



通信原理与 通信电路实验教程

王吉林 周 锋 卞金洪 陆 辉 编著

 江苏大学出版社
JIANGSU UNIVERSITY PRESS

通信原理与 通信电路实验教程

王吉林 周 锋 卞金洪 陆 辉 编著

图书在版编目(CIP)数据

通信原理与通信电路实验教程 / 王吉林等编著. —
镇江 : 江苏大学出版社, 2013. 11
ISBN 978-7-81130-602-6

I. ①通… II. ①王… III. ①通信原理—实验—高等学校—教材②通信系统—电子电路—实验—高等学校—教材 IV. ①TN91-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 294038 号

通信原理与通信电路实验教程

TONGXIN YUANLI YU TONGXIN DIANLU SHIYAN JIAOCHENG

编 著/王吉林 周 锋 卞金洪 陆 辉

责任编辑/吴昌兴 徐 婷

出版发行/江苏大学出版社

地 址/江苏省镇江市梦溪园巷 30 号(邮编: 212003)

电 话/0511-84446464(传真)

网 址/http://press. ujs. edu. cn

排 版/镇江新民洲印刷有限公司

印 刷/句容市排印厂

经 销/江苏省新华书店

开 本/787 mm×1 092 mm 1/16

印 张/14. 75

字 数/371 千字

版 次/2013 年 11 月第 1 版 2013 年 11 月第 1 次印刷

书 号/ISBN 978-7-81130-602-6

定 价/36. 00 元

如有印装质量问题请与本社营销部联系(电话:0511-84440882)

◎前 言◎

随着信息时代的发展,通信知识不仅是通信专业学生必须掌握的内容,而且已经成为电子类各专业学生需要学习了解的内容。通信相关的实验能够帮助并促进学生对课程教学内容中重点、难点知识的理解和掌握,并使学生对现代通信系统的组成和新技术及其工程实验有一个较全面的了解。

本书参考了教育部高等学校电子信息科学与工程类专业教学指导分委会编制的《高等学校电子信息科学与工程类本科指导性专业规范(试行)》及多所高等院校电子信息类相关专业通信原理、通信电子线路(高频电子)两门课程教学大纲,编选了70个代表性实验项目,以RZ8641型现代通信技术及RZ8653型高频电子线路实验系统为平台,采用“主板+实验模块”相结合的灵活结构,便于选择、定制、硬件升级,各模块既能完成相对应单元部件实验,又能由学生用各单元模块构建一个完整通信系统进行系统实验。通信原理部分除包括信源的模数转换、模拟调制、基带传输、数字调制、同步技术、信道纠错编码等基本通信原理实验外,还增加了软件无线电、各种复用复接技术等现代通信技术的实验,同时可升级增设光纤、信道均衡等模块进行相关的实验。通信电子线路部分各模块除可单独进行测试外,还可以将各模块相互连接组成调幅及调频无线发送和接收系统进行无线传输系统实验与性能测试,实验平台主板上配备有函数信号发生器、音乐信号、高频信号发生器、频率计等模块,选用便捷,实验单元模块标注实验原理图,便于结合理论知识进行学习和分析。

本书由盐城工学院信息工程学院王吉林、周锋、卞金洪及南京润众科技有限公司陆辉共同编写,王吉林任主编负责总体规划及全书统稿工作。在编写过程中得到了学院电子信息工程系同事们的支持和帮助,参阅了南京润众科技有限公司等相关技术资料,陈荣教授指导了本书的编写工作。此外,本书还得到了盐城工学院教材出版基金的资助,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,书中缺点错误在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者
2013年9月

目 录

第一部分 通信原理基础实验

实验 1.1	555 自激多谐振荡器实验	1
实验 1.2	模拟信号源实验	4
实验 1.3	CPLD 可编程逻辑器件实验	7
实验 1.4	接收滤波器与功放实验	11
实验 1.5	USB 接口实验	14
实验 1.6	调制信号接口实验	15

