

21

21 SHIJI GAOZHIGAOZHUAN DIANZI JISHU GUIHUA JIAOCAI

世纪高职高专电子技术规划教材

数字电子技术 实验与综合实训

邱寄帆 唐程山 主编

国家精品课程  教材

- ★ 数字电子技术
- ★ 数字电子技术实验与综合实训
- ★ 数字电子技术学习指导
- ★ 数字电子技术CAI
- ★ 数字电子技术电子课件
- ★ 数字电子技术网络课程

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

21 世纪高职高专电子技术规划教材

数字电子技术实验与综合实训

邱寄帆 唐程山 主编

人民邮电出版社

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术实验与综合实训/邱寄帆,唐程山主编.

—北京:人民邮电出版社,2005.9

21 世纪高职高专电子技术规划教材

ISBN 7-115-13492-8

I. 数... II. ①邱... ②唐... III. 数字电路—电子技术—高等学校;
技术学校—教材 IV. TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 104036 号

内 容 提 要

本书内容包括数字电子技术实训基础知识、数字电子技术基础实验、数字电路综合实训和附录四个部分。基础知识部分包括实验室的安全操作规程、实验常用材料和工具的使用、实验方法、实验测试手段、常见故障的诊断与排除;基础实验部分的 20 个数字电路实验课题(包括验证性实验、设计性实验、仿真实验)包含实验的意义目的和要求、一般方法、实验考核等内容;综合实训部分的 6 个综合实训课题包含综合实训的基本任务与基本要求、基本步骤和方法、排除故障训练与考核等内容;附录分别介绍了数字逻辑实验仪、示波器与数字万用表、实验室常用电阻电容的型号及其主要性能参数、常用数字集成电路型号及外引线排列图、部分数字集成电路功能等内容。

本书作为高职高专电子、电气、计算机、自动控制、机电一体化等专业的教材,也可供从事电子技术工作的工程技术人员参考使用。

21 世纪高职高专电子技术规划教材

数字电子技术实验与综合实训

-
- ◆ 主 编 邱寄帆 唐程山
责任编辑 赵慧君
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京密云春雷印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本:787×1092 1/16
印张:11
字数:251 千字 2005 年 9 月第 1 版
印数:1-3 000 册 2005 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-13492-8/TN·2516

定价:17.50 元

读者服务热线:(010)67170985 印装质量热线:(010)67129223

21 世纪高职高专电子技术规划教材

编 委 会

主 任 王俊鹏

副主任 张惠敏 向 伟

编 委 (以姓氏笔画为序)

朱乃立 阮友德 许恒玉 苏本庆 余本海

李存永 肖 琬 邱寄帆 张新成 林训超

胡修池 胡起宙 赵慧君 曾令琴 韩 丽

程 勇 潘春燕

丛书出版前言

遵照教育部提出的以就业为导向, 高职高专教育从专业本位向职业岗位和就业为本转变的指导思想, 人民邮电出版社协同一些高职高专院校和相关企业共同开发了 21 世纪高职高专电子技术规划教材。

随着职业教育在我国不断深化, 各高职高专院校越来越关注人才培养的模式与专业课程设置, 越来越关心学生将来的就业岗位, 并开始注重培养学生的职业能力。但是我们看到, 高职高专院校所培养的人才与市场上需要的技术应用型人才仍存在差距。那么如何在保证知识体系完整性的同时, 能在教材中体现正在应用的技术、正在发展的技术和前沿的技术成了本套教材探讨的重点, 为此我们在如下几个方面做了努力和尝试。

1. 针对电子类专业基础课程较经典, 及知识点又相对统一、固定的特点, 采取本科老师与高职高专老师合作编写的方式, 借助本科老师在理论方面深厚的功底, 在写作质量上进行把关, 高职高专老师则发挥其熟悉职业教育教学需求的优势把握教材的广度与深度, 力图解决专业基础课程理论与应用相结合的目的。

2. 高职高专教育培养的人才面向生产、管理第一线的技术型人才, 基础课程的教学应以必需、够用为原则, 以掌握概念、强化应用为教学重点, 注重岗位能力的培养。本套教材在保证基本知识点讲解的同时, 掌握“突出基本概念, 注重技能训练, 强调理论联系实际, 加强实践性教学环节”的原则, 在内容安排上避免复杂的数学推导和计算。

