

普通高等院校电气电子类规划系列教材

PUTONG GAODENG YUANXIAO DIANQI DIANZILEI GUIHUA XILIE JIAOCAI

数字电子技术 实验指导

SHUZI DIANZI JISHU
SHIYAN ZHIDAO

主编 \ 刘 涇

主审 \ 姚远程



西南交通大学出版社

[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

普通高等院校电气电子类规划系列教材

数字电子技术实验指导

主编 刘 涇

主审 姚远程

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

数字电子技术实验指导: 含实验报告 / 刘涇主编.
—成都: 西南交通大学出版社, 2011.8
普通高等院校电气电子类规划系列教材
ISBN 978-7-5643-1332-6

I. ①数… II. ①刘… III. ①数字电路—电子技术—
实验—高等学校—教学参考资料 IV. ①TN79-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 162205 号

普通高等院校电气电子类规划系列教材

数字电子技术实验指导

(含实验报告)

主编 刘涇

责任编辑	高 平
特邀编辑	宋彦博
封面设计	何东琳设计工作室
出版发行	西南交通大学出版社 (成都二环路北一段 111 号)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	http://press.swjtu.edu.cn
印 刷	成都蓉军广告印务有限责任公司
成品尺寸	185 mm×260 mm
总 印 张	12.5
总 字 数	256 千字
版 次	2011 年 8 月第 1 版
印 次	2011 年 8 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-1332-6
套价(含光盘)	28.50 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前言

电子技术基础实验是配合电子技术基础理论课程的一个关键环节，是学生进一步认识和理解电子技术理论的重要步骤，其目的是通过实验达到对电子技术基础理论重要知识点的实践层理解，为将来的工程应用打下良好基础。要想很好地掌握电子技术基础，除了要从理论层面认真学好有关电子元器件、通用集成电路及基本电路的原理和分析方法外，还要掌握它们的具体应用。电子技术基础实验就是电子技术基础理论的具体应用的入门，实验指导书是这一教学环节中在理论教材基础上的指导。

本书是数字电子技术实验指导书。全书内容分为4个模块：

(1) 基础实验模块。通过本模块的学习，同学们应学会基本的实验方法。这一模块按通常的实验教学模式进行。

(2) 自学开放性实验模块。在这一模块的学习过程中，学生应根据自己在第一模块中掌握的实验方法、技能，进一步对自己已有理论知识进行深入的理解、消化、掌握。该模块在开放实验室或仿真环境中进行。

(3) 自主开放性实验模块。该模块也在开放实验室或仿真环境中进行。它与第二模块的主要区别是，学生根据第一、第二模块的学习，尝试着自己根据问题编写实验指导，为将来的应用和继续提高打下坚实基础。这一部分实验只给出了部分内容，要靠学生自己完善，并完成实验。比如，给出了引脚正确的设计参考图，但没有给出IC具体型号，要靠学生自己设计、查找。当然，也可以不参考该图。

(4) 附录。这一部分主要收集一些完成第一模块实验必需的技术资料，以及第二、第三模块资料查找方向。

另外，本书配有一张光盘，介绍了常用电子仪器、仪表的使用方法，以便学生对示波器、信号发生器等有更直观的了解。

第二、第三模块是属于“差别化教学”的内容，暂不对学生做统一要求。

本实验指导书的特点如下：

(1) 重提“验证性实验”的应有地位，在第二模块编入一定量的验证性实验。

(2) 根据学时合理地调整教学实验的内容，留“本”去“末”，将每个教学实验内容调整到合理的量上，被压缩的重要内容自然地放到第二、第三模块，让同学们课余进行。

(3) 增加“返璞归真”“求本溯源”的实验，重点放在目前仍在应用并不断发展的基础理论知识点上，如分立器件和运放组成的D/A和A/D。

(4) 突出对学生专业“判断力”和工程素质的培养和提高。在实验中突出如何判断所用元器件、仪器仪表、专用导线的好坏，对与工程素质密切相关的实验步骤有严格的要求。

(5) 创新附录的编写方式，锻炼学生查找资料的能力。强调利用计算机网络查找资料的重要性。同学们将在广泛的查询中获得知识，提高自己的专业判断力和自主学习精神。

(6) 强调仿真软件在电子技术基础理论实验中的重要性。仿真软件是自主学习的优秀教师。

使用本书进行教学的最佳硬件条件是独立的教学实验室和开放性实验室。两者不能混合使用,混合使用可能会由于设备的原因使基础实验教学的质量得不到保证。目前还没有独立的开放性电子实验室的学校也可用仿真环境暂代开放性实验室。