第二部分 通信基本原理实验

实验 2.1	抽样定理及 PAM 脉冲幅度调制实验	17
实验 2.2	PCM 编译码系统实验	21
实验 2.3	ADPCM 编译码系统实验	24
实验 2.4	CVSD 编译码系统实验	27
实验 2.5	FSK(ASK) 调制解调实验	32
实验 2.6	PSK QPSK 调制解调实验	37
实验 2.7	数字同步技术实验	47
实验 2.8	眼图观察测量实验	51
实验 2.9	数字频率合成实验	55
实验 2.10	卷积编译码及纠错能力验证实验	59
实验 2.11	汉明码编译码及纠错能力验证实验	64
实验 2.12	汉明、交织码编译码及纠错能力验证实验	67
实验 2.13	循环码编译码及纠错能力验证实验	69
实验 2.14	软件无线电技术实验之一(FSK 调制解调)	72
实验 2.15	软件无线电技术实验之二(BPSK 调制解调)	76
实验 2.16	软件无线电技术实验之三(QPSK 调制解调)	79
实验 2.17	软件无线电技术实验之四(OQPSK 调制解调)	82
实验 2.18	软件无线电技术实验之五(MSK 调制解调)	84
实验 2.19	软件无线电技术实验之六(AM 调制)	87
实验 2.20	软件无线电技术实验之七(DSB 调制)	90
实验 2.21	软件无线电技术实验之八(SSB 调制)	93
实验 2.22	基带信号的常见码型变换实验	96
实验 2.23	AMI/HDB3 编译码实验	101

实验 2.24	线路成形与频分复用实验	104
实验 2.25	时分复用与解复用实验	108
实验 2.26	码分复用与解复用实验	111

第三部分 通信系统实验

实验 3.1	PCM, HDB3 传输系统实验	115
实验 3.2	PCM、汉明码传输系统实验	116
实验 3.3	PCM、汉明、交织码传输系统实验	117
实验 3.4	CVSD、汉明码传输系统实验	118
实验 3.5	CVSD、汉明、交织码传输系统实验	120
实验 3.6	光纤时分复接/解复接系统综合实验	121
实验 3.7	单台实验箱实现单工通信系统实验	123
实验 3.8	两台实验箱实现双工通信系统实验	124
实验 3.9	通信信道误码仪测试实验	126
实验 3.10	通信信道虚拟误码仪测试实验	128
实验 3.11	集成乘法器幅度调制电路实验	130
实验 3.12	集成乘法器幅度解调电路实验	135
实验 3.13	变容二极管调频器实验	138
实验 3.14	耦合回路相位鉴频器实验	141
实验 3.15	手动频域均衡实验	143
实验 3.16	预置式自动时域均衡实验	146
实验 3.17	数字光纤通信实验	149
实验 3.18	虚拟仪器使用说明	152

第四部分 通信电子线路实验

实验 4.1	单调谐回路谐振放大器	154
实验 4.2	双调谐回路谐振放大器	158
实验 4.3	电容三点式 LC 振荡器	161
实验 4.4	石英晶体振荡器	166
实验 4.5	晶体三极管混频器实验	168
实验 4.6	集成乘法器混频器实验	170
实验 4.7	中频放大器	172
实验 4.8	集成乘法器幅度调制电路	174
实验 4.9	振幅解调器(包络检波、同步检波)	180
实验 4.10	高频功率放大与发射实验	186
实验 4.11	变容二极管调频器	193
实验 4.12	斜率鉴频与相位鉴频器	196
实验 4.13	锁相、频率合成与频率调制	198
实验 4.14	脉冲计数式鉴频器	204

实验 4.15	自动增益控制(AGC)	207
实验 4.16	调幅发送部分联试实验	209
实验 4.17	调幅接收部分联试实验	210
实验 4.18	调幅发射与接收完整系统的联调	211
实验 4.19	调频发射与接收完整系统的联调	214
实验 4.20	高频电路开发实验	215
附录一	拨码器开关设置一览表	221
附录二	RZ8653 型高频电子线路实验平台相关使用说明	227