3. 专业课程引入工程实例, 强化培养职业能力。让学生了解在实际工作中利用单片机和 PLC 做项目的流程, 并通过一系列小的实例逐步让学生产生学习兴趣, 并了解开发过程, 最后通过一个大的完整案例对学生进行综合培训, 从而达到对职业能力的培养。

以上这些仅是高职高专教材出版的初步。如何配合学校做好为国家培养人才的工作, 出版高质量的教材将是我们不断追求和奋斗的目标。

我们衷心希望, 关注高等职业教育的广大读者能对本套教材的不当之处给予批评指正, 提出修改意见, 同时也热切盼望从事高等职业教育的老师、企业专家和我们联系, 共同探讨相关专业的教学方案和教材编写等问题。来信请发至 zhaohuijun@ptpress.com.cn。

21 世纪高职高专电子技术规划教材编委会

2005 年 8 月

编者的话

精品课程是具有一流教师队伍、一流教学内容、一流教学方法、一流教材、一流教学管理等特点的示范性课程。实施“高等学校教学质量和教学改革工程”是教育部为不断提高教学质量而推出的一项重大举措,同时也是教育部《2003~2007年教育振兴行动计划》的重要组成部分。精品课程建设是“质量工程”的重要内容之一,教育部计划用5年时间(2003~2007年)建设1500门国家级精品课程,利用现代化的教育信息技术手段将精品课程的相关内容在网上免费开放,以实现优质教学资源共享,提高人才培养质量。

由成都航空职业技术学院邱寄帆副教授任课程负责人的“数字电子技术”经过多年的教学研究、教学改革和实践,不仅锻炼培养了一批优秀的教师,取得了丰硕的教学研究成果,而且改革后的课程特色鲜明,教育理念创新,教学手段先进。“数字电子技术”课程充分体现了现代教育思想,符合科学性、先进性、创新性和高职高专教学的普遍规律。“数字电子技术”课程注重对学生知识运用能力的考查,教学效果显著,具有示范性和辐射推广作用,在国内同类课程中处于领先地位,被评为2003年度国家精品课程。

一流教材的建设是精品课程建设的重要内容。“数字电子技术”立体化教材是一体化设计、多种媒体有机结合的系列出版物,包括《数字电子技术》、《数字电子技术实验与综合实训》、《数字电子技术学习指导》、数字电子技术CAI、“数字电子技术CAI”是一套起点高,思路先进的可充分激发学生的想象力和创造力的采用虚拟现实技术的计算机模拟仿真教学软件。软件自带元件库和电路图形编辑器,用户可随心所欲地构造任意电路,仿真演示该电路的工作原理和动态工作过程,以及每个元件的变化细节情况,并得到电路运行的相关结果、数字电子技术电子课件、数字电子技术网络课程及试题库、资料库等,并通过教学平台,为教师教学、学生自主学习提供完整的教学方案,最大限度地满足教学需要。

其中《数字电子技术实验与综合实训》的特点如下。

1. 第1章介绍了进行数字电子技术实训需要掌握的一些基础知识,包括实验室的安全操作规程、实验常用材料和工具的使用、实验方法、实验测试手段、常见故障的诊断与排除。这部分内容可作为学生实验预习和进行时的参考资料,也可作为教师的辅导参考材料。

2. 第2章介绍了数字电子技术基础实验的意义目的和要求、一般方法、实验考核、20个数字电路实验课题(包括验证性实验、设计性实验和仿真实验),其中仿真实验所使用的仿真软件是本立体化教材的配套软件“数字电子技术CAI”。若受学时限制,教师可根据需要选择20个课题中的一部分作为课内实验,其他作为课外自学或选做内容。数字电子技术实验已在部分院校独立设课,实验考核的笔试样题及操作样题便于学生自查和教师参考。

3. 第3章介绍了数字电路综合实训的基本任务、基本要求、基本步骤和方法、排除故障训练与考核、6个综合实训课题。为进一步提高学生对数字电子技术的应用能力,要求学生在基本教学实验的基础上,综合运用已学知识,完成小型系统的设计制作任务,包括确定设计方案、

电路选择、元件参数值的计算、电路的安装与调试、利用仪器进行指标测试及写出综合实训报告。一次综合实训的课内学时一般为两周(其中第 6 个课题因较为简单,建议课内学时为 1 周),读者可根据需要选用。