本书是以多年实验教改项目的成果作为支撑,总结作者多年教学经验编写而成的。在编写过程中还参照了《高等学校国家级示范中心建设标准》和《高等学校本科教育工作提高教学质量的若干意见》的要求以及目前“卓越工程师”的培养目标。

本书由西南科技大学信息工程学院刘涇担任主编。具体编写分工如下:实验 1、实验 14、实验 19、附录 2 由胥学金编写;实验 3、实验 7、实验 22、实验 23 由方艳红编写;实验 2、实验 17、实验 18 由张小京编写;实验 6、附录 2 由刘春梅编写;林伟参与了附录 5 的编写;附录中的图片均由林伟老师采集,其余内容均由刘涇编写。

本书由姚远程教授担任主审。姚远程教授对本教材进行了全面认真的审阅,并提出很多宝贵的意见,在此表示衷心的感谢。主管学院教学工作的尚丽平博士对本书的前言和架构均提出宝贵的意见,在此表示感谢。

我的学生张守峰、周凤、祁文洁、贺梅、刘勇军同学为本书内容的绘图、仿真和手稿录入做了许多工作,在此一并表示感谢。

本指导书也参考了天煌科技实业有限公司实验设备的配套实验指导讲义和本学院在此之前使用的实验指导自编讲义的内容,在此对参加过这些实验指导讲义编写的老师一并致谢。

由于本书提倡仿真工具在实验中的应用,所以本书还可作为网教、自考、电大等成人教育的无线电、电子对抗、自动化、电气工程、计算机、安全工程等专业的实验教材。

由于编者水平及时间有限,书中不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2011 年 5 月

目 录

模块一 基础实验

实验 1	双踪示波器的使用及门电路功能测试	1
实验 2	用 SSI 逻辑器件设计 组合逻辑电路	6
实验 3	用 MSI 逻辑器件设计组合逻辑电路	9
实验 4	组合逻辑电路竞争冒险现象的验证	12
实验 5	基本触发器逻辑功能测试及应用	15
实验 6	用计数器设计简单秒表	20
实验 7	移位寄存器及其应用	23
实验 8	脉冲分配器的设计及应用	27
实验 9	智力竞赛抢答器的设计	30
实验 10	串行累加器的设计	33

模块二 自学开放性实验

实验 11	晶体管、场效应管的开关特性及其简单应用	36
实验 12	TTL、CMOS 集成逻辑门的参数测试及简单应用	40
实验 13	TTL 集电极开路门与三态输出门的应用	45
实验 14	2 位数值比较器	52
实验 15	计数器与触发器	55
实验 16	基本逻辑门的简单应用	58
实验 17	编码器	62
实验 18	译码器	65
实验 19	555 集成定时器的应用	68
实验 20	分立器件和运放组成的 D/A 电路	73
实验 21	分立器件和运放组成 A/D 电路	76
实验 22	集成电路 D/A 转换实验	80
实验 23	集成电路 A/D 转换实验	83

模块三 自主开放实验

实验 24	半导体存储电路实验	86
实验 25	数字电容测试仪设计	89
实验 26	数字频率计设计	92
实验 27	数字电子琴设计	95
实验 28	数字电压表设计	98
实验 29	数据采集系统的设计	100
实验 30	数字钟设计	103
实验 31	读图训练一	106
实验 32	读图训练二	108
附录一	数字电路 IC 基本知识	110
附录二	常用仪器仪表简介	112
附录三	数字电路测试及故障查找与排除	118
附录四	基础实验所用集成电路引脚图	120
附录五	实验设备简介	123
附录六	常用电子技术仿真软件简介	129
参考文献		151
后 记		152

模块一 基础实验

实验 1 双踪示波器的使用及门电路功能测试

一、实验目的

- (1) 熟悉双踪示波器面板图，掌握面板上旋钮、按键的作用和调节方法。
- (2) 学会测量脉冲信号源的幅值、周期、上升沿时间、下降沿时间、脉冲相位差。
- (3) 学会门电路功能测试的方法。
- (4) 了解仿真软件中的双踪示波器的使用方法。

二、预习要求

- (1) 结合实验内容和思考题，阅读本指导书附录，观看光盘内容，了解实验环境，熟悉双踪示波器、信号源、万用表的工作原理、性能指标、面板图及面板上旋钮和按键的作用和调节方法。
- (2) 了解注意事项，学习实验规则及安全用电常识。
- (3) 学习实验报告要求和规范，学会撰写实验报告。