第一部分

通信原理基础实验

实验 1.1 555 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. 抽样脉冲形成电路(参见图 1.1.1);
2. 时钟与基带数据发生模块,位号:G;
3. 频率计 1 台;

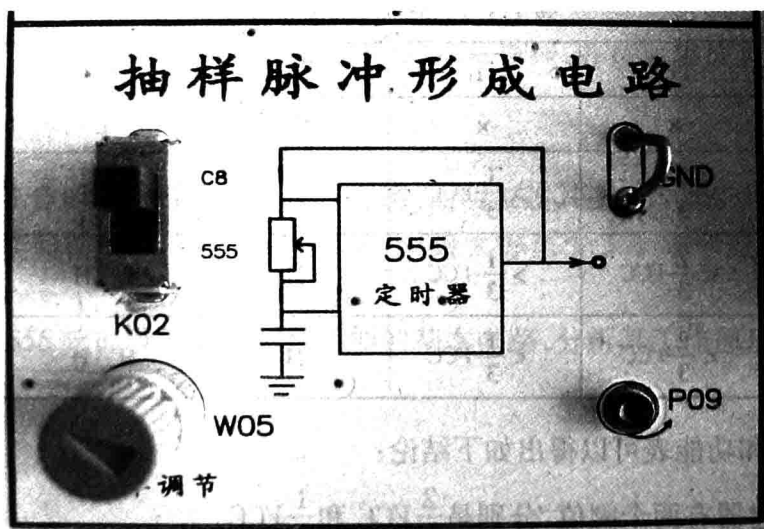


图 1.1.1 抽样脉冲形成电路

4. 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,它的作用是产生频率可调的脉冲波形,其组成电路框图如图 1.1.2 所示,功能见表 1.1.1。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 VT_1 为跟随器,对清零信号起缓冲作用。三极管 VT_2 作为开关使用,以便提高放电端 7 脚的负载能力。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 $\frac{2}{3}V_{CC}$ 和 $\frac{1}{3}V_{CC}$ 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 \overline{TL} ,3 脚是输出端 OUT,4 脚是清除端 $\overline{R_d}$,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_{CC} 。555 定时器的输出端电流可以达到 200 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。

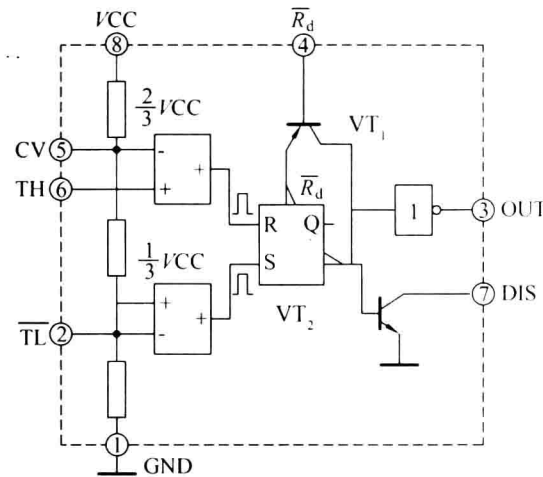


图 1.1.2 555 定时器电路框图

表 1.1.1 555 定时器功能表

CV	TH	\overline{TL}	$\overline{R_d}$	OUT	DIS
直流 悬空 或 交流 接地	x	x	L	L	L 通
	$> \frac{2}{3}V_{CC}$	$> \frac{1}{3}V_{CC}$	H	L L ↓ ↑	L 通 ↓ ↑
	$< \frac{2}{3}V_{CC}$	$> \frac{1}{3}V_{CC}$	H	L H ↓ ↑	L H ↓ ↑
	$< \frac{2}{3}V_{CC}$	$< \frac{1}{3}V_{CC}$	H	H H ↓ ↑	H 断 ↓ ↑

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 $\frac{2}{3}V_{CC}$ 和 $\frac{1}{3}V_{CC}$ 。
- (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 $\frac{1}{3}V_{CC}$ 。

