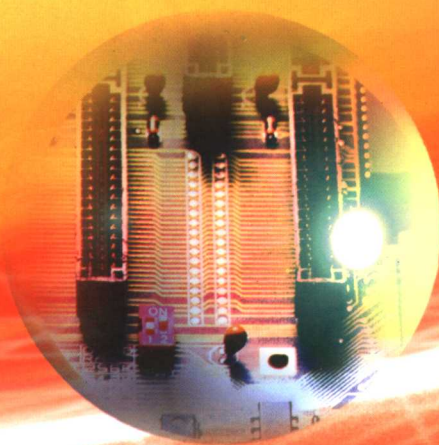


数字电路实验

The Experiment of Digital Circuit

王彩君 杨 睿 周开邻 编著



國防工業出版社

National Defense Industry Press

0010101011011101001010101010
0110001010101011100101010110

数 字 电 路 实 验

王彩君 杨 睿 周开邻 编著

国 防 工 业 出 版 社

· 北京 ·

内 容 简 介

本教材是与《数字电子技术基础》配套的实验指导书,共有4章。主要内容包括:数字电路实验基础知识、数字电路实验、计算机辅助实验以及可编程逻辑器件设计仿真实验。教材末配有与实验有关的各种附录,以供查阅。

本教材突出了当前先进的EDA技术,并达到了先进EDA技术与传统实验技术的互补。教材中涉及到的所有实验手段均可通过附录和对应的某个操作性实验快速掌握,显示出较强的实用性和可操作性。特别是对于设计性与综合性实验,具有较强的灵活性和通用性,可满足电气类、物理类等多种专业不同学时和不同层次的教学要求。

本教材可作为高等学校电类专业和理科非电类相近专业的本科生教材,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数字电路实验/王彩君,杨睿,周开邻编著. —北京:
国防工业出版社,2006.7
ISBN 7-118-04566-7

I. 数... II. ①王...②杨...③周... III. 数字电
路—实验 IV. TN79—33

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第060165号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100044)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 10½ 字数 237 千字
2006年7月第1版第1次印刷 印数 1—4000册 定价 25.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行传真:(010)68411535

发行邮购:(010)68414474

发行业务:(010)68472764

序

数字电路实验是一门对于培养和提高学生的分析动手能力和创新思维起着重要作用的课程。为了提升实验教学水平,培养与当代电子技术、信息技术发展相适应的高素质人才,我们组织具有丰富科研与教学经验的教师,根据教学大纲的要求编写了实验教材。教材突出了设计性、综合性实验和引入了电子设计自动化技术,教材编写注意加强了实验的完整性、新颖性,具有先进性和通用性。

本教材有如下特点:

(1) 实验设计的综合性:本教材中的大多数实验为设计性与综合性实验,十分有利于培养和提高学生的分析、动手能力和激发创新思维。一些趣味应用性实验可以增加学生的实验兴趣,有些较为复杂的小型电路系统综合性实验,则利于提高学生的综合设计与运用能力以及整机调试的基本技能。

(2) 实验手段的先进性:本教材重点引入了多种电子设计自动化技术手段,提高了实验水平和实验效率,为在有限课时内完成较为复杂的设计性与综合性实验提供了保证。

(3) 实验安排的科学性:为了满足多种专业、不同学时和不同层次的教学要求,按照由易到难、启发引导、循序渐进的原则,安排实验内容(尤其是设计性与综合性实验)。教学内容的选择具有较高的灵活性与通用性。

(4) 实验实施的易操作性:教材中涉及到的所有实验手段均可通过附录和对应的某个操作性实验快速掌握,显示出较强的实用性和可操作性。

(5) 实验内容的新颖性:本教材由具有丰富科研与教学经验的教师编写,其中部分内容是他们长期教学与科研成果的积累,有利于开阔学生视野、激发学生的创新思维。

这是一本有一定创意的、有利于培养学生学习兴趣、激发学生创新热情的教材。希望本教材在实验教学改革进程中,为培养有创新能力的高素质人才起到一定作用。

张 力

2006 年 3 月

前 言

数字电路实验是高等院校电子类相关专业的重要实践性环节,对于加深理解理论知识、培养学生动手能力起着十分重要的作用。当今许多新技术、新器件不断涌现,特别是电子设计自动化(EDA)技术的日臻完善,为复杂电子电路的设计、调试提供了更为方便、高效的方法和手段。本教材编写的指导思想是通过实验培养和提高学生的分析、动手和创新能力,使学生掌握电子电路设计的基本知识与技能,并熟悉几种常用的数字电路 EDA 技术。

