3) 100M 双踪示波器 1 台；
- (4) 信号连接线 2 根。

三、实验原理

本实验模块位于底板的右下侧，由低通滤波器、低频功放、喇叭等组成。可作为 PAM、PCM、CVSD 等通信模块的接收终端。其组成结构示意图如图 3-1 所示。

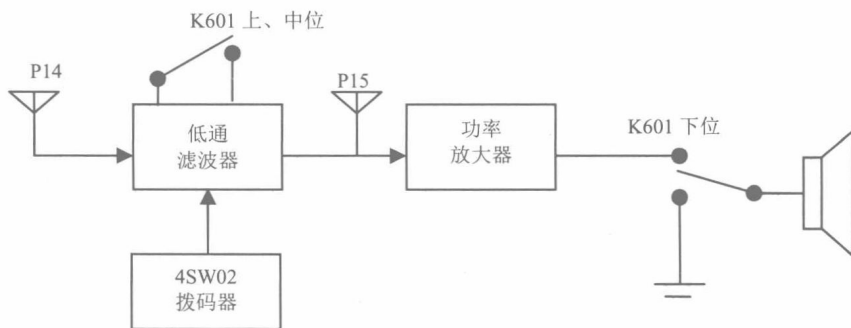


图 3-1 终端滤波放大器结构示意图

外加信号通过 P14 铆孔送入低通滤波器电路，低通滤波器带宽有 2.6kHz 和 5kHz 两种，由 K601 拨动开关上位、中位人工手动设置，经过低通滤波器滤波后的信号，可在 P15 测试点进行观测。滤波后的信号接着送入 LM386 构成的低频功率放大器，驱动小喇叭播放出声音，W09 可调节喇叭音量大小，K601 拨动开关下位可断开喇叭。实验者通过本模块喇叭播放功能，可感性的判断音频信号经编解码信道的传输质量。

四、各可调元件及测量点的作用

K601：上位，低通滤波器带宽为 2.6kHz；

中位, 低通滤波器带宽为 5kHz;

下位, 断开喇叭。

W09: 音频功率放大器输出功率的调节电位器, 注意音量不可调太大。

P14: 外加模拟信号输入连接铆孔。

P15: 经滤波器滤波后输出连接铆孔。

五、实验内容及步骤

1. 插入有关实验模块

在关闭系统电源的条件下:

将“时钟与基带数据发生模块”插到底板“G”号的位置插座上(具体位置可见底板右上角的“实验模块位置分布表”)。注意模块插头与底板插座的防呆口一致。

2. 信号线连接

用专用导线将 P03 (底板) 和 P14 (底板) 两铆孔连接。将测试信号送入后面的“接收滤波器与功放”。

3. 加电

打开系统电源开关, 底板的电源指示灯正常显示。若电源指示灯不亮或闪烁, 请立即关闭电源, 查找异常原因。

4. 滤波器测试用信号源选择与调节

采用 DDS 信号源输出, 将信号源调节到正弦波档, 用示波器监测 P03 测试点, 调节 SS01 使其频率最低, 峰—峰值 2V 左右。如用其他音频信号源亦可。

5. 截止频率 2.6k 滤波器测试

K601: 上位, 低通滤波器带宽为 2.6kHz, 用示波器监测 P15 测试点, 旋转调节 SS01, 测试其滤波器截止频率并作记录。(输出的信号幅度下降到 0.707 时所对应的频率为滤波器的截止频率。)

6. 截止频率 5k 滤波器测试

K601: 中位, 低通滤波器带宽为 5kHz, 用示波器监测 P15 测试点, 旋转调节 SS01, 测试其滤波器截止频率并作记录。

7. 关机拆线

实验结束, 关闭电源, 拆除信号连线, 并按要求放置好实验模块。

六、实验报告要求

(1) 画出实验过程结构示意图, 熟悉低通滤波器频率的设置。

(2) LM386 芯片常用来设计低频功率放大器, 请查找有关资料, 画出放大倍数分别为 20、50、200 的 LM386 构成的功放电路。

实验 4 抽样定理及其应用实验

一、实验目的

- (1) 通过对模拟信号抽样的实验，加深对抽样定理的理解；
- (2) 通过 PAM 调制实验，使学生能加深理解脉冲幅度调制的特点；
- (3) 学习 PAM 调制硬件实现电路，掌握调整测试方法。

二、实验仪器

- (1) PAM 脉冲调幅模块，位号：H；
- (2) 时钟与基带数据发生模块，位号：G；
- (3) 100M 双踪示波器 1 台；
- (4) 小平口螺丝刀 1 只；
- (5) 信号连接线 3 根。

三、实验原理

抽样定理表明：如果对某一带宽有限的时间连续信号（模拟信号）进行抽样，且抽样速率达到一定数值时，那么根据这些抽样值就能准确地还原原信号。这就是说，若要传输模拟信号，不一定要传输模拟信号本身，可以只传输按抽样定理得到的抽样值。