(4) 输出与触发输入反相。

掌握这4条结论对分析555定时器组成的电路十分有利。

本实验平台采用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2~30 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 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) 抽样脉冲形成电路模块中的开关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(由于本信号带负载能力有限,如果同时接示波器和频率计,则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3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

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3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 1.2 模拟信号源实验

一、实验目的

1. 了解函数信号产生芯片的技术参数。
2. 了解在后续实验系统中的作用。
3. 熟悉该芯片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. 非同步函数信号、同步正弦波信号、模拟电话接口模块；
2. 时钟与基带数据发生模块,位号:G；
3. 频率计 1 台；
4. 20M 双踪示波器 1 台；
5. 小电话单机 1 部。

三、实验原理

本模块(模拟信号源)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 2 kHz 正弦波信号(同步正弦波信号)和模拟电话接口。在实验系统中,可利用它定性地观察通信话路的频率特性,同时用作 PAM,PCM,ADPCM,CVSD(ΔM)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(参见图 1.2.1)

它由集成函数发生器 XR2206 和一些外围电路组成,XR2206 芯片的技术资料可通过网

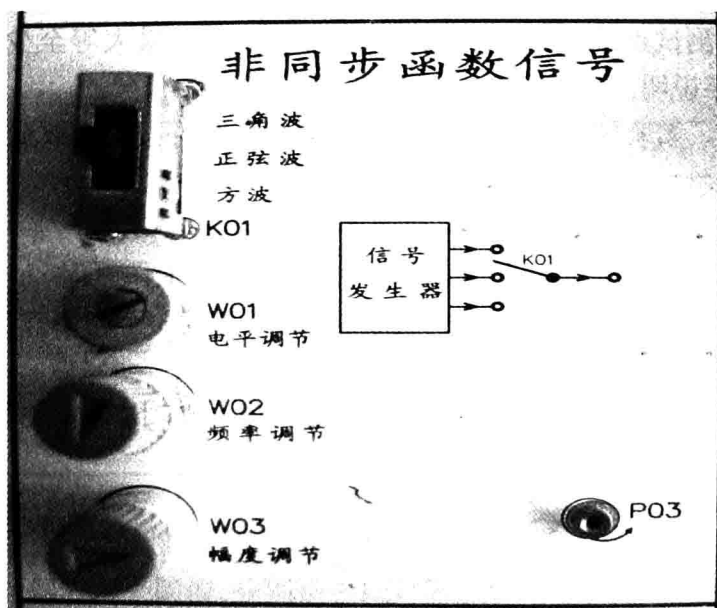


图 1.2.1 非同步函数信号



络搜索得到。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;峰峰值幅度范围 0 ~ 10 V,可由 W03 调节;频率范围为 500 Hz ~ 5 kHz,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。

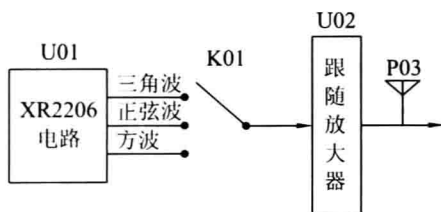


图 1.2.2 非同步函数信号源结构示意图

2. 同步正弦波信号(参见图 1.2.3)