三、实验原理

1. 示波器工作原理

示波器的电路框图和工作原理如图 1.1 和图 1.2 所示。

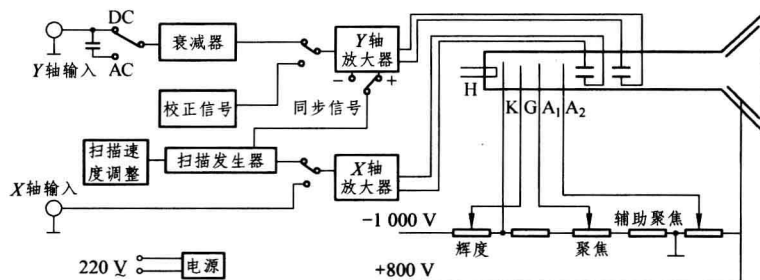


图 1.1 示波器电路框图

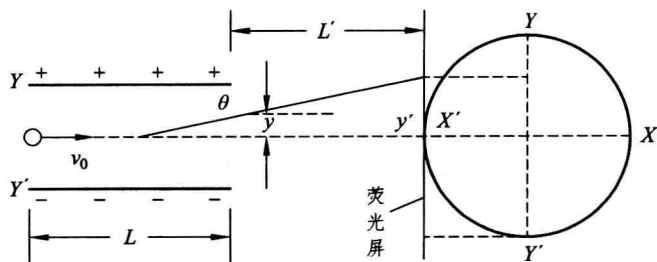


图 1.2 示波器工作原理图

2. 本实验逻辑门原理

(1) 四 2 输入与非门 (IC 型号 74LS00, 引脚图见附录四):

$$F = \overline{AB}$$

(2) 四 2 输入与门 (IC 型号 74LS08, 引脚图见附录四):

$$F = AB$$

(3) 四 2 输入异或门 (IC 型号 74LS86, 引脚图见附录四):

$$F = A \oplus B$$

(4) 双 4 输入与非门 (IC 型号 74LS20, 引脚图见附录四):

$$F = \overline{ABCD}$$

四、实验内容与步骤

1. 基本要求

- (1) 熟悉电子实验室现有实验设备的各种功能, 并能灵活应用这些功能。
- (2) 用示波器测试本机的“CAL”信号, 将结果填入表 1.1 中。

表 1.1 CAL 信号测量结果

信号	相关参数	测量数据	波形图
CAL 信号	偏转灵敏度 (V/div)		
	波形的峰-峰高度 H_y (格)		
	峰-峰电压 U_{p-p}		
	扫描速度 (t/div)		
	一个周期的宽度 H_x (格)		
	信号周期 T (s)		
	信号频率 f (Hz)		