4. 为方便学生在实验前预习、实验中查阅资料,附录部分分别介绍了数字逻辑实验仪、示波器与数字万用表、实验室常用电阻电容的型号及其主要性能参数、常用数字集成电路型号及外引线排列图、部分数字集成电路功能等内容。本书的逻辑图形符号采用最新国家标准,同时兼顾了国外集成器件逻辑符号的流行画法。

数字电子技术立体化教材由成都航空职业技术学院邱寄帆副教授、唐程山副教授担任主编,本书由周兴讲师编写。

由于编者水平有限,不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2005 年 8 月

目 录

第 1 章 数字电子技术实训基础知识	1
1.1 实验室的安全操作规程	1
1.1.1 人身安全	1
1.1.2 仪器、设备安全	1
1.2 数字电路实验常用器材和工具的使用	2
1.2.1 常用器材	2
1.2.2 常用工具	3
1.3 数字电路的实验方法	3
1.3.1 TTL 与 CMOS 数字集成电路的使用规则	4
1.3.2 TTL 与 CMOS 电路的主要电气参数指标	5
1.3.3 数字电路的功能测试方法	7
1.3.4 数字电路的实验测试手段	8
1.3.5 从实验原理图画接线图的方法	9
1.4 数字电路常见故障的诊断与排除	10
1.4.1 数字电路常见故障	10
1.4.2 数字电路常见故障的检查与排除方法	11
第 2 章 数字电子技术实验	14
2.1 数字电路实验的意义、目的、要求	14
2.1.1 实验的意义	14
2.1.2 实验的目的	14
2.1.3 实验的基本要求及实验报告的撰写	15
2.1.4 实验的学习方法	17
2.2 数字电子技术实验的一般方法	18
2.2.1 验证性实验	18
2.2.2 设计性实验	18
2.2.3 利用数字电子技术 CAI 课件 (DLCCAI) 的实验	19
2.3 实验考核	19
2.3.1 实验笔试方法及样卷	19
2.3.2 实验操作考试方法及样题	20
2.4 数字电子技术实验课题	24
实验一 集成逻辑门电路的功能测试	24

实验二 集成逻辑门电路的参数测试	27
实验三 集成门构成组合逻辑电路的实验分析	29
实验四 中规模译码器	31
实验五 中规模数据选择器	33
实验六 双踪示波器的使用	35
实验七 触发器	37
实验八 触发器构成的计数器	40
实验九 中规模计数器的应用	43
实验十 计数、译码、显示综合实验	45
实验十一 顺序脉冲发生器	47
实验十二 利用集成逻辑门构成脉冲电路	49
实验十三 集成单稳态触发器和集成施密特触发器	52
实验十四 555 定时器	54
实验十五 模/数 (A/D) 转换和数/模 (D/A) 转换及其应用	56
实验十六 利用 DLCCAI 分析组合逻辑电路	58
实验十七 利用 DLCCAI 分析组合电路的竞争冒险现象	60
实验十八 利用 DLCCAI 分析触发器的逻辑功能	62
实验十九 利用 DLCCAI 分析 N 进制计数器	65
实验二十 利用 DLCCAI 分析时序逻辑电路	68
第 3 章 数字电路综合实训	72
3.1 数字电路综合实训的基本任务和基本要求	72
3.1.1 综合实训的基本任务	72
3.1.2 综合实训的基本要求	72
3.2 数字电路综合实训的基本步骤和方法	73
3.2.1 综合实训的基本步骤	73
3.2.2 综合实训的时间安排建议	75
3.2.3 综合实训的成绩评定方法	76
3.2.4 综合实训实验文件的标准格式	76
3.3 排除故障训练与考核	78
3.3.1 综合实训中常见故障及排除故障的方法	78
3.3.2 排故障考核的方式	79
3.3.3 常考故障、产生原因及其查找方法	79
3.4 综合实训课题	82
3.4.1 自动报时数字钟	82
3.4.2 篮球比赛计时器	92
3.4.3 简易数字频率计	97
3.4.4 智力竞赛抢答器	102
3.4.5 交通控制器	107
3.4.6 数码顺序、循环显示控制器	111