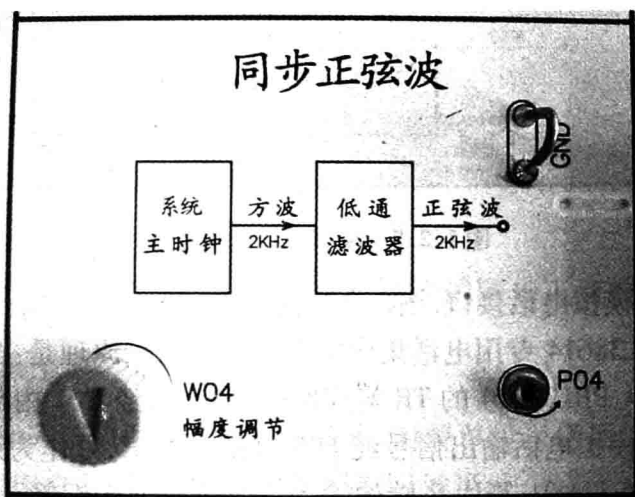


图 1.2.3 同步正弦波信号

它由 2 kHz 方波信号源、低通滤波器和输出放大电路三部分组成。

2 kHz 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 2 kHz 的低通滤波器,用以滤除各次谐波,只输出一个 2 kHz 正弦波,在 P04 可测试其波形。可将其作为 PAM, PCM, ADPCM, CVSD(ΔM) 等模块的音频信号源,其编码数据可在普通模拟示波器上形成稳定的波形,便于实验者观测。

W04 用来改变输出同步正弦波的幅度。同步函数信号源结构示意图见图 1.2.4。

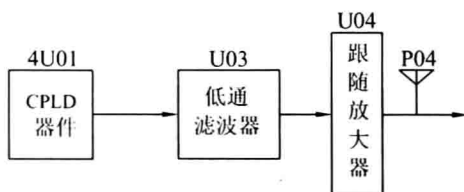


图 1.2.4 同步函数信号源结构示意图

3. 模拟电话输入电路(参见图 1.2.5)