(3) 测量方波信号的上升沿时间、下降沿时间、脉冲宽度等参数。

用函数信号发生器输出频率为 1 MHz、峰-峰值为 5.0 V 的方波信号,用示波器测量表 1.2 中列出的各相关参数,绘出波形图,并填于表 1.2 中。

表 1.2 方波信号测量结果

信号	相关参数	测量数据	波形图
方波信号	上升沿时间		
	下降沿时间		
	脉冲宽度		
	脉冲幅值		
	高电平		
	低电平		

(4) 测试门电路功能。

测试实验原理中列出的几个通用逻辑门的逻辑功能（也可测试老师指定的通用逻辑门），并填入表 1.3 或自己设计的类似表格中。

表 1.3 单元逻辑门状态和电压测试表

输 入								输 出	
A		B		C		D		F	
状态	电压	状态	电压	状态	电压	状态	电压	状态	电压

2. 扩展要求

(1) 测量单元逻辑门输入、输出的相位差。

如图 1.3 所示，采用 TTL 与非门 74LS00，在输入端输入 100 kHz 的方波信号，用双踪示波器测量输入、输出的相位，得出相位差，画出波形图。

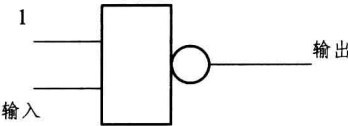


图 1.3 测量 TTL 逻辑门电路输入、输出相位差

(2) 测量门电路的平均延迟时间。

测量门电路的平均延迟时间的方法较多，实验时可自行选用。各方法间存在误差，振荡法是较常用的方法，具体操作请参考有关书籍。此处，从定义出发，比较门电路（或多级级

联) 输入、输出相位, 也可测算获得平均延迟时间。

如图 1.4 所示, 本实验采用六反相器 74LS04, 用双踪示波器测量输入、输出的相位, 得出相位差, 画出波形图。

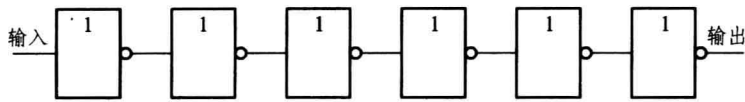


图 1.4 测量 74LS04 逻辑门电路输入、输出波形平均延迟时间

(3) 用示波器测量实验设备上的直流电源的电压, 并填入表 1.4。表中的标称值请同学按设备情况填写。

表 1.4 直流电源电压

标称值					
实测值					
误差					

(4) 自学附录六的内容, 用两种仿真软件画出基本要求中第 (2) 项的实验电路图, 并在示波器上显示实验结果。“CAL” 信号用软件中的其他信号源代替。

五、实验报告要求

- (1) 记录实验结果, 分析结果的意义。
- (2) 填写所测逻辑门的真值表, 总结逻辑门质量的检验方法。
- (3) 总结用示波器测量直流电压的方法。
- (4) 回答思考题。
- (5) 记录实验过程中遇到的印象最深刻的问题及解决过程。

六、实验设备

请根据实际情况如实记录实验中用到的仪器及仪表, 实验台及实验板编号, 主要元器件 (名称、型号、数量)。

七、思考题

- (1) 用示波器测量信号时, 要完成下列要求应调节哪些开关或旋钮?
 - ① 移动波形位置;
 - ② 改变波形的显示个数;
 - ③ 改变波形的显示高度;

④ 双通道同时观测两个波形。

(2) DF1641B1 函数信号发生器的 $50\ \Omega$ 信号输出口和 TTL OUT 输出口输出的方波信号有什么不同？

(3) 查阅资料，写出如何用振荡法测量门电路的平均延迟时间，并画出原理图。

(4) 总结常用门电路（本实验已用到的除外）输出、输入的状态和电压的关系。

八、实验体会

谈谈自己对本实验的感想，并提出改进本实验的建议。

实验 2 用 SSI 逻辑器件设计 组合逻辑电路

一、实验目的

- (1) 掌握用 SSI（小规模集成电路）逻辑器件设计组合电路的方法。
- (2) 掌握组合逻辑电路的调试方法。
- (3) 学会记录实验中遇到的问题及解决方法。

二、预习要求

- (1) 复习本实验所涉及的理论知识。
- (2) 阅读附录四，熟悉本实验所用集成芯片的型号、引脚图。
- (3) 根据实验内容，设计出各逻辑电路的逻辑表达式，列出真值表，画出逻辑电路图。

三、设计提示

1. 半加器

图 2.1 所示是半加器的原理图，表 2.1 是半加器的真值表。

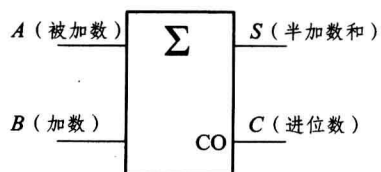


表 2.1 半加器真值表

A	B	S	C
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

2. 全加器

图 2.2 所示是全加器的原理图，表 2.2 是全加器的真值表。

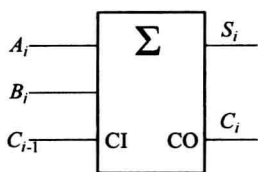


图 2.2

表 2.2 全加器真值表

A_i	B_i	C_{i-1}	S_i	C_i	A_i	B_i	C_{i-1}	S_i	C_i
0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
0	0	1	1	0	1	0	1	0	1
0	1	0	1	0	1	1	0	0	1
0	1	1	0	1	1	1	1	1	1

全加器的逻辑表达式为：

$$S_i = A_i \oplus B_i \oplus C_{i-1}$$

$$C_i = \bar{A}_i B_i C_{i-1} + A_i \bar{B}_i C_{i-1} + A_i B_i \bar{C}_{i-1} + A_i B_i C_{i-1}$$

四、实验内容与步骤

1. 基本要求

(1) 用 74LS00 (四 2 输入与非门)、74LS86 (四 2 输入异或门) 设计一个 1 位半加器电路，然后在实验板上实现自己设计的逻辑电路，并验证是否正确。

(2) 用与非门和异或门设计一个 1 位全加器电路，然后在实验板上实现自己设计的逻辑电路，并验证是否正确。

(3) 用附录四中的 SSI 逻辑器件设计一个 3 变量的多数表决电路 (当 3 个输入端中有 2 个及以上输入 1 时，输出端才为“1”)，然后在实验板实现自己设计的逻辑电路，并验证是否正确。

