



# 通信原理 仿真平台 实验教程

● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ●

曾捷  
蔡良  
郑贤  
聂木  
张伟  
志朋

编著



科学技术文献出版社  
SCIENTIFIC AND TECHNICAL DOCUMENTATION PRESS

# 通信原理 仿真平台实验教程

曾 捷 蔡良伟 郑贤木 聂 伟 张志朋 编著

 科学技术文献出版社  
SCIENTIFIC AND TECHNICAL DOCUMENTATION PRESS

· 北 京 ·

## 图书在版编目 (CIP) 数据

通信原理仿真平台实验教程 / 曾捷等编著. —北京: 科学技术文献出版社, 2014.4

ISBN 978-7-5023-8743-3

I. ①通… II. ①曾… III. ①通信原理—实验—教材 IV. ①TN911-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 052968 号

## 通信原理仿真平台实验教程

策划编辑: 杜新杰 责任编辑: 杜新杰 任昱 责任校对: 张燕育 责任出版: 张志平

出 版 者 科学技术文献出版社  
地 址 北京市复兴路15号 邮编 100038  
编 务 部 (010) 58882938, 58882087 (传真)  
发 行 部 (010) 58882868, 58882874 (传真)  
邮 购 部 (010) 58882873  
官 方 网 址 <http://www.stdp.com.cn>  
发 行 者 科学技术文献出版社发行 全国各地新华书店经销  
印 刷 者 中印集团数字印务有限公司  
版 次 2014 年 4 月第 1 版 2014 年 4 月第 1 次印刷  
开 本 787×1092 1/16  
字 数 256 千  
印 张 12.25  
书 号 ISBN 978-7-5023-8743-3  
定 价 48.00 元



版权所有 违法必究

购买本社图书, 凡字迹不清、缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换

## 内 容 简 介

《通信原理仿真平台实验教程》是通信原理实验课程的教材，内容涵盖三大方面：基础实验、原理实验、综合实验。通过实验，使学生受到科学实验的基本训练，并掌握通信系统仿真和数字处理硬件的新方法。

《通信原理仿真平台实验教程》是在保留并吸收了原有通信原理实验箱的特色实验、经典实验的基础上，一方面结合通信原理课程的教学与改革，另一方面结合通信系统工程发展方向和工程实际应用而研发的又一个新一代系列教材。

本书适用于高等院校本科通信工程、信息工程、电子工程等专业，也可供工程科技人员参考。

本书采用灵活的模块化设计方法，在实验平台的公共部分上增加了多种接口技术，如无线接口、光纤接口、E1 接口、MODEM 接口、计算机数据接口、数字电话接口、模拟信号输入接口等。具有以下特点：

时代性：吸收最新科研成果，展示最新教学水平。

全面性：涵盖国内主流的《通信原理》、《现代通信系统原理》等统编教材。

实践性：设计成多层次教学。

启发性：注重举一反三、融会贯通。

## 前 言

《通信原理》课程是通信工程专业的重要专业基础课，学习通信原理不仅需要掌握理论知识，还要掌握实践知识。本书是我们在多年积累的教学经验和学校使用反馈意见的基础上编写的，保留了前几款实验箱的特色实验，扩展了实验模块的功能，加强了模块间的系统性实验，大大增加了实验内容。该教程突出体现理论知识的系统性和教学内容的稳定性，使学生能够掌握分析研究通信系统各种部件的基本方法，强调培养学生理论联系实际和研究、开发、创新的能力。

本书中实验内容涵盖三大方面：基础实验、原理实验、综合实验。仿真是通信理论到实践的桥梁，通过通信系统的仿真实验，使学生了解仿真的功能，培养仿真操作的基础能力。通过仿真不仅可以增加学生感性认识，加深对模拟通信和数字通信的基本概念的理解，还能很好地锻炼学生独立思考和科学实验能力，使学生对通信系统硬件实现有新的认识和新的思路。通过仿真，学生受到科学实验的基本训练，并掌握通信系统仿真和数字处理的硬件实现的新方法。

本书的附录，提供了与实验相关的数字示波器简易操作说明。

深圳大学信息工程学院《通信原理》课程组的老师们对实验内容及本书的编写给予了大力支持，作者在此表示衷心的感谢。

我们衷心希望该教材能为广大师生提供良好的参考，为教育事业发展做出应有贡献，由于水平所限，书中缺点错误在所难免，恳请广大读者批评指正。

深圳大学信息工程学院  
实验教材编写组  
2014年3月

## 实验室基本配置

### 一、基本仪器设备

|                  |      |
|------------------|------|
| 20MHz 双踪示波器      | 每组一部 |
| 万用表(指针式,如 500 型) | 每组一部 |