教材中的实验项目的实验类型除少量为必需的基本操作型实验外,大多数为设计性实验与综合性实验。有些趣味应用性实验旨在增加学生的实验兴趣,一些较为复杂的小型电路系统综合性实验,旨在进一步提高学生的综合设计与运用能力,以及整机调试的基本技能。教材中所涉及到的实验手段有 3 种:传统实验法、计算机辅助实验法、可编程逻辑器件实验法。

本教材共有 4 章。第 1 章为数字电路实验基础知识,主要介绍电子电路的实验要求,电路安装、故障排查、整机调试等技术。第 2 章为数字电路实验,共有 18 个实验,采用以数字电路实验箱、电子实验设备为工作平台进行电路实验的传统实验方法。第 3 章为计算机辅助实验,共有 10 个实验,主要以 CPU 为工作平台,通过电路仿真软件 Multisim 2001 进行电路实验。第 4 章为可编程逻辑器件设计仿真实验,共有 5 个实验,主要以 CPU 为工作平台,通过电路仿真软件 MAX + plus II 和可编程逻辑器件进行电路实验。

教材末附录 A ~ E 分别介绍了数字电路实验箱、示波器、Multisim 2001 软件、可编程逻辑器件及 MAX + plus II 软件和数字电路描述语言 VHDL 的使用简介,附录 F 为实验用集成电路管脚排列图,以供查阅。

本教材的出版得到了云南大学物理科学技术学院院、系领导的热情鼓励与大力支持,得益于物理系电子线路教研室各个时期从事数字电路实验教学的老师们教学成果的启示,在此表示诚挚的感谢。

王彩君负责了本教材的组织编写工作,承担了主要实验内容的设计与调试工作。杨睿、周开邻参与完成了部分实验内容的编写。教材中的实验电路和程序均已通过调试验证,且部分内容为作者多年教学成果的积累。我们期望本教材的使用能够提高学生的实验技能,激发学生的创新思维。真诚希望读者能对教材中存在的问题提出宝贵的批评和建议。

本教材的出版受到了国家基础科学人才培养基金(批准号:J0530177)的资助。

编著者

2006 年 3 月

目 录

第 1 章 数字电路实验基础知识	1
1.1 实验要求	1
1.2 逻辑电路图的 3 种形式	2
1.3 数字电路的安装技术	3
1.4 数字电路的调试技术与故障处理	4
1.5 数字电路实验注意事项	6
第 2 章 数字电路实验	7
2.1 实验仪器的使用及门电路逻辑功能的测试	7
2.2 TTL 与非门应用	10
2.3 OC 门与 TS 门	11
2.4 组合电路的设计	14
2.5 编码器	16
2.6 译码器及数码显示	18
2.7 数据选择器	22
2.8 RS 触发器与 D 触发器	24
2.9 JK 触发器	27
2.10 集成移位寄存器及其应用	29
2.11 集成计数器及应用	33
2.12 移位寄存型计数器	35
2.13 时序电路	36
2.14 波形的产生及单稳态触发器	38
2.15 555 定时器的应用	41
2.16 数字秒表	44
2.17 拔河游戏机	48
2.18 数字频率计	52
第 3 章 计算机辅助实验	56
3.1 数字电路逻辑功能的测试	56
3.2 加法器	61
3.3 计数器及译码显示	64
3.4 CMOS 门电路在波形产生与整形中的应用	67

3.5	555 时基电路测试	70
3.6	D/A 与 A/D 转换电路	73
3.7	智力抢答器	78
3.8	家用电扇控制器	81
3.9	交通控制器	85
3.10	数字钟	89
第 4 章	可编程逻辑器件设计仿真实验	94
4.1	用 MAX + plus II 软件设计组合逻辑电路	94
4.2	用 VHDL 语言设计门电路及比较器	97
4.3	用 VHDL 语言设计编码器和译码器	99
4.4	用 VHDL 语言设计触发器及寄存器	105
4.5	用 VHDL 语言设计同步计数器及分频器	110
附录 A	数字实验箱简介	114
附录 B	示波器使用简介	117
附录 C	Multisim 2001 电路仿真软件简介	122
附录 D	可编程逻辑器件及 MAX + plus II 软件简介	131
附录 E	数字电路描述语言 VHDL 简介	141
附录 F	集成电路管脚排列图	154
参考文献		160