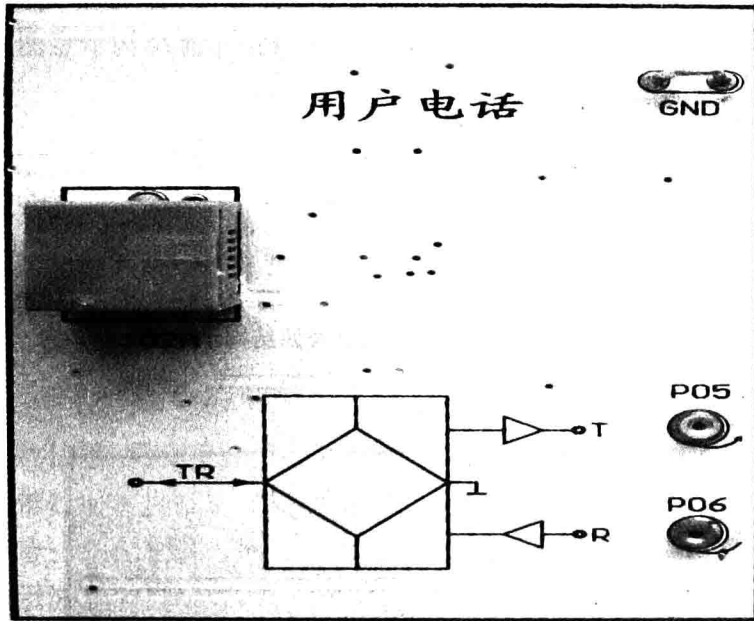


图 1.2.5 模拟电话输入电路

本模块提供用户模拟电话接口,图 1.2.6 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。

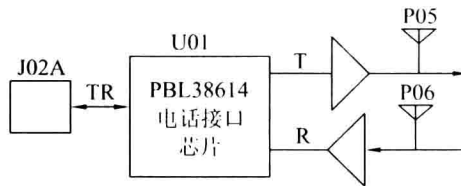


图 1.2.6 用户电话结构示意图

四、各可调元件及测量点的作用

K01: 非同步函数信号类型选择,正弦波、三角波、方波。

W01: 非同步函数信号的直流电平调节,调节范围至少为 0 ~ 2 V,视信号幅度而定,一般调节为 0 V(出厂前已调好,该电位器可不调节)。

W02: 非同步函数信号的频率调节,一般使用频率值范围为 1 ~ 4 kHz。

W03: 非同步函数信号的幅度调节,一般使用峰峰值范围为 0 ~ 4 V。

P03: 非同步函数信号的输出连接铆孔。

W04: 同步函数信号的幅度调节,一般使用峰峰值范围为 0 ~ 4 V。

P04: 同步正弦波信号的输出连接铆孔。



J02A:用户电话 A 的水晶头接口。

P05: 用户电话 A 语音发送信号输出铆孔。

P06: 用户电话 A 语音接收信号输入铆孔。

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. 非同步函数信号源测试

频率计和示波器监测 P03 测试点,按上述设置测试非同步函数信号源输出信号波形,记录其波形参数。

4. 同步正弦波信号源测试

频率计和示波器监测 P04 测试点,按上述设置测试同步正弦波信号源输出信号波形,记录其波形参数。

5. 用户电话测试

(1) 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。

(2) 用信号连接线连接 P03 与 P06(或 P08)铆孔,即将函数信号送入电话的接收端,调节信号的频率和幅度,听听筒中发出的声音。

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

1. 记录非同步函数信号和同步信号的幅度、频率等参数,画出测试的波形图。
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 1.3 CPLD 可编程逻辑器件实验

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. 20M 双踪示波器 1 台;
3. 频率计 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 CPLD 可编程器件 ALTERA 公司的 EPM240、下载接口电路(4J03)和一块晶振(4JZ01)组成。晶振用来产生 16.384 MHz 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 序列是最被广泛采用的伪随机序列之一。除此之外,还用到了其他伪随机码,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 MAX + PLUS II 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 1.3.1、图 1.3.2 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 2 kHz 时钟,输出测试点为 4P02, m 序列输出测试点为 4P01。

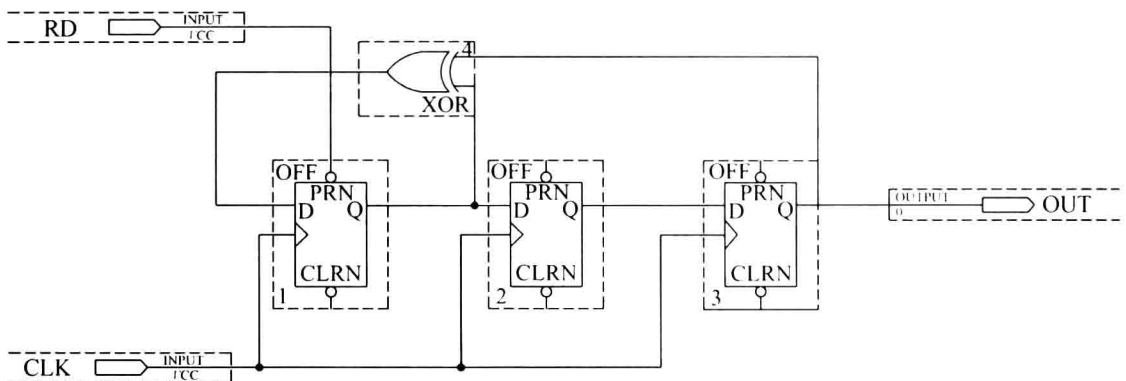


图 1.3.1 三级 m 序列发生器原理图 (M=7)