附录 A 数字逻辑实验仪	115
附 A1 多孔实验插座板部分	115
附 A2 操作板部分	116
附 A3 多路电源部分	119
附录 B 示波器与数字万用表使用简介	120
附 B1 XJ4328 型双踪示波器	120
附 B1.1 概述	120
附 B1.2 面板上各控制件的作用	120
附 B1.3 使用方法	122
附 B2 DT-830/831 数字万用表	125
附 B2.1 概述	125
附 B2.2 主要技术指标 (测量范围)	126
附 B2.3 使用方法及注意事项	126
附录 C 实验室常用数字电路元器件型号、主要性能参数及功能	128
附 C1 电阻器和电位器	128
附 C1.1 电阻器和电位器的型号命名法	128
附 C1.2 几种常用电阻器的特点	128
附 C1.3 电阻器的主要性能指标	129
附 C2 电容器	130
附 C2.1 电容器的型号命名法	130
附 C2.2 常用电容器的种类和特点	130
附 C2.3 电容器的主要性能指标	131
附 C3 常用数字集成电路型号及外引线排列图	132
附 C3.1 国产半导体集成电路型号命名法	132
附 C3.2 国际 TTL/CMOS 数字集成电路主要生产公司和产品型号前缀	132
附 C3.3 常用集成电路型号及其外引线排列图	133
附 C3.4 常用 TTL 数字集成电路型号及功能	140
附 C3.5 常用 CMOS 数字集成电路型号及功能	143
附 C3.6 部分数字集成电路的功能	145
参考文献	161

第 1 章

数字电子技术实训基础知识

本章介绍数字电子技术实验课程的安全操作规程、实验常用工具和使用材料、实验方法及常见故障的诊断与排除，以此作为实验课的前期准备，为顺利地完成实验打好基础。

1.1 实验室的安全操作规程

为保证人身与仪器、设备安全，保证实验教学工作严谨、科学、文明、有序地进行，进入实验室后要严格遵守实验室安全管理制度和实验仪器设备安全操作规程。

1.1.1 人身安全

实验室中常见的危及人身安全的事故是触电，为避免事故的发生，进入实验室后应遵循以下规则。

- (1) 实验时不允许赤脚，各种仪器设备应有良好的接地。
- (2) 仪器设备、实验装置中通过强电的连接导线应有良好的绝缘外套，芯线不得外露。
- (3) 实验者在接通或断开 220V 交流电源时，最好用一只手操作。拔电源插头时应用手抓住插头而不要抓住导线，以免导线被扯断发生触电或短路事故。
- (4) 若发生触电事故，应首先迅速切断电源，使触电者立即脱离电源并采取必要的急救措施。

1.1.2 仪器、设备安全

- (1) 使用仪器前应认真阅读使用说明书，掌握仪器的使用方法和注意事项。
- (2) 实验中要有目的地操作仪器面板上的开关或旋钮，禁止盲目拨弄开关，切忌用力过猛。
- (3) 实验过程中要特别注意异常现象的发生。若嗅到焦臭味，见到冒烟和火花，听到“劈啪”的响声，感到设备或元器件过热，电源指示灯异常熄灭及保险丝熔断等，应立即切断电源，并及时报告实验指导人员。在查明原因、排除故障后，才能再次开机继续实验。如发生损坏仪器设备事故，应主动向指导教师汇报。
- (4) 搬动仪器设备时，必须轻拿轻放；未经允许不得随意调换仪器，更不得擅自拆卸仪器设备。
- (5) 仪器使用完毕，应将面板上各旋钮、开关置于合适的位置，如将数字万用表功能开关旋至“OFF”挡、将指针式万用表挡位开关置于交流电压最大挡。实验完毕应切断电源。
- (6) 为保证器件及仪器安全，在连接实验电路时，应在电路连接完成并检查完毕后，再接通电源及信号源。

1.2 数字电路实验常用器材和工具的使用

本节介绍在多孔实验插座板上进行数字电路实验时所需要的基本器材、安装检修工具，及其使用方法、经验和技巧。

1.2.1 常用器材

1. 多孔实验插座板

多孔实验插座板俗称为“面包板”，因其有许多供布线的孔类似面包而得名。

图 1-1 为常用多孔实验插座板的示意图。在多孔实验插座板上布满了供插接元器件的小孔，每个多孔实验插座板由两排 64 列导电良好的金属弹性簧片组成。每列对应一个簧片，每个簧片有 5 个触孔，这 5 个触孔在电气上相通，而各列之间电气上不通。因此，每一列可作为电路中的一个节点，在此节点上，最多可连接 5 个元器件。触孔之间及簧片之间均为双列直插式集成电路的标准间距，因此适于插入各种双列直插式集成电路，亦可插入引脚直径为 $\Phi 0.5\text{mm} \sim 0.6\text{mm}$ 的任何元器件。当集成电路插入两列簧片之间时，其余的 4 个插孔可供集成电路各引脚的输入输出或互连，另有两排平行的插孔可专供接入电源线及地线，每半排插孔之间相互连通，这为需要多电源供电的线路实验提供了很大的方便。