通常，按照基带信号改变脉冲参量（幅度、宽度和位置）的不同，把脉冲调制分为脉幅调制（PAM）、脉宽调制（PDM）和脉位调制（PPM）。虽然这三种信号在时间上都是离散的，但受调参量是连续的，因此也都属于模拟调制。关于 PDM 和 PPM，国外在 20 世纪 70 年代研究结果表明其实用性不强，而国内根本就没研究和使用过，所以这里就不做介绍。本实验平台仅介绍脉冲幅度调制，因为它是脉冲编码调制的基础。

抽样定理实验电路框图如图 4-1 所示，抽样定理原理框如图 4-2 所示。

本实验中需要用到以下 5 个功能模块。

1. DDS 信号源

它提供正弦波等信号，并经过连线送到“PAM 脉冲调幅模块”，作为脉冲幅度调制器的调制信号。P03 测试点可用于调制信号的连接和测量；另外，如果实验室配备了电话单机，也可以使用用户电话模块，这样验证实验效果更直接、更形象，P05 测试点可用于语音信号的连接和测量。

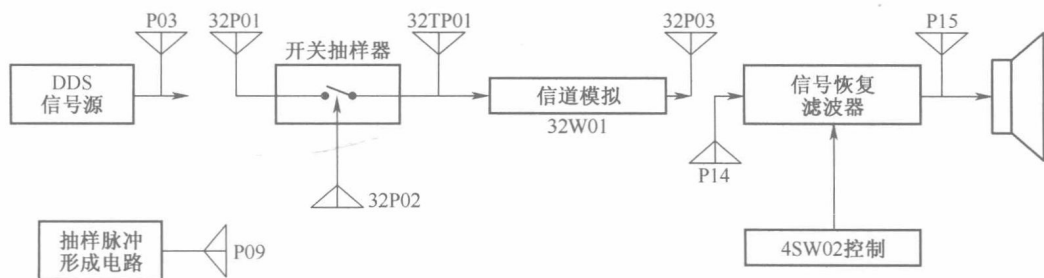


图 4-1 抽样的实验过程结构示意图

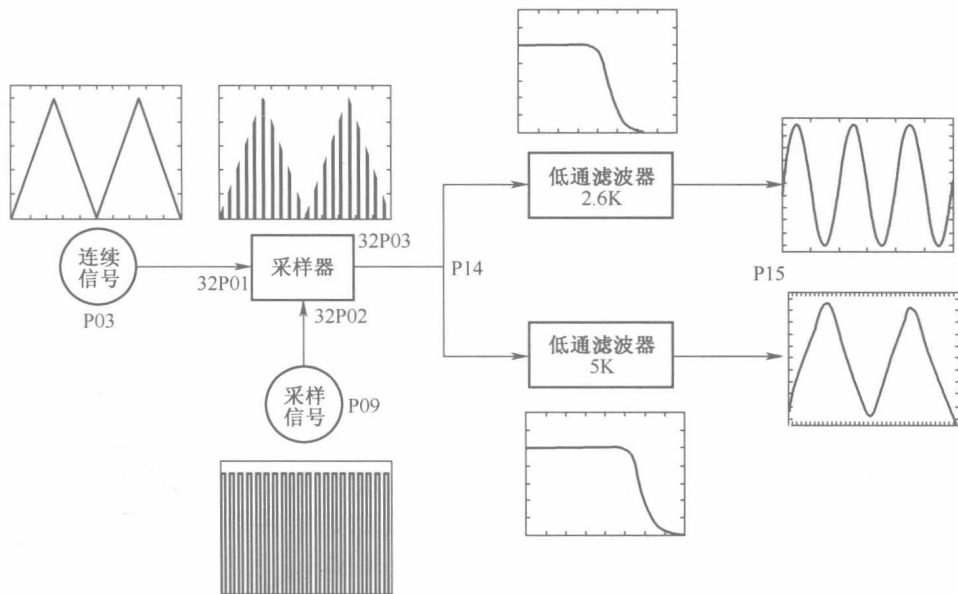


图 4-2 抽样定理原理框图

2. 抽样脉冲形成电路模块

它提供有限高度，不同宽度和频率的抽样脉冲序列，并经过连线送到“PAM 脉冲调幅模块”，作为脉冲幅度调制器的抽样脉冲。P09 测试点可用于抽样脉冲的连接和测量。该模块提供的抽样脉冲频率可调，占空比为 50%。

3. PAM 脉冲调幅模块

它采用模拟开关 CD4066 实现脉冲幅度调制。抽样脉冲序列为高电平时，模拟开关导通，有调制信号输出；抽样脉冲序列为低电平，模拟开关断开，无信号输出。因此，本模块实现的是自然抽样。在 32TP01 测试点可以测量到已调信号波形。

调制信号和抽样脉冲都需要外连线输入。已调信号经过 PAM 模拟信道（模拟实际信道的惰性）的传输，从 32P03 铆孔输出，它可能会产生波形失真。PAM 模拟信道电路示意图如