### 二、选配仪器设备

|                        |                |
|------------------------|----------------|
| 函数信号发生器                | 每 5 组一台或根据实情配置 |
| 数字存储 60MHz 示波器         | 每 5 组一台或根据实情配置 |
| 失真度仪                   | 每 5 组一台或根据实情配置 |
| 误码测试仪(如 RZ88521 型)     | 每 5 组一台或根据实情配置 |
| 信号处理与通信局用网(如 HD1024 型) | 选配             |
| 微机                     | 选配             |

## 拨码器开关设置一览表

在本实验平台上,我们采用了红色的拨码器来设置各种实验的参数。拨码器的白色开关:往上,记为1;往下,记为0。

### 一、“时钟与基带数据产生模块”5 位拨码开关 4SW02

S1:00000:4P01 铆孔,PN15 2K,15 位 m 序列 111101011001000

S2:00001:4P01 铆孔,PN15 32K,15 位 m 序列 111101011001000

S3:00010:4P01 铆孔,PN31 2K,31 位 m 序列 31 位 111110011010010000101011101 1000

S4:00011:4P01 铆孔,PN31 32K,31 位 m 序列 31 位 11111001101001000010101110  
11000

S5:00100:CVSD,编码速率 8K

S6:00101:CVSD,编码速率 16K

S7:00110:CVSD,编码速率 32K

S8:00111:CVSD,编码速率 64K

S9:01000:PCM,线路编码速率 64K

S10:01001:PCM,线路编码速率 128K(或标准 E1 速率)

S11:01010:接收滤波器截止频率 2.6K

S12:01011:接收滤波器截止频率 5.2K

S13:01100:接收滤波器截止频率 10.2K

S14:01101:待用

S15:01110:4SW01 拨码器设置数据(8bit 数据)64K

S16:01111:时分复用(4SW01 拨码器设置数据 64K, PCM 编码 64K、CVSD 编码 64K、滤波器 3.4K)。

下面是常见码型变换的开关设置:

S17:1X000:单极性归零编码

S18:1X001:双极性不归零

S19:1X010:双极性归零

S20:1X011:CMI

S21:1X100:曼彻斯特

S22:1X101:密勒

S23:1X110:PST

注: 1. 4P01 为原始基带数据。X=0 时为 4SW01 拨码器设置 8bit 数据,X=1 时为 15 位 m 序列。4TP01 为码型变换后输出数据。

2. 以上实验设置的各参数可根据学校要求定制。

## 二、“汉明、交织、循环编码模块”,“汉明、交织、循环传输模块”,“汉明、交织、循环译码模块”的拨码开关设置

编码:24SW01:0XXX 外部输入数据,64K

1XXX 读取 SW02 设置数据,往上为 1,往下为 0

X001 汉明,可外部输入数据。24SW02 四位数有效

X010 交织,可外部输入数据。24SW02 四位数有效

X111 卷积,可外部输入数据。24SW02 四位数有效

1100 循环,不可外部输入数据。24SW02 后三位数有效

传输:23SW01:开关往上,原编码数据取反;开关往下,原编码数据不变

译码:25SW01:开关设置与编码端 24SW01 后三位设置同即可,第一位待用。

## 三、“复接/解复接、同步技术模块”的 4 位拨码器开关 39SW01

1. 同步、再生和码型转换功能,数据从 39P01 输入

0001 2K 时钟提起。

0010 32K DPSK 时钟提起、相对码绝对码转换(对应于“时钟与基带数据产生模块”中生成的绝对码 4P01、相对码 4P03)。39P06 输出同步时钟,39P07 输出再生和码型转换后信号。

0011 32K PSK 时钟提起、再生。39P06 输出同步时钟,39P07 输出再生后信号。

2. 时分复接/解复接功能

1111 实现 4SW01 拨码器(8bit 数据)、PCM 编码、CVSD 编码等数据的时分复接解复接功能。

3. 码分复接/解复接功能

0111 实现 4SW01 拨码器(8bit 数据)、PCM 编码等数据的码分复接解复接功能。

4. 外部数据的绝对码与相对码转换功能

0100 绝相转换:基带绝对码输入铆孔 39P02;相对码输出铆孔 39P06;

相绝转换:相对码输入铆孔 39P01;基带绝对码输出铆孔 39P07;