第1章 数字电路实验基础知识

数字电路实验是《数字电子技术基础》课程中最重要的实践性环节之一。通过实验,除了可以巩固及加深对基本理论知识的理解外,对培养学生的分析、解决问题能力及创新思维都起着很重要的作用。

为了充分发挥学生的主观能动性,促使其独立思考,独立完成实验并有所创新,本章对完成数字电路实验所必备的基础知识作一介绍。

1.1 实验要求

1.1.1 对实验准备、操作的要求

(1) 实验前应预习所做实验的基本原理,所用实验仪器的用法及注意事项,拟定实验方法和步骤,设计实验数据表格,初步估算实验结果,写出预习报告,实验前交教师检查后方可进行实验。

(2) 实验中应遵守操作规程,爱护实验设备。仪器使用中若出现异常现象,首先关断电源,然后报告教师更换,严禁私换别组仪器。若需更换器件或改变连线,必须在关断电源后进行。

(3) 实验完毕,应请教师检查实验记录和实验仪器,并将实验器材整理、清洁,经教师许可后,方能离开实验室。

(4) 实验后,可在预习报告的基础上,写出实验报告,并在下次实验时上交。不得无故缺交实验报告或缺做实验。

1.1.2 对预习报告、实验报告的要求

1. 对预习报告的要求

- (1) 写出实验目的。
- (2) 简要说明实验原理,列出相关公式,并画出实验电路图(或测试图)。
- (3) 设计实验记录表格及实验步骤(书上有的可不写)。

2. 对实验报告的要求

在上述预习报告内容的基础上,接着完成以下内容:

- (4) 实验数据整理并填表。
- (5) 对实验现象及实验结果进行分析,给出必要的结论。
- (6) 记录实验过程中发生的故障,分析出现故障的原因并写出解决方法。
- (7) 思考题。

1.2 逻辑电路图的3种形式

在教学、科研实践、生产中,针对各个环节的不同要求,逻辑电路图有以下3种形式。

1. 原理图

原理图注重的是电路的组成部分及各部分间逻辑关系的原理性的描述。因此图中的集成电路只用具有相应逻辑功能的逻辑符号代替,可不涉及具体器件的型号,更不涉及器件的管脚编号等,如图1.2.1所示。图1.2.1是异或门的原理图,此类电路图常出现在教科书中。

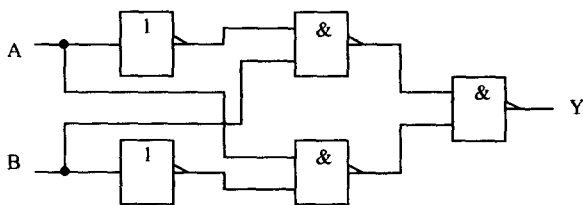


图 1.2.1 原理图

2. 实验(电路)图(或设计图)

为了用物理器件实现逻辑功能,实验前必须选择电路器件的型号、规格,了解所用芯片的管脚排列,尤其对于封装有多个单元的复合集成电路(如74LS00与非门内有4个独立的与非门),必须指定用哪个单元、每个单元在电路中的位置等。在原理图基础上,进一步将器件型号、器件编号(对于复合集成电路,具体到单元)、IC管脚编号、元件参数等标注出来而形成的电路图称之为实验图,如图1.2.2所示。图1.2.2是异或门的实验图,此类图可作为实验、产品开发调试、故障检修用图。