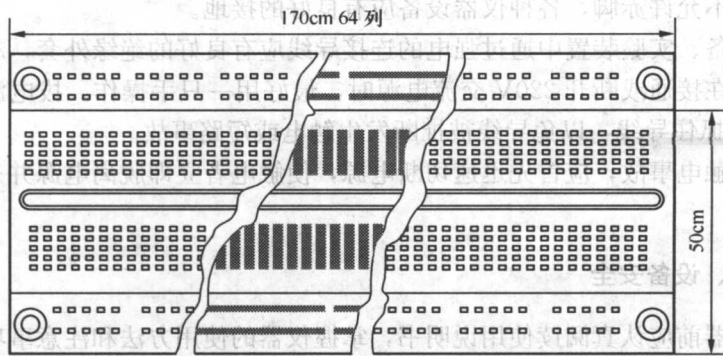


图 1-1 多孔实验插座板（面包板）示意图

多孔实验插座板的使用灵活、方便，虽然元器件的排列与引线的走向受到一定限制，但仍可做到使搭接的电路整齐、美观。

用多孔实验插座板搭接电路一般用于临时性试验，不需焊接，因此元器件的引线不必剪短，可以反复使用，利用率高，不易损坏元器件，更换器件快捷、增减自如。对于已定型的电路，则需采用印制电路板。

2. 单芯硬导线

为配合多孔实验插座板而采用直径为 $\Phi 0.5\text{mm} \sim 0.6\text{mm}$ 的单芯塑料包皮硬导线。

在截取导线时，注意将剪刀口稍微斜放着截取，使导线断面呈尖头以便于插入多孔实验插座板。截取导线的长度必须适当，导线两端绝缘包皮以剥去 $2\text{mm} \sim 4\text{mm}$ 为宜，若太短，

则导线无法与弹性簧片良好接触；若太长，则裸露部分的金属易相互短路。一根导线经过多次使用后，线头易弯曲，以至很难再插入多孔实验插座板，因此必须用镊子理直，否则将其剪去，重新剥出一个线头。

整齐的布线极为重要，它不但使检查、更换器件方便，而且使线路可靠。布线时，应在组件周围布线，并使导线不跨过集成电路，避免交叉走线，尽量使用短线，同时设法使导线尽量不覆盖不用的孔，且应贴近多孔实验插座板表面。布线的顺序通常是首先接电源线和地线，再把闲置输入端通过一只 $1\text{k}\Omega \sim 10\text{k}\Omega$ 的电阻接电源正极（逻辑1）或接地（逻辑0），然后接输入线、输出线及控制线。

单芯硬导线有多种颜色可供选用，通常用不同颜色来区分不同功能的连接线。如常用红色导线接电源线，用黑色导线接地线，而用其他不同颜色的导线分别接输入线、输出线及控制线，这样便于在连接较复杂电路时检查和排除故障。

1.2.2 常用工具

1. 镊子

镊子是安装集成电路和导线不可缺少的工具。

新的双列直插式集成电路的引脚往往不是直角，而是有些向外偏，因此在插入前需先用镊子把引脚向内弯好，使两排间距离恰好为 7.5mm 。每次将集成电路插入多孔实验插座板时，需注意每一个引脚是否位置合适，若引脚不整齐需用镊子整理。因为一般组件在多孔实验插座板上接插得很紧，切勿用手拔组件，否则不但费力，而且易把引脚弄弯甚至损坏。若需从多孔实验插座板上拆卸集成电路，则需用镊子对撬。