基带绝对码速率为:2K 左右(可为计算机串口数据:波特率 2400)。

## 注 意 事 项

实验平台要求示波器最低配置为 20M 双踪模拟示波器,示波器的幅度档一般设置在 2V 档,探头 1X 无衰减。测量时黑色的接地夹子应先接地。

一般情况下,实验平台上元器件的标号都是按照模块划分的。如标号 58TP01,“58TP01”中的“58”表示模块的标号,即“XXX 模块”;“01”表示编号,“TP”表示常规测试点;“位:A”表示此模块需要安置在底板的标号为“A”位置,合起来即表示“XXX 模块”需安置在底板的标号为“A”位置,其中一个标号 58TP01 波形测量点(镀银测试针)。

另外,如标号为 58P01,即表示一个信号输入(输出)连接点(铜质铆孔),如铆孔边的箭头背离铆孔,即表示是信号输出连接点;如箭头指向铆孔,即表示信号输入连接点。本实验平台中,所有通信信号都是通过铆孔开放出来的,实验时需了解实验结构的基础上,用铆孔连接线连接构成所需实验系统。进行铆孔连接时,连接线接头插入铆孔后,轻轻旋转一个小角度,接头将和铆孔锁死;拔出时,回转一个小角度即可轻松拔出,切勿使用蛮力拉扯,以免插头针断在铆孔中。实验操作前,务必预习实验内容,在弄清楚实验要求和各模块功能的基础上,进行实验系统的连接构建。

电子元器件标号首字母的意思:TP 表示信号波形测量点,P 表示信号输入输出铜铆孔,U 表示芯片集成电路,R 表示电阻,C 表示普通电容,E 表示电解电容,J 表示接插件,JZ 表示晶振或晶体,K 表示选择开关等。

# 目 录

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 第一部分 基础实验 .....                      | 1  |
| 实验 1 555 自激多谐振荡器实验 .....             | 3  |
| 实验 2 模拟信号源实验 .....                   | 6  |
| 实验 3 CPLD 可编程逻辑器件实验 .....            | 10 |
| 实验 4 接收滤波放大器实验 .....                 | 15 |
| 实验 5 计算机串口实验 .....                   | 18 |
| 实验 6 数字光纤通信实验* .....                 | 22 |
| 第二部分 原理实验 .....                      | 25 |
| 实验 1 抽样定理及其应用实验 .....                | 27 |
| 实验 2 PCM 编译码系统实验 .....               | 32 |
| 实验 3 ADPCM 编译码系统实验 .....             | 36 |
| 实验 4 CVSD 编译码系统实验 .....              | 41 |
| 实验 5 FSK (ASK) 调制解调实验 .....          | 47 |
| 实验 6 PSK (DPSK) 调制解调实验 .....         | 52 |
| 实验 7 数字同步技术实验 .....                  | 58 |
| 实验 8 眼图观察测量实验 .....                  | 63 |
| 实验 9 数字频率合成实验 .....                  | 68 |
| 实验 10 卷积编译码及纠错能力验证实验 .....           | 73 |
| 实验 11 汉明码编译码及纠错能力验证实验 .....          | 78 |
| 实验 12 汉明、交织码编译码及纠错能力验证实验 .....       | 82 |
| 实验 13 循环码编译码及纠错能力验证实验 .....          | 85 |
| 实验 14 软件无线电技术实验之一 (FSK 调制解调) .....   | 89 |
| 实验 15 软件无线电技术实验之二 (BPSK 调制解调) .....  | 93 |
| 实验 16 软件无线电技术实验之三 (QPSK 调制解调) .....  | 96 |
| 实验 17 软件无线电技术实验之四 (OQPSK 调制解调) ..... | 99 |