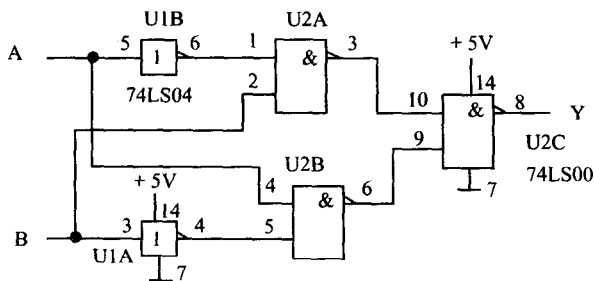


图 1.2.2 实验图

由图1.2.2可知,要实现图1.2.1电路的逻辑功能,可以采用2块集成电路。U1为74LS04(内有6反相器),用了第2、3单元,分别用U1A、U1B表示。U2为74LS00(内有4个与非门),用了第1~3单元,分别用U2A、U2B、U2C表示(也可用其它方式表示,只要能区分各个单元即可)。此外还需标注出芯片电源与接地管脚的编号,可以直接在器件上标注或统一用文字说明。

3. 接线图

只反映器件间、管脚间连线关系的电路图称之为接线图,如图1.2.3所示。图1.2.3

是反映图 1.2.2 实验图连接关系的接线图。用接线图连线非常方便,但由于接线图没有反映电路的逻辑关系,一旦电路出现故障,除了按图检查连线外,别无办法。如果电路复杂,涉及器件、连线较多,接线图绘制的工作量既大且易出错,所以实验中不采用接线图。接线图一般是对已安装好的电路(但不知连线关系)进行测绘而形成的电路图,所以常用于需要分析已有电路的功能的场合。

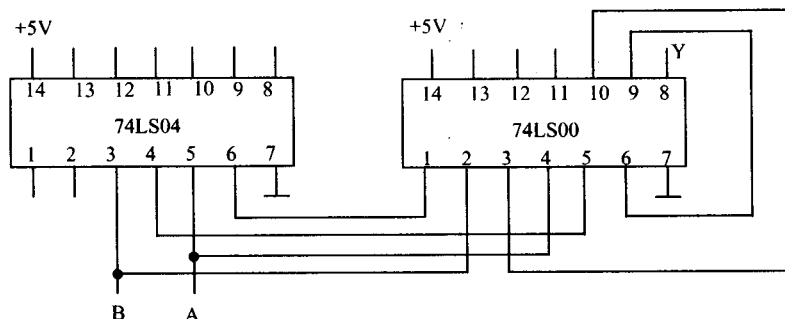


图 1.2.3 接线图

综上所述,实验图既能反映电路的逻辑关系,又能作为实验时接线的依据,综合了原理图与接线图的特点。一旦电路出现故障,实验者依据实验图,可以很方便地进行理论分析、排查故障、调试电路。因此电路实验、调试阶段采用的都是实验图。实验者应养成先设计实验图后安装布线的良好习惯。

1.3 数字电路的安装技术

任何一个设计电路都需要安装与反复调试后才能将其付诸实现,形成产品。因此电路的安装与调试技术对能否达到实验目的,取得正确实验数据起着重要的作用。

在电子工程中,元器件的固定可以采用焊接或接插两种方式。前者的优点是焊好的电路可以长期使用,因此适用于定型的电子产品。但在电路的设计调试、实验阶段,因需灵活、方便地修改电路,通常采用接插方式。对于接插方式,可以在接插板(俗称面包板)上进行,实现元器件或导线的简单插入或拔出;也可以用实验箱上配备的集成电路插座和锁紧式接插件,利用专用的带插头的导线进行接线,以提高接插的可靠性。下面介绍安装电路的有关技术。

1. 连接导线的准备

连接导线一般采用 0.5mm 的单股塑料铜芯线并具有多种颜色。习惯上正电源用红色导线,地线用黑色导线,信号线用黄色导线。用剥线钳将导线内的铜芯剥露出约 5mm 左右,并检查不能有伤痕。

2. 合理的布局与布线

合理的布局与布线可以减少电路的连线,易于调试与排查故障。一般按实验图的输入输出顺序布局,相邻元件应靠近放置。布线时,所有连线应尽可能短且平贴面包板上,尽量做到横平竖直,导线或元件不得跨越集成电路上方。