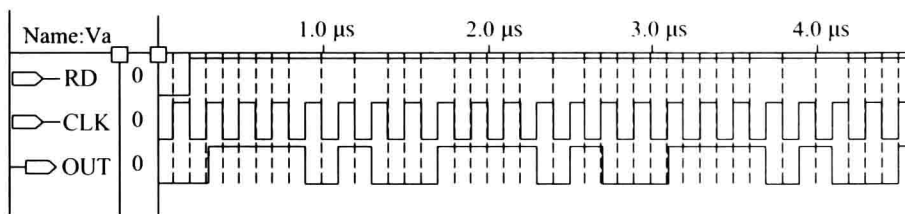


图 1.3.2 三级 m 序列仿真波形图

图 1.3.3、图 1.3.4 分别为四级 m 序列发生器原理图和其仿真波形图。

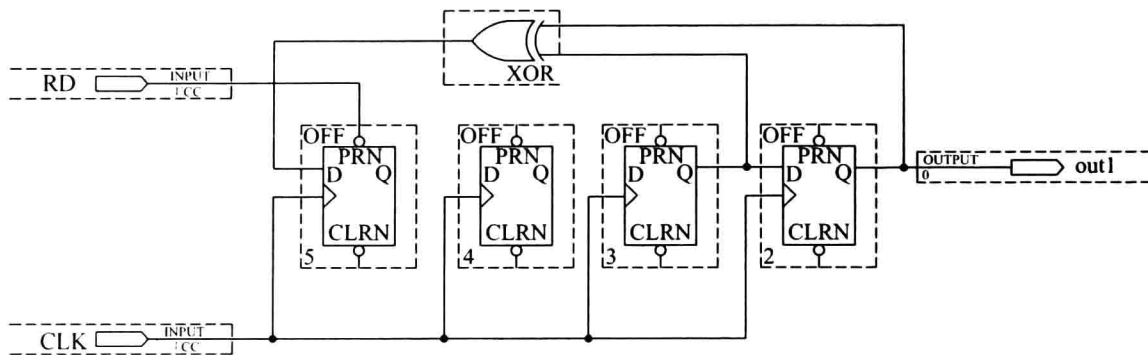


图 1.3.3 四级 m 序列发生器原理图 (M = 15)