|                    |                             |     |
|--------------------|-----------------------------|-----|
| 实验 18              | 软件无线电技术实验之五 (MSK 调制解调)      | 102 |
| 实验 19              | 软件无线电技术实验之六 (直接序列扩频 DS 编解码) | 105 |
| 实验 20              | 软件无线电技术实验之七 (AM 调制)         | 108 |
| 实验 21              | 软件无线电技术实验之八 (DSB 调制)        | 113 |
| 实验 22              | 软件无线电技术实验之九 (SSB 调制)        | 116 |
| 实验 23              | 基带信号的常见码型变换实验               | 121 |
| 实验 24              | AMI/HDB3 编译码实验              | 126 |
| 实验 25              | 线路成形与频分复用实验                 | 130 |
| 实验 26              | 码分复用解复用实验                   | 135 |
| 实验 27              | 信道均衡实验                      | 139 |
| 实验 28              | 集成乘法器幅度调制电路 *               | 144 |
| 第三部分 综合实验          |                             | 151 |
| 实验 1               | PCM、HDB3 传输系统实验             | 153 |
| 实验 2               | PCM、汉明码传输系统实验               | 155 |
| 实验 3               | PCM、汉明、交织码传输系统实验            | 157 |
| 实验 4               | CVSD、汉明码传输系统实验              | 159 |
| 实验 5               | CVSD、汉明、交织码传输系统实验           | 161 |
| 实验 6               | 时分复接/解复接系统实验                | 163 |
| 实验 7               | CVSD、PSK 传输系统实验             | 167 |
| 实验 8               | 通信信道误码仪测试实验                 | 169 |
| 实验 9               | 通信信道虚拟误码仪测试实验               | 171 |
| 实验 10              | 单台实验箱实现单工通信系统实验             | 174 |
| 实验 11              | 两台实验箱实现双工通信系统实验             | 177 |
| 附录 北京普源数字示波器简易操作说明 |                             | 180 |

# 第一部分

## 基础实验

<<<





## 实验 1 555 自激多谐振荡器实验

### 一、实验目的

1. 了解 555 内部结构原理和逻辑功能；
2. 掌握 555 构成的各种脉冲电路；
3. 了解 PAM 抽样脉冲形成模块的使用方法和有关参数。

### 二、实验仪器

1. 时钟与基带数据发生模块，位号：G
2. 频率计 1 台
3. 20M 双踪示波器 1 台

### 三、实验原理

555 定时器是一种功能强大的模拟数字混合集成电路，其组成电路框图如图 1-1 所示。它的功能表见表 1-1。555 定时器有两个比较器 A1 和 A2，有一个 RS 触发器，R 和 S 高电平有效。三极管 VT1 为跟随器，对清零信号起缓冲作用。三极管 VT2 作为开关使

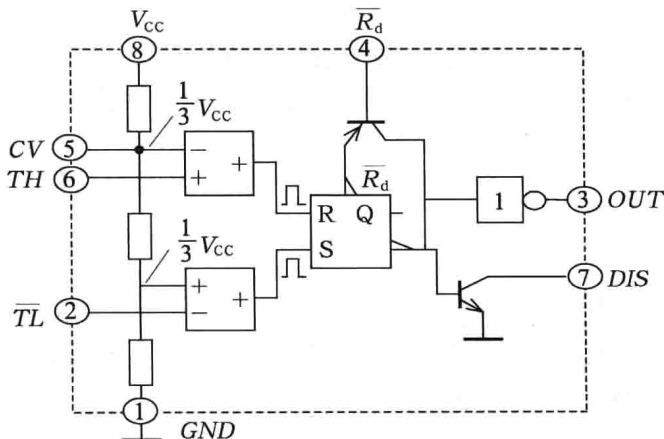


图 1-1 555 定时器电路框图

用,以便提高7端的负载能力。比较器的输入端有一个由三个 $5\text{k}\Omega$ 电阻组成的分压器,由此可以获得 $\frac{1}{3}V_{\text{cc}}$ 和 $\frac{2}{3}V_{\text{cc}}$ 两个分压值,一般称为阈值。555定时器的1脚是接地端 $GND$ ,2脚是低触发端 $TL$ ,3脚是输出端 $OUT$ ,4脚是清除端 $R_d$ ,5脚是电压控制端 $CV$ ,6脚是高触发端 $TH$ ,7脚是放电端 $DIS$ ,8脚是电源端 $V_{\text{cc}}$ 。555定时器的输出端电流可以达到 $200\text{mA}$ ,因此可以直接驱动与这个电流数值相当的负载,如继电器、扬声器、发光二极管等。

表 1-1 555 定时器功能表

| $CV$                                      | $TH$                         | $\overline{TL}$              | $\overline{R_d}$ | $OUT$                               | $DIS$                               |
|-------------------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 直<br>流<br>悬<br>空<br>或<br>交<br>流<br>接<br>地 | $\times$                     | $\times$                     | L                | L                                   | L 通                                 |
|                                           | $> \frac{2}{3}V_{\text{cc}}$ | $> \frac{1}{3}V_{\text{cc}}$ | H                | L      L<br>$\downarrow$ $\uparrow$ | L      通<br>$\downarrow$ $\uparrow$ |
|                                           | $< \frac{2}{3}V_{\text{cc}}$ | $> \frac{1}{3}V_{\text{cc}}$ | H                | L      H<br>$\downarrow$ $\uparrow$ | L      H<br>$\downarrow$ $\uparrow$ |
|                                           | $< \frac{2}{3}V_{\text{cc}}$ | $< \frac{1}{3}V_{\text{cc}}$ | H                | H      H<br>$\downarrow$ $\uparrow$ | H      断<br>$\downarrow$ $\uparrow$ |