3. 集成电路的使用

集成电路使用前应检查管脚排列是否整齐,与接插板孔眼是否相配,否则可用镊子调

整。插入时要按集成电路的正方向且各管脚对准接插板孔眼插,取出时禁止用手直接拔取,应使用镊子。插、取时用力均要均匀,以免损伤集成电路管脚。

集成电路的正方向按管脚朝下、缺口在左侧定义。管脚编号以正方向的左下角起逆时针顺数。

4. 带插头连线的使用

锁紧式接插件是指安装在实验箱上的插孔和两端带有插头的导线。连线时,插头插入插孔,插头上还可重叠再插。撤线时,以旋转方式拔出插头。

1.4 数字电路的调试技术与故障处理

1.4.1 数字电路的调试技术

数字电路的调试可按下述3步进行。

1. 通电前检查

实验电路接好后,在不通电的情况下,首先进行下面的直观检查:

(1) 电源线、地线、信号线、元件引脚之间有无短路、接触不良。连线复杂时可用万用表的蜂鸣挡($\leq 200\Omega$)检查,短路时鸣叫。

(2) 二极管、三极管、电解电容等引脚有无错接,集成芯片的方向有无插反等。

2. 通电检查

直观检查无误后,将电源加入电路。电路通电后,不要急于测试,首先应观察有无异常现象,包括有无冒烟,是否闻到异常气味,手摸元件是否发烫等。如果出现异常,应立即断电,待排除故障后方可重新通电实验。

3. 通电调试

所谓调试是指用测量仪器测试电路相关工作点的状态,检查是否符合预定的逻辑功能。根据电路的工作性质,有静态调试与动态调试两种。

(1) 静态调试

给电路输入端加固定的高、低电平,用万用表、逻辑笔或发光二极管(LED)检查电路相关点的静态输出响应,如输出电平、逻辑关系等。

(2) 动态调试

给电路输入端加一串脉冲信号,用示波器观察电路相关点的动态输出响应,如波形形状、相位关系、频率等。

对于简单电路或定型产品,整个电路安装完毕后,实行一次性调试。对于复杂的电路,按其功能分块进行调试,在分块调试的基础上,最后完成整机联调。

1.4.2 数字电路的故障处理

这里所说的常见故障不包括因设计不当产生的逻辑功能错误(因设计不当产生的逻辑功能错误应修改设计方案)。一般数字电路常见故障有断路故障、短路故障和集成电路芯片故障等。排查故障时,要根据故障现象,通过查阅实验图,搞清信号产生与传递关系,测试比对电路相关点电位,确诊故障部位。

1. 断路故障

断路故障是指连线(包括信号线、传输线、测试线、焊点、连接点)断路产生的故障。由这类故障产生的现象比较明显,一般显现出相关点无规定的电平,例如:芯片电源与地管脚间无电压或电压数值不对;信号输入端无脉冲电压等等。检查这类故障的方法可用万用表、逻辑笔或者示波器(配合测试信号)从源头沿实验图路径直至集成电路的管脚逐段查寻,不难发现故障点。

2. 短路故障

短路故障是指连线或点短路造成电路出现异常的现象。例如:电源正端和地短路会造成电源电压为零;局部逻辑线混连,会出现逻辑混乱错误。连线复杂时可用万用表的蜂鸣挡($\leq 200\Omega$)检查,短路时鸣叫。

3. 集成电路芯片故障

集成电路芯片故障是指集成电路芯片的功能不正常。这类故障的特点或是集成电路烫手,或是集成电路电源端的电压近似为零伏,或是芯片的输入端有规定的逻辑电平而输出没有规定的逻辑电平。因此通过用手触摸,或是输入逻辑信号进行测试就可以发现故障点或可疑点。之后,替换可疑集成电路芯片,再测电路进行判断。

由于芯片的管脚折断或折弯而未能插入实验板引起的故障往往体现在芯片的逻辑功能不能实现,这种故障需要直接测试芯片管脚电位才能找到。

当怀疑芯片坏了时,对于 SSI 或功能简单的 MSI,可以通过在线测试它的逻辑功能,迅速做出判断。检查时,对发现有问题的芯片还需将其输出同后级电路断开后再查,以进一步确诊问题是出在该芯片上,还是后级有问题而对该芯片产生影响。例如,检查一个“与非”门,当其输入全为“1”时,输出应为“0”;如果有一个输入端为“0”,则输出应为“1”。通过检查发现如果该级功能与上述不符,可将该级输出同后级电路断开。若断开后该级工作正常,说明问题出在后级上,可能是连线有误,或芯片的几个输出端并在一起或后级芯片的输入端有短路故障等。若断开后该级故障依旧,说明该芯片已损坏。又例如,在检查 8 选 1 数据选择器时(片选端确已接好),使地址输入分别为 000 ~ 111,看输出是否分别对应 $D_0 \sim D_7$,即可做出判断。对于复杂的 MSI 或 LSI,可以取出芯片,在专用集成电路测试仪上进行测试。