在布线密集的情况下，镊子对嵌线和拆线是很有用的。要求镊子的钳口为尖的，弹性适中。

2. 剥线钳

这是专用的剥引导线塑料包皮的工具，将待剥表皮的导线插入剥线钳中与导线粗细适当的孔位中，夹紧钳柄，拉出导线，则线皮即可剥掉。

3. 剪刀

剪刀可用于截取导线、修剪元器件的引脚等。在安装电路时，用剪刀剪取适当长度的导线。若导线的长度很短就无法使用剥线钳，可以用剪刀剥去导线外层的塑料绝缘包皮，方法是：用剪刀口轻轻夹住导线头，抓紧导线的另一头，将剪刀向外拔，便可剥下导线的外皮；或者先在导线头外轻轻剪一圈，割断导线外皮，再剥导线皮。注意刀口要锋利，剪刀夹紧引线头时既不能太紧也不能太松，太紧会剪断或损伤内部的金属导线，太松又不能剥下外皮。

1.3 数字电路的实验方法

在进行数字电路实验时，除了掌握实验电路的工作原理、所用元器件的性能和使用规则及测试仪器的操作方法外，还必须掌握数字电路的实验方法和逻辑电路的测试方法。要运用正确的方法进行电路调试或逻辑参数的测试。

1.3.1 TTL 与 CMOS 数字集成电路的使用规则

1. TTL 电路使用规则

(1) 电源

① 典型电源电压为 $5\text{V} \pm 0.25\text{V}$ (74 系列), 超出此范围电路工作将可能紊乱。电源的正极和地线不可接反, 电源电压的极限参数为 7V 。TTL 电路存在尖峰电流, 需要良好接地, 并要求电源内阻尽可能小。为防止外来干扰信号通过电源窜入电路, 常在电源输入端接入 $10\mu\text{F} \sim 100\mu\text{F}$ 的低频滤波电容, 每隔 $5 \sim 10$ 个集成电路在电源和地之间接入一个 $0.01\mu\text{F} \sim 0.1\mu\text{F}$ 的高频滤波电容。

② 数字逻辑电路和强电控制电路要分别接地, 避免强电控制电路在地线上产生干扰。

③ 在电源接通时, 严禁插拔集成电路, 因为电流的冲击可能会造成其永久性损坏。

(2) 闲置输入端

输入端不能直接与高于 $+0.5\text{V}$ 和低于 -0.5V 的低内阻电源连接, 否则将损坏芯片。输入端悬空等效于接高电平, 但易引入干扰, 故闲置输入端应根据逻辑功能的要求连接, 以不改变电路逻辑状态及工作稳定为原则。

① 对于输入关系为相“与”的情况(与门、与非门), 闲置输入端应接高电平。可直接接电源正极(临时实验时允许), 或通过一只 $1\text{k}\Omega \sim 10\text{k}\Omega$ 的电阻接电源正极(要求长期工作时), 也可与有用输入端并联使用(若前级驱动能力允许时)。

② 对于输入关系为相“或”的情况(或门、或非门), 闲置输入端应接低电平。一般直接接地, 也可与有用输入端并联使用(若前级驱动能力允许时)。

③ 对于与或非门中不使用的与门, 该与门至少有一个输入端接地。

(3) 输出端

① 输出端不允许直接接电源或直接接地, 否则可能使输出级的管子因电流过大而损坏。输出端可通过上拉电阻与电源正极相连, 使输出高电平提升。输出电流应小于产品手册上规定的最大值。

② 具有推拉式输出结构的 TTL 门电路的输出端不允许直接并联使用。

③ 集电极开路门输出端可并联使用实现“线与”, 其公共输出端和电源正极之间应接负载电阻。集电极开路门可驱动大电流负载, 实现电平转换。

④ 三态输出门的输出端可并联使用, 但任一时刻只允许一个门工作, 其他门应处于高阻状态。

2. CMOS 电路使用规则

(1) 电源

① V_{DD} 应接电源正极, V_{SS} 应接电源负极, 不可接反, 否则可能会造成电路永久性失效。

② 4000 系列的电源电压可在 $3\text{V} \sim 15\text{V}$ (A 型)、 $3\text{V} \sim 18\text{V}$ (B 型) 范围内选择, 不允许超过极限值 20V 。电源电压越高, 抗干扰能力越强。实验电路中, 一般选择 $+5\text{V}$, 与 TTL 电源电压相同。