由电路框图和功能表可以得出如下结论:

1. 555 定时器有两个阈值,分别是 $\frac{1}{3}V_{\text{cc}}$ 和 $\frac{2}{3}V_{\text{cc}}$ 。

2. 输出端3脚和放电端7脚状态一致,输出低电平对应放电管饱和,在7脚外接有上拉电阻时,7脚为低电平。输出高电平对应放电管截止,在有上拉电阻时,7脚为高电平。

3. 输出端状态的改变有滞回现象,回差电压为 $\frac{1}{3}V_{\text{cc}}$ 。

4. 输出与触发输入反相。

掌握这四条,对分析555定时器组成的电路十分有利。

本实验平台上,采用555定时器电路来产生后续实验的抽样脉冲,输出频率覆盖范围为 $2\sim 30\text{KHz}$ 。本模块位于底板的左下角。

## 四、实验设置

W05: 抽样脉冲频率调节电位器。

K02: 选择开关,“555”档,即输出555定时器产生的矩形脉冲。“C8”档,即输出与系统时钟同源的 $8\text{KHz}$ 的同步时钟。

P09: 抽样脉冲输出连接铆孔(注意铆孔下面标注的箭头方向。若箭头背离铆孔,说明此铆孔点为信号输出孔;若箭头指向铆孔,说明此铆孔点为信号输入孔)。

## 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下角的“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，模块位号与底板位号的一致。

### 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. 开关 K02 拨在“555”档。

4. 用示波器和频率计监测 P09 测试点，调节 W05 电位器，以免过载（由于本信号带负载能力有限，如果同时接示波器和频率计后，测试的波形可能会失真）。

5. 记录 P09 测试点波形的频率调节范围，画出最小、最大等至少三个频率点的波形，注明必要的文字说明。

### 6. 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 555 定时器内部结构原理示意图，简明叙述其工作原理。

2. 画出本实验模块输出脉冲波形的最小、最大等至少三个频率点的波形，注明必要的文字说明。

3. 整理出 555 定时器的几种常用功能的基本电路，分析其工作原理。

## 实验2 模拟信号源实验

### 一、实验目的

1. 了解本模块中函数信号产生芯片的技术参数;
2. 了解本模块在后续实验系统中的作用;
3. 熟悉本模块产生的几种模拟信号的波形和参数调节方法。

### 二、实验仪器

1. 时钟与基带数据发生模块, 位号: G
2. 频率计 1 台
3. 20M 双踪示波器 1 台
4. 小电话单机 1 部

### 三、实验原理

本模块主要功能是产生频率、幅度连续可调的正弦波、三角波、方波等函数信号(非同步函数信号), 另外还提供与系统主时钟同源的 2KHz 正弦波信号(同步正弦波信号)。在实验系统中, 可利用它定性地观察通信话路的频率特性, 同时用做 PAM、PCM、ADPCM、CVSD ( $\Delta M$ ) 等实验的音频信号源。本模块位于底板的左边。

#### 1. 非同步函数信号

它由集成函数发生器 XR2206 和一些外围电路组成, XR2206 芯片的技术资料可到网上搜索得到。函数信号类型由三档开关 K01 选择, 类型分别为三角波、正弦波、方波等; 峰值幅度范围 0 ~ 10V, 可由 W03 调节; 频率范围约 500Hz ~ 5KHz, 可由 W02 调节; 直流电平可由 W01 调节(一般左旋到底)。非同步函数信号源结构示意图, 见图 1-2。

#### 2. 同步正弦波信号

它由 2KHz 方波信号源、低通滤波器和输出放大电路三部分组成。

2KHz 方波信号由“时钟与基带数据发生模块”分频产生。U03 及周边的阻容网络组成一个截止频率为 2KHz 的低通滤波器, 用以滤除各次谐波, 只输出一个 2KHz 正弦波, 在 P04 可测试其波形。用其作为 PAM、PCM、ADPCM、CVSD ( $\Delta M$ ) 等模块的音频信号