表 1.4.1 列出了 TTL 电路在不同情况下的引脚电压范围,可作为检测电路是否正常的参考值。

表 1.4.1 TTL 电路在不同情况下的引脚电压范围

引脚所处状态	测得电压值/V
输入端悬空	≈ 1.4
输入端接低电平	≤ 0.4
输入端接高电平	≥ 3.0
输出低电平	≤ 0.4
输出高电平	≥ 3.0
出现两输出端短路(两输出端状态不同时)	$0.4 < U < 1.4$

1.5 数字电路实验注意事项

数字电路实验可采用以真实仪器、元件构建实验系统的传统物理实验方法,也可采用以虚拟仪器、元件构建实验系统的计算机辅助实验方法。

对于物理实验方法,为了保证数字集成电路正常工作不受损坏,在使用中要遵守以下规定:

对于 TTL 集成电路,要注意:

(1) 电源电压为 $+5V \pm 0.5V$ 。过高会使电路损坏,过低会使电路工作不正常。

(2) 输入端悬空等效于高电平。但悬空时干扰易串入,引起电路误动作,因此集成电路的多余输入端不允许悬空,应根据电路的逻辑要求,接入逻辑高低电平。

(3) 输出端不允许直接接地或接 $+5V$ 电源。推拉式输出结构的集成电路的输出端之间不允许并接,否则会烧坏电路。

CMOS 电路在使用上和 TTL 电路相比有两个特点:一是它对电源电压值的范围比较宽,可以从 $+5V \sim +18V$;二是它的输入阻抗极高,最怕干扰和静电感应。因此其在使用时除与 TTL 电路注意事项相同外,在调试和使用中还要注意:

(1) 为避免损坏电路,电路的输入端禁止悬空,应按其功能接入“1”或“0”;

(2) 为避免瞬态电压损坏器件,禁止在通电的情况下拆装电路;

(3) 为防止静电感应,焊接烙铁、测量仪器等必须良好接地;

(4) 开机时应该先通电源后加信号,关机时应该先撤信号后断电源。

对于计算机辅助实验方法,无论是 TTL 还是 CMOS 虚拟集成电路,输入端悬空都等效于低电平。

对于 CPLD 器件 EPM7128SLC84-15,因其制作时采用的是 CMOS 工艺,因此在使用上除了要遵循 CMOS 器件的注意事项外,还需再强调:

(1) 器件有 2 组 V_{CC} 电源: V_{CCIO} 用于 I/O 输出驱动电源,可以取 $+5V$ 或 $+3.3V$; V_{CCINT} 用于内部电路和输入缓冲器的电源,只能为 $+5V$ 。当要求输出电平与 $5V$ 系统兼容, V_{CCIO} 应为 $+5V$ 时,器件只需一组 $+5V$ 电源即可。

(2) 保留脚必须悬空,不能接 V_{CC} 或 GND。保留脚电压等于 $0V$ (用万用表测),如果在保留脚出现“1”电平或者脉冲,说明该保留脚 I/O 界面已损坏,或者以前下载数据未能全部清除。

(3) 为了保证器件逻辑功能的可靠性,不应使用保留脚已穿通的器件。

(4) 不要用手摸引脚,特别是摸保留引脚,因为用手摸引脚容易引进高压静电,击坏器件。

(5) 被编程置为输入端的引脚不允许悬空。如果悬空,由于输入电容的储电效应,会破坏电路的正常逻辑功能,甚至会损坏器件。

(6) 与常规器件使用相同,输出引脚不允许接到正电源端,也不允许接到地端。

第 2 章 数字电路实验

2.1 实验仪器的使用及门电路逻辑功能的测试

2.1.1 实验目的

- (1) 掌握实验仪器的使用方法。
- (2) 掌握 TTL 集成电路的使用规则与逻辑功能的测试方法。

2.1.2 实验仪器与器件

- (1) 实验仪器:数字实验箱,双踪示波器,万用表。
- (2) 实验器件:74LS00 一块,74LS02 一块。

2.1.3 实验原理

1. 数字电路实验框图

在接插板上接好实验电路后,为了使其工作并验证其逻辑功能,还必须配置相应的实验设备,它们之间的关系如图 2.1.1 所示。除示波器、万用表等测量仪器外,其余设备均包含在数字实验箱内。

