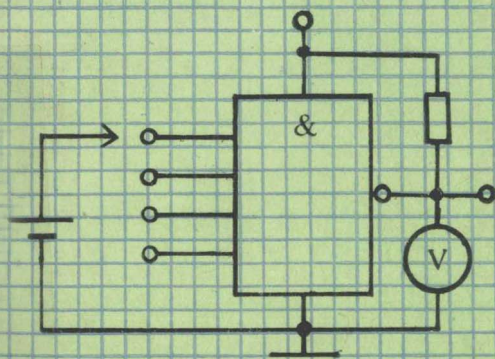


邮·电·中·等·专·业·学·校·教·材

数字电路实验

邓观球 黄劲 编



人民邮电出版社

邮电中等专业学校教材

数 字 电 路 实 验

邓观球 黄劲 编

人 民 邮 电 出 版 社

登记证号(京)143号

内 容 提 要

本书是根据邮电中等专业学校《电子电路》指导小组1990年制定的《数字电路实验教学大纲》的基本要求编写的。

本书主要包括十五个实验和四个大型综合实习，三个仪器的说明与使用。叙述数字电路实验的基本理论、基本技能和基本方法。

本书是邮电中专通信各专业《数字电路实验》课程的教材，也可供电子类各专业学校师生及工程技术人员参考。

邮电中等专业学校教材

数字电路实验

邓观球 黄劲 编

责任编辑：滑玉

*

人 民 邮 电 出 版 社 出 版

北京东长安街27号

人民邮电出版社河北印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各 地 新 华 书 店 经 售

*

开本 787×1092 $1/32$ 1994年5月 第一版

印张 5.5 1994年5月河北第1次印刷

字数 123千字 插页：1 印数：1—21 000册

ISBN7-115-05087-2/TN·692

定价：3.10元

前 言

本书是邮电中等专业学校用书。为了适应邮电教育事业发展的需要，我局自1978年以来，先后成立了邮电中专教材编审委员会及基础课和专业课教材编审组（或小组），全面开展了教材编审活动。到目前为止第一轮邮电中专试用教材已基本上出齐。自1982年开始了各编审组（或小组）对试用几年的教材进行了总结，对原教学大纲进行了修订，并在此基础上，对各课程的邮电中专试用教材作了比较全面的修改和补充，以适应当前邮电技术的发展。我们在几年内，将修改后的教材陆续出版，以满足邮电中等专业学校的教学需要。编写教材，是提高教学质量的关键。我们组织编写本教材时，力求以马列主义、毛泽东思想为指导，努力运用辩证唯物主义的观点阐明科学技术的规律，内容上注意了少而精，尽量反映科学技术的新成就。书内难免存在缺点和错误。希望有关教师和同学在使用过程中，把发现的问题提给我们以便修改提高。

邮电部教育局

编 者 的 话

本书是根据邮电部所属中专《电子电路》教学指导小组1990年制定的《数字电路实验教学大纲》的基本要求编写的。

本课程是邮电中专通信各专业的一门实践性技术基础课，以培养学生掌握实际操作技能、培养学生分析和解决实际问题的能力为目的，系统地介绍数字电路实验的基本理论、基本技能和基本方法。在实验内容的安排上按认识、深入和应用三个层次，由浅入深，循序渐进，并注意与理论课教学密切配合。

本书每个实验均包括实验目的、实验原理、实验电路、实验内容、实验步骤、实验仪器、实验报告和思考题等部分。各个实验先后顺序是按《数字电路》课程的教学顺序编排的，基本上体现了循序渐进的原则，但各个实验均具有相对独立性，因此，可根据具体情况进行选取。实验中的仪器和器件所列出的型号仅供参考，具体型号由各校自行确定。

本书在编写过程中得到广东省邮电学校《电子电路》实验室李寿钧、石红英、张惠武、廖志毅等老师的支持与协助。李寿钧老师并编写了第一个大型实验。《电子电路》教学指导小组的老师也提出了宝贵的意见和建议。对以上同志的热情支持、指导和帮助，在此一并表示诚挚的感谢。

编 者

1993年12月

目 录

第一章 基本知识	(1)
第一节 实验的基本要求.....	(1)
第二节 实验的一般规则.....	(2)
第三节 安全规则.....	(3)
第四节 实验报告.....	(4)
第五节 常见故障的检查.....	(5)
第六节 TTL器件和CMOS器件使用规则.....	(8)
第二章 基本实验	(12)
实验一 SR—8型脉冲示波器的使用	(12)
实验二 XC16A型脉冲信号发生器的使用	(15)
实验三 TTL与非门参数的测试.....	(18)
实验四 组合逻辑电路: 半加器、全加器.....	(26)
实验五 三线—八线译码器.....	(33)
实验六 集成触发器功能测试.....	(36)
实验七 二进制计数器.....	(46)
实验八 十进制计数器.....	(52)
实验九 中规模N进制计数器	(57)
实验十 LED译码显示器.....	(63)
实验十一 移位寄存器.....	(68)
实验十二 555定时器的应用.....	(75)
实验十三 与非门RC环形振荡器.....	(83)
实验十四 集成单稳态触发器.....	(85)
实验十五 锯齿波发生器.....	(90)