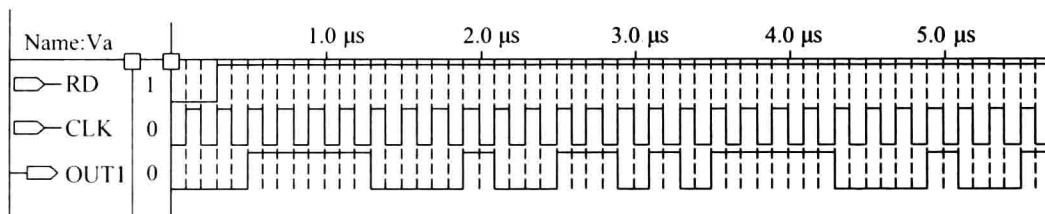


图 1.3.4 四级 m 序列发生器仿真波形图

图 1.3.5、图 1.3.6 为五级 m 序列发生器原理图和其仿真波形图。

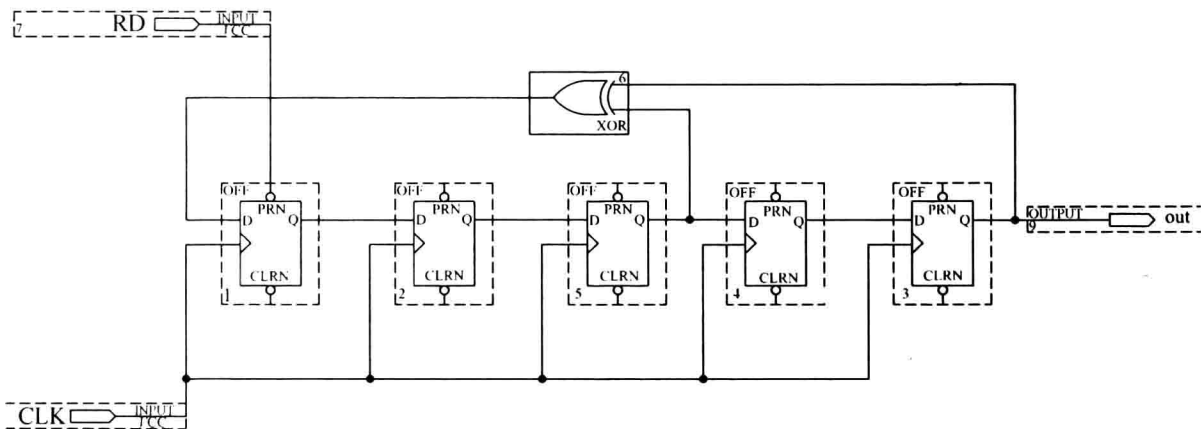


图 1.3.5 五级伪随机码发生器原理图

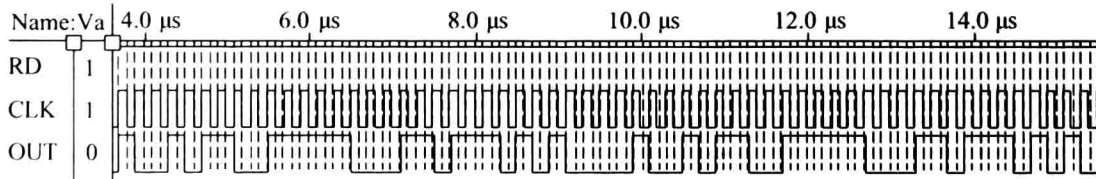


图 1.3.6 五级伪随机码发生器仿真波形图

图 1.3.7 是异步四级 2 分频电路,其特点是电路简单,由于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,具体实现原理请读者整理。图 1.3.8 为异步四级 2 分频电路仿真波形图。

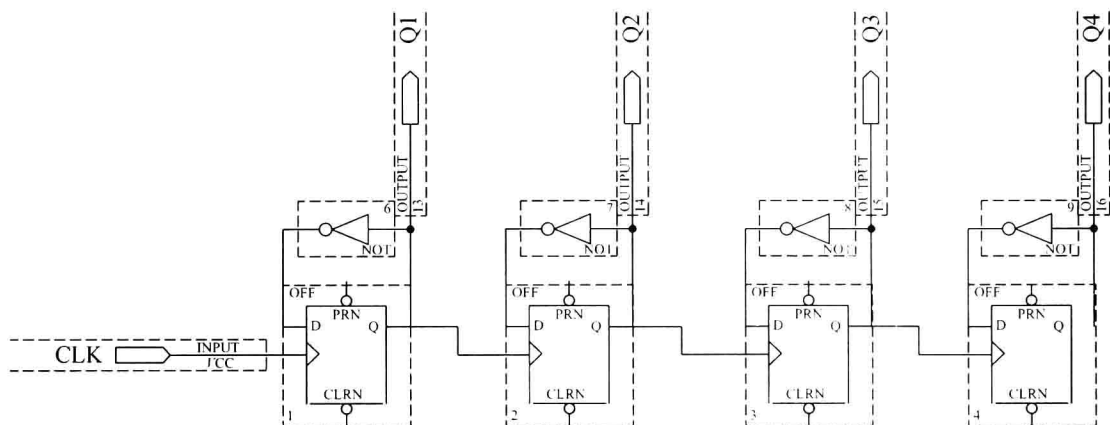


图 1.3.7 四级 2 分频原理图

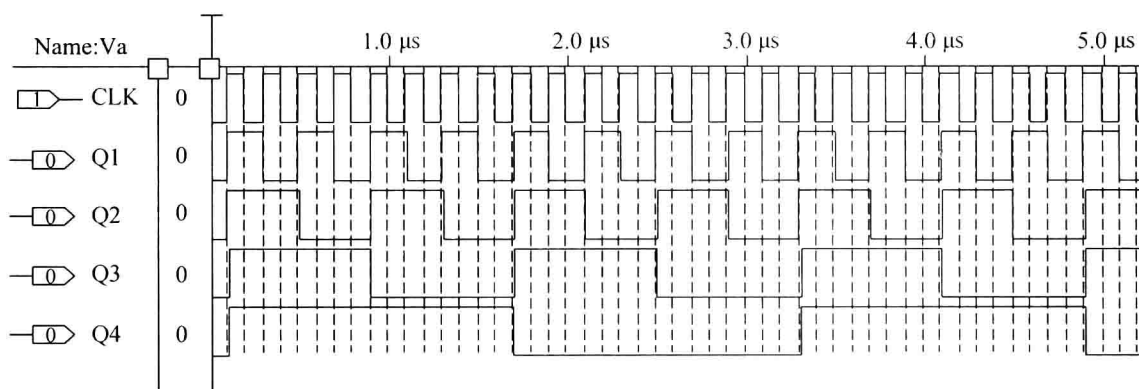


图 1.3.8 四级 2 分频仿真波形图

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“附录一”中的拨码开关设置说明。

本模块上的 EPM240 芯片的编译环境是 Quartus II 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。

4TP01:4P01 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。