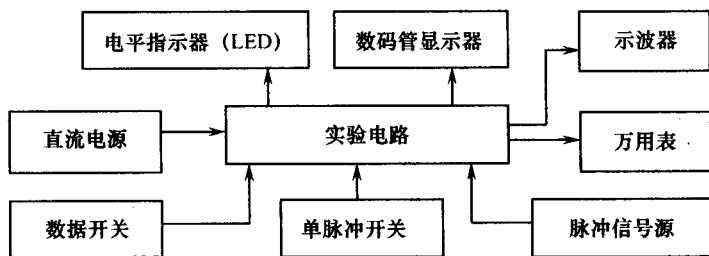


图 2.1.1 数字电路实验框图

2. 门电路逻辑功能的测试原理

在电子工程中,为了掌握集成电路的逻辑功能,了解芯片是否完好,常需对集成电路进行测试。其测试手段除可用集成电路测试仪测试外,还可自接测试电路进行测试。测试门电路逻辑功能有两种方法:

(1) 静态测试法。给门电路输入端加固定的高、低电平,用万用表或发光二极管测出门电路的输出响应。

(2) 动态测试法。给门电路输入端加以连续脉冲信号,用示波器观测输入、输出波形间的同步关系。

2.1.4 实验内容与步骤

1. 示波器的使用

为防止光迹过亮损坏屏幕,开机前应将亮度旋钮逆时针调至较小处。扫描方式 (SWEEP MODE) 于“自动”(“AUTO”),触发信号耦合方式 (COUPLING) 于“AC”与“常态”。

(1) 显示时基线。垂直方式 (MODE) 于“CH1”或“CH2”,对应路的输入耦合方式 AC - GND - DC 于“接地”(“GND”)。触发源 (SOURCE) 选择“CH1”或“CH2”(或“INT”)。

开机后,若看不到光迹,可调节亮度、X 轴位移、Y 轴位移旋钮,出现亮度合适且位于屏幕中心的扫描光迹后,再调节聚焦旋钮使之清晰。

(2) 测量示波器方波校正信号。垂直方式 (MODE) 于“CH1”或“CH2”,对应路的输入耦合方式 AC - GND - DC 于“DC”,触发源 (SOURCE) 选择对应通道的信号“CH1”或“CH2”(或“INT”)。

用高频探头(选择无衰减,即 1:1 挡)将示波器的方波校正信号接至垂直方式对应的通道上。调节“扫描时间”(SEC/DIV)与“电平”(LEVEL)使显示波形稳定,且在水平方向显示 3 个~5 个波形,调节“垂直偏转灵敏度”(VOLTS/DIV)使波形在垂直方向的高度占 4 格以上,测出方波信号的电压幅值与周期。

(3) 显示双踪波形。垂直方式 (MODE) 于“双踪”(或“CHOP”、“ALT”),两路的输入耦合方式 AC - GND - DC 于“DC”,触发源 (SOURCE) 选择适合作触发信号的某路信号“CH1”或“CH2”(或“INT”)。