③ 4500 系列的电源电压可在 $3\text{V} \sim 18\text{V}$ 范围内选择, 不允许超过极限值 18V 。

④ 高速 CMOS 电路中 HC 系列的电源电压可在 $2\text{V} \sim 6\text{V}$ 范围内选择, HCT 系列的电源

电压在 4.5V~5V 范围内选择,但最大不超过极限值 7V。

⑤ 在电源接通时,严禁插拔集成电路,因为电流的冲击可能会造成其永久性损坏。

(2) 闲置输入端

① 凡接通电源的 CMOS 集成电路,其所有闲置输入端不允许悬空,否则输出状态不稳定,还会产生大电流,使电路失效。

② 对于输入关系为相“与”的情况(与门、与非门),闲置输入端应接高电平,可直接接 V_{DD} 。

③ 对于输入关系为相“或”的情况(或门、或非门),闲置输入端应接低电平,可直接接 V_{SS} 。

④ 闲置输入端不宜与有用输入端并联使用,这样会增大输入电容,使电路工作速度下降。但在低速应用时允许输入端并联使用。

(3) 输出端

① 输出端不允许直接接电源 V_{DD} 或直接接地 V_{SS} ,否则可能使输出级的管子因电流过大而损坏。输出电流应小于产品手册上规定的最大值。

② 为提高驱动能力,可将同一集成芯片上的相同门电路的输入端、输出端并联使用。

③ 当输出端接大容量负载电容时,流过的电流很大,使功耗增加、工作速度下降,甚至可能损坏管子,因此需在输出端和大电容之间串接一个限流电阻($R \geq 10k\Omega$),并尽量减小容性负载,以保证流过管子的电流不超过允许值。

(4) CMOS 电路的保护措施 1——防止静电击穿

CMOS 电路的输入端设置了保护电路,但这种保护是有限的。由于 CMOS 电路的输入阻抗很高,极易产生较高的静电电压,从而击穿 MOS 管栅极极薄的绝缘层,造成器件的永久性损坏。为此可采取下列措施。

① 焊接时最好采用低瓦数(如 20W)内热式电烙铁。电烙铁必须接地良好,必要时可将电烙铁电源断开,利用余热焊接,焊接时间不宜过长。焊接用工作台不要铺塑料板等易带静电的物体,避免外界干扰和静电击穿。

② 安装、调试时,应使所有的工具、仪表、工作台面等良好接地。

③ 存储和运输时,最好采用金属屏蔽层作为包装材料。

(5) CMOS 电路的保护措施 2——预防锁定效应

CMOS 电路特有一种失效模式——锁定效应,也称作可控硅效应,这是器件固有的故障现象,其原因是器件内部存在正反馈。消除正反馈形成条件,即可预防锁定效应。为此可采取下列措施。

① 通电测试时若信号源和电路板使用两组稳压电源,则应先接入直流电源,后接信号源;使用结束时,应先关信号源,后关直流电源。

② 保证输入信号电压低于 V_{DD} ,高于 V_{SS} 。

③ 不用手触摸输入引脚。

1.3.2 TTL 与 CMOS 电路的主要电气参数指标

1. 常用数字集成芯片主要参数指标对照

表 1-1 常用数字集成芯片主要参数指标对照 (电源为+5V 时测试)

参数名称	系列类别	TTL	CMOS		
		74LS	4 000	74HC	74HCT
电源电压范围 V_{CC}/V		5 ± 0.25	3~18	2~6	5 ± 0.5
导通电源电流 I_{CCL}		$\leq 10mA$	—	$\leq 20\mu A$	$\leq 20\mu A$
截止电源电流 I_{CCH}		$\leq 5mA$	—	$\leq 20\mu A$	$\leq 20\mu A$
输出高电平电压 U_{OH}/V		≥ 2.7	$\geq V_{DD} - 0.05$	$\geq V_{DD} - 0.1$	$\geq V_{DD} - 0.1$
输出低电平电压 U_{OL}/V		≤ 0.5	≤ 0.05	≤ 0.1	≤ 0.1
输入高电平电压 U_{IH}/V		≥ 2.0	≥ 3.5	≥ 3.5	≥ 2.0
输入低电平电压 U_{IL}/V		≤ 0.8	≤ 1.5	≤ 1.0	≤ 0.8
输出低电平电流 I_{OL}/mA		≤ 8	≤ 0.51	≤ 4	≤ 4
输出高电平电流 $-I_{OH}/mA$		≤ 0.4	≤ 0.51	≤ 4	≤ 4
输入低电平电流 $-I_{IL}/\mu A$		≤ 400	≤ 0.1	≤ 0.1	≤ 0.1
输入高电平电流 $I_{IH}/\mu A$		≤ 20	≤ 0.1	≤ 0.1	≤ 0.1
扇出系数 N_O		≥ 10	≥ 50	≥ 50	≥ 50
平均传输延迟时间 t_{pd}/ns		10	45	10	10
最高工作频率 f_{max}/MHz		50	5	50	50
每门功耗 P		2mW	5 μ W	1 μ W	1 μ W
速度功率积/pJ		40	0.03~10	0.03~10	0.03~10
工作温度范围 $T/^\circ C$		0~70	-40~85	-40~85	-40~85
直流噪声容限 $DCM (L/H) /V$		0.3/0.7	1.45	0.9/1.35	0.7/2.4