(4) 试用附录四中的 SSI 逻辑器件设计一个 1 位二进制数的比较器。

2. 扩展要求

(1) 用附录四中的 SSI 逻辑器件设计一个 2-4 译码电路。

(2) 用附录四中的 SSI 逻辑器件设计一个 4 选 1 多路选择器。

五、实验报告要求

(1) 详细记录自己的设计过程。

(2) 概述自己的实验过程及验证方法。

(3) 回答思考题。

(4) 记录实验过程中遇到的印象最深刻的问题及解决过程。

六、实验设备

请根据实际情况如实记录实验中用到的仪器及仪表，实验台及实验板编号，主要元器件 (名称、型号、数量)。

七、思考题

- (1) 若接好逻辑电路的线路经测试不正确，写出解决问题的基本步骤。
- (2) 逻辑表达式与逻辑电路图及实际接线图的关系是什么？
- (3) 通过具体的设计体验后，你认为组合逻辑电路设计的关键点（或关键步骤）是什么？

八、实验体会

谈谈自己对本实验的感想，并提出改进本实验的建议。

实验 3 用 MSI 逻辑器件设计组合逻辑电路

一、实验目的

- (1) 进一步掌握 MSI（中规模集成电路）的设计方法。
- (2) 通过用 MSI 译码器、数据选择器实现电路功能，熟悉它们的应用。
- (3) 进一步学习如何记录实验中遇到的问题及解决方法。

二、预习要求

- (1) 复习本实验所涉及的理论知识。
- (2) 阅读附录四，熟悉本实验所用集成芯片的型号、引脚图。

三、设计提示

本设计的难点是用一片 74LS151（8 选 1 数据选择器）和与非门设计一个 4 位奇偶校验器电路。这里给出一点提示：用 74LS151 设计一个 3 位奇偶校验器是比较容易实现的，在此基础上增加与非门，设计 4 位奇偶校验器电路应该有很多办法。这仅仅是一种思路和方法的提示。3 位奇偶校验器真值表如表 3.1 所示，参考设计电路如图 3.1 所示。

表 3.1 3 位奇偶校验器真值表

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>F</i>	对应 74LS151 输入
0	0	0	0	D_0
0	0	1	1	D_1
0	1	0	1	D_2
0	1	1	0	D_3
1	0	0	1	D_4
1	0	1	0	D_5
1	1	0	0	D_6
1	1	1	1	D_7

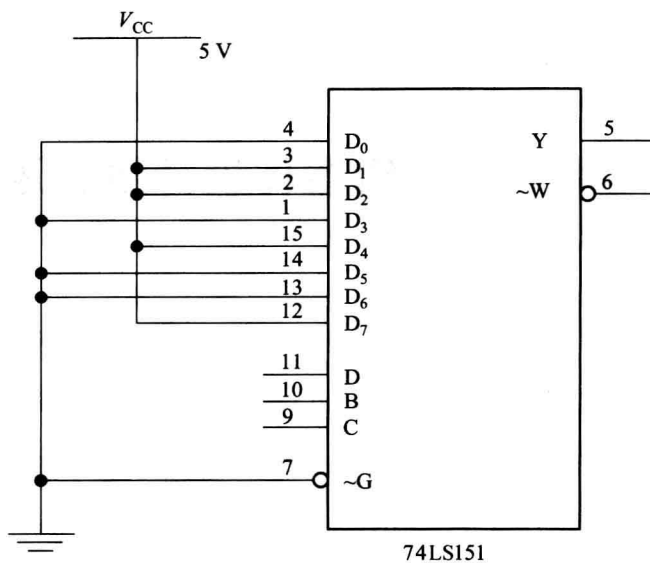


图 3.1 3 位奇偶校验器电路图

四、实验内容与步骤

1. 基本要求

(1) 用一片 74LS151 (8 选 1 数据选择器) 和与非门设计一个 4 位奇偶校验器电路。要求当输入的 4 位二进制码中有奇数个“1”时，输出为“1”，否则输出为“0”。其真值表如表 3.2 所示。

表 3.2 4 位奇偶校验器真值表

A	B	C	D	Y	Y'	A	B	C	D	Y	Y'
0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0
0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1
0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1
0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0
0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1
0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0
0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0
0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1

说明：奇校验电路的功能是判奇，即输入信号中“1”的个数为奇数时电路输出为“1”，反之输出为“0”。偶校验电路的功能是判偶，即输入信号中“1”的个数为偶数时电路输出为“1”，反之输出为“0”。实验时从 IC 的输入、输出和控制端加与非门均可。