用高频探头将数字实验箱的两路时钟信号分别接至 CH1 与 CH2 通道上。调节“Y 轴位移”、“扫描时间”、“垂直偏转灵敏度”,观察双踪波形。

对于 YB4330 型示波器,将扫描方式由“自动”改为“锁定”,体验仪器自动稳定波形的功能。

2. 数字实验箱的检查

(1) 用万用表测量电源、数据开关、单脉冲开关的输出电压是否符合要求。

(2) 用导线将数据开关的输出分别与电平指示器相连。检查电平指示器的工作状况。

(3) 用导线将正、负单脉冲开关的输出分别与电平指示器相连。当开关拨动一下,可得到一对正、负单脉冲。

(4) 用导线将脉冲信号的输出与电平指示器相连。当信号为低频时,指示器应闪烁。

(5) 用导线将四个数据开关分别与一位译码显示器的四个输入端相连。按 8421 码变化规律拨动数据开关,可观察到数码管显示对应的 0~9 十个数字。

3. 测试 74LS00(2 输入 4 与非门)的逻辑功能

按图 2.1.2 接线。测试并将测试结果填入表 2.1.1 中,归纳门电路的逻辑功能是否正常。

4. 利用门电路控制输出

(1) 将图 2.1.2 中的 B 接数据开关,A 接 1Hz 脉冲信号,Y 接 LED,观察与非门 B 端电位对输出脉冲的控制作用。

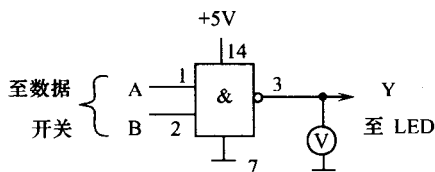


图 2.1.2 与非门逻辑功能测试图

表 2.1.1

输入 A B	输出 Y		输入 A B	输出 Y	
	电压/V	逻辑状态		电压/V	逻辑状态
L L			H L		
L H			H H		

(2) 改用 74LS02 (2 输入 4 或非门) 重复 4(1) 实验, 观察或非门一端电位对输出脉冲的控制作用。

5. 组合电路逻辑功能分析

将逻辑原理图 2.1.3 转为实验电路图后, 接线测试并将测试结果填入自设计表中, 归纳其逻辑功能。

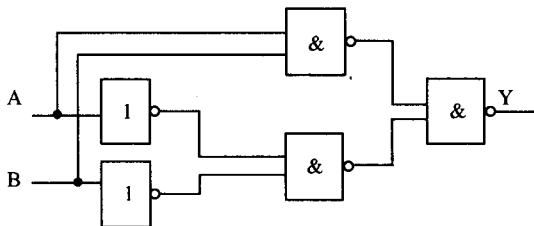


图 2.1.3 逻辑原理图

2.1.5 实验报告要求

- (1) 画出实验电路图(含测试图)及相关表格。
- (2) 记录测试所得数据, 并对结果进行分析。

2.1.6 思考题

- (1) TTL 集成电路的电源电压值和正常输出电压的高、低电平值是多少?
- (2) 如何判断门电路的逻辑功能是否正常?
- (3) 如果与非门的一个输入端接连续脉冲, 那么:
 - ① 其余的输入端是什么状态时, 允许脉冲通过? 脉冲通过时, 输入和输出波形有何差别?
 - ② 其余的输入端是什么状态时, 不允许脉冲通过, 此时, 输出端是什么状态?

2.2 TTL 与非门应用

2.2.1 实验目的

- (1) 进一步掌握门电路逻辑功能的测试。
- (2) 熟悉用与非门构成其它逻辑门电路的方法。

2.2.2 实验仪器与器件

- (1) 实验仪器:数字实验箱,万用表。
- (2) 实验器件:74LS00 若干。

2.2.3 实验原理

1. 门电路多余输入端的处理

对于 TTL 电路,多余输入端悬空可等效为高电平。但因悬空端易受干扰影响,所以在实际应用时应根据逻辑要求将多余输入端接入相应电平或将多余输入端并接。

2. 与非门的应用

任何一种逻辑问题都可以用与或式表达,然后对与或式进行二次求反,得到与非—与非式,进而实现全部用与非门构成逻辑电路的目的,故与非门有万能门之称。尽管用这种方法构成的电路不一定是简和最佳方案,但其具有器件品种单一的特点。

例如:用与非门构成半加器。

半加器的功能如表 2.2.1 所列,其中 A、B 为两个加数;S 为和;C 为进位输出。半加器的表达式为

$$S = A \bar{B} + \bar{A} B = A \oplus B = \overline{A \bar{A} B} + \overline{\bar{A} B \bar{B}}$$

$$C = AB$$

对上述与或式进行二次求反即得与非—与非式为

$$S = \overline{\overline{A \bar{A} B} \cdot \overline{\bar{A} B \bar{B}}}$$

$$C = \overline{\overline{AB}}$$

表 2.2.1 半加器真值表

输 入		输 出	
A	B	S	C
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

2.2.4 实验内容与步骤

1. 用与非门组成非门、与门、或门、或非门、异或门

要求写出变换式子,设计并画出实验电路图,测试并将测试结果填入表 2.2.2 中。