第三章 综合实验	(95)
课题一 十进制计数和显示电路的装置和调测.....	(95)
课题二 数字电子钟.....	(100)
课题三 A/D转换器.....	(112)
课题四 智力竞赛抢答器.....	(117)
第四章 实验仪器	(120)
第一节 XC—16A脉冲信号发生器.....	(120)
第二节 SR—8型双踪示波器.....	(125)
第三节 E312型电子计数式频率计.....	(135)
附录 部分常用集成电路手册	(141)
附录一 部分逻辑图形符号对照表.....	(141)
附录二 数字集成电路型号介绍.....	(144)
附录三 国外TTL集成电路规范.....	(148)
附录四 国内外部分集成器件型号对照表.....	(151)
附录五 部分常用集成电路汇编.....	(158)
主要参考书	(168)

第一章 基本知识

第一节 实验的基本要求

《数字电路》是一门技术性和实践性很强的课程。它不仅要从理论上阐明各种电路的基本分析方法，而且要通过实验环节调整和检验电路的最终技术性能。因此，重视实验技能、技巧的训练，提高运用电路理论解决实际问题的能力，是十分重要的。本课程的基本要求如下：

1. 熟悉数字电路实验的基本知识和规则。
2. 了解本课程常用仪器的基本工作原理，掌握使用方法。
3. 掌握常用器件和集成电路的性能、参数、用途及其测试方法。
4. 会观察实验现象，正确记录和处理实验数据，分析和综合实验结果，写出规范的实验报告。
5. 会查阅电子器件和集成电路手册，正确选用所需器件。
6. 能正确选用实验方法和相应的仪表，拟定实验步骤和记录图表，并能使用插件板或逻辑电路试验仪连接线路、完成实验。
7. 具备对大型综合实习电路分析、组装、调试、故障检修以及工程设计的初步能力。

第二节 实验的一般规则

在实验中，尽管实验的目的和内容不同，但实验的基本方法和步骤却是类似的。这些基本方法和步骤可以作为实验的一般规则。一个完整的实验，一般可按以下几点进行：

1. 实验前必须进行预习。要求预习时仔细阅读实验教材和其它参考资料，明确实验目的、任务，了解实验的基本原理、实验线路、方法和步骤，弄清楚实验中要观察哪些现象，记录哪些数据和注意哪些事项。

2. 实验前先检查仪器设备的类型、规格和数量，辅助设备是否齐全，同时了解设备的使用方法。

3. 根据实验要求合理接好实验线路。

4. 按拟定的步骤调试、检测实验电路，观察分析实验现象，读取、记录实验数据。

5. 对实验数据进行检查、分析。若不合理可重做，最后经教师复查并在原始记录上签字，方可进行拆线，并做好仪器设备、桌面和环境的清洁整理工作。

6. 根据所记录的实验数据和实验情况，写出实验报告。

7. 实验中必须严格遵守操作规程，不得随意取用其它未经许可或不是本次实验所用的仪器设备。

8. 未经许可不得随意进行非本次实验内容要求的操作或测试。

9. 实验中仪器设备如有损坏，应立即报告指导老师，等候处理。

第三节 安全规则

实验室的安全包括人身安全和设备安全两方面。注意安全，保证不发生人身事故是完全必要的。爱护仪器，延长仪器的使用寿命，保证仪器正常工作，是实验者的基本职责。实验时必须遵守实验安全规则。

1. 对于超过安全电压（36V以上的交流与直流电压）的电路测试，从人身安全考虑，原则上不允许带电操作；如果不可避免，应在人体与地之间设有可靠的绝缘隔离。低于安全电压的电路实验可否带电作业，要从器件安全考虑，作具体分析。

2. 自觉培养良好用电习惯。工作时要精神集中，对仪器设备、电路导线、元件不作盲目的触摸，扶靠；在调整测试中逐步适应单手操作的方式。

3. 电路联接前，应首先了解电路的性能、工作原理，接线时要仔细认真，接线完毕要认真检查，检查无误后方可接通电源。

4. 使用仪表前应掌握其使用方法及注意事项、安全操作规程。要特别注意勿使仪器负载过重，防止外接电源电压和仪器工作电压不符等情况发生。对测量仪表，要注意量程选择，切忌超量程使用。

5. 实验中不要无目的随意扳动、旋转仪器面板上的旋钮以及开关等各种控制件，或用力过猛地扳动、旋转，以免造成不必要的损坏。

6. 仪器使用过程中，不要经常开关电源。频繁地开关会影响仪器工作的稳定性。不应随意拆卸实验装置，如拆接连

线、插拔集成块等。实验完成后应按说明关闭电源，并关闭实验电源。仪器电源线插头则不必拔掉，经常插拔会影响插头、插座的使用寿命。

7. 应注意仪器使用中的散热问题。输出功率较大的仪器设备，应放置在空气流通的地方，仪器上面不要放置其它物品，以利散热。带有排风扇的仪器，应注意风扇运转是否正常。如不正常，应停止仪器使用，以防仪器设备因温度太高而不能正常工作，甚至造成损坏。