2. CMOS 的主要电气参数指标 (以双 4 输入与非门 CC4 012 为例)

表 1-2

CMOS 双 4 输入与非门 CC4 012 的主要参数指标

($T_A = 25^\circ C$ 动态参数测试时输入脉冲 $t_r, t_f = 20ns$ $C_L = 50pF$ $R_L = 200k\Omega$)

参数名称	符 号	测试条件 (V)			参 数		单 位
		u_0	u_1	V_{DD}	最小值	最大值	
静态电流	I_{DD}		0/5	5		0.25	μA
			0/15	15		1.00	
输出低电平电流	I_{OL}	0.4	0/5	5	0.51		mA
		1.5	0/15	15	3.4		
输出高电平电流	I_{OH}	4.6	0/5	5	-0.51		mA
		13.5	0/15	15	-3.4		
输入电流	I_i		0/18	18		± 0.1	μA
输出低电平电压	U_{OL}		0/5	5		0.05	V
			0/15	15		0.05	
输出高电平电压	U_{OH}		0/5	5	4.95		V
			0/15	15	14.95		

续表

参数名称	符 号	测试条件 (V)			参 数		单 位
		u_i	u_1	V_{DD}	最小值	最大值	
输入低电平电压	U_{IL}	0.5/4.5		5		1.5	V
		1.5/13.5		15		4	
输入高电平电压	U_{IH}	0.5/4.5		5	3.5		V
		1.5/13.5		15	11		
传输延迟时间	t_{pd}			5		250	ns
				15		90	

1.3.3 数字电路的功能测试方法

在数字电路进行安装与调试中，通常需要测试集成电路器件和由集成器件组成的逻辑电路的功能，以检验和修正设计方案。下面分别介绍数字电路功能的测试方法。

1. 数字集成芯片的功能测试方法

在安装电路之前，应对所选用的数字集成芯片进行逻辑功能检测，以避免因器件功能不正常而增加调试的困难。检测前首先应充分熟悉和理解芯片的逻辑功能，采用适当的测试手段。检测器件功能的方法是多种多样的，常用的有如下几种。

(1) 仪器检测法。可以用仪器进行检测，如利用示波器、逻辑信号笔、脉冲信号笔、数字频率计、专用逻辑仪等。

(2) 功能实验检查法。可在实验仪上把被测器件搭接成临时实验电路，利用实验电路进行器件的逻辑功能测试。

当数字集成芯片输入端的数量较多时，如何完整而迅速地测试，需依靠对所测芯片逻辑功能的理解灵活掌握。

如4输入端与非门，根据与逻辑运算特点，只需测0111、1011、1101、1110（输入有“0”则结果为“1”）、1111（输入全“1”结果才“0”），共5项输入，便可知每个输入端功能是否正常，而无需测16项输入组合。

又如8选1数据选择器，其输入端有1个选通端、3个地址选择端、8个数据输入端，共12个端子，不应也不可能盲目地测试 2^{12} 共4096种输入组合，而需按照其功能表，首先验证选通端处于“禁止”时的功能，此时输出恒为0，改变地址选择端和数据输入端都不能影响结果（因此这些端子此时为无关项）；再使选通端处于选通状态，验证数据选择功能，即分别测试3个地址选择端8种输入组合对应的输出，如输入组合000时，输出Y对应数据输入 D_0 的数据，改变 D_0 的数据则输出Y对应改变，而改变其他各数据输入端（此时为无关项）时输出Y不跟随改变。这样，测试表格只需列出9行即可。如附录C中74LS151的功能表所示。

(3) 替代法。若在正常工作的数字电路中有与待测芯片型号相同的芯片，可用待测芯片取代之。若电路功能仍然正常，则说明该待测芯片功能正常。此方法非常适合检测大量同型号芯片的功能。

2. 几种基本数字电路的功能测试方法