8. 实验过程中，应随时注意仪器及电路的工作状态，如发现异味、熔丝断裂、仪器失灵、元器件过热、机壳带电等不正常现象时，应立即切断本组电源，寻找原因，直至原因查明并排除后，方能恢复实验。

9. 仪器使用完毕后，面板上各旋钮、开关应旋转、扳动至合适的位置。如电压表量程开关应旋至最高档位。

第四节 实验报告

实验报告是实验结果的总结与反映，必须认真撰写，要求文字流畅、字迹端正、图表清晰、结论正确。实验报告应包括以下内容：

1. 实验名称，实验日期，实验者班级，姓名及学号，实验组别，同组人姓名。

2. 实验目的与要求。实验目的与要求是实验的宗旨，只有明确了解实验目的与要求，才能进行实验，做好实验。

3. 实验电路。画出实验电路图，必要时需简要介绍实验电路的工作原理。

4. 实验结果。实验结果是对实验所得的原始数据进行分

析计算得出的结论。实验结果可用数据或表格表示。实验结果应满足实验的目的要求。

5. 实验小结。实验小结即总结实验完成的情况,对实验方案和实验结果进行讨论,对实验中遇到的问题进行分析,简单叙述实验的收获和体会,回答要求实验后回答的问题。按规定的时间将实验报告交指导老师评阅。

第五节 常见故障的检查

在实验中,当电路达不到预期的逻辑功能时,就称有故障。通过检查,正确地判断产生故障的原因,及时排除故障使电路恢复正常工作,是一项重要的技能训练。

一、产生故障的原因

大致有以下几方面:

1. 电路设计错误。指选用器件和电路各器件之间在时间配合上的错误。
2. 安装布线错误。
3. 器件使用不当或功能不正常。
4. 实验仪器或逻辑实验箱不正常。

二、检查故障的方法

1. 对半分隔法

若是由大量模块串联而成的电路系统,可采用对半分隔法进行故障检查。可将系统分成若干不同的功能模块,通过测量先找到故障功能模块,然后再对该模块进行详细的测量,以发现实际的故障元件。

2. 改变输入状态, 判断故障

例如集成块输出保持高电平不变, 则集成块可能没有接地或接触不良。若输出信号保持与输入信号同样规律变化, 则集成块可能没有接电源。对于JK触发器, 无论输入端如何变化, 该触发器始终处于计数状态, 则可判断JK端漏接导线, 处于开路状态。

3. 动态跟踪法

动态检查是在输入端加一个有规律的信号, 按信号流程依次检查各级波形, 直至找到故障为止。例如十进制计数器, 若发现计数到某一级不正常, 则可基本确定该级电路有问题。要么触发器本身不正常, 要么反馈等输入信号未加到这一级输入端, 或该级连线有错、接触不良等, 从而排除上述可能出现的故障。

4. 逻辑逼迫法

首先对系统中故障率最高的模块进行检测, 然后再检测下一个最不可靠的电路模块, 最后则可找到故障所在模块并加以排除。这种方法比常用“从输入到输出(或从输出到输入)检测方法”的检查速度要快, 对已经多次检测过的系统或装置比较适合。

5. 非时序故障定位法

这种方法按任意次序进行一系列的随机测试, 并根据人脑中“存储”的应有故障现象进行比较、判断, 最后找到故障模块的所在位置。采用这种方法有时可很快地找到故障所在的模块, 其前提是必须对系统的工作原理十分熟悉, 而且有丰富的检测经验。

6. 替换法

多个输入端的器件, 若实际使用中有多余的输入端, 在查

故障时可调换其另一个输入端使用。或将已调好的单元组件替代有故障嫌疑的相同的单元组件，将其接入电路进行比较，用示波器分别观察故障系统与正常工作系统相对应电路模块的输出。甚至可互换零部件，以排除器件功能不正常所引起的故障。

7. 直观检查

以上几种检测方法介绍中都只考虑了通过仪器进行测试。实际上，由于元器件的损坏，印刷板质量不好，以及安装造成的断线、虚焊、错焊、焊点短接或错误布线等所引起的故障，常占很大比例。此时即可在断开电源情况下，通过直观检查进行故障的检测与排除。这种方法往往可以排除很多故障。

8. 大型综合实习

在进行大型综合实习时，需先按方块图，将有关电路调测后再联调。因这种实验使用集成器件较多，可按功能划分为几个独立的子单元，再逐一布线调试。最后将各子单元连起来统调，这样成功的把握性大。

以上谈的关于实验电路的故障检测与排除，是在仪器工作正常情况下进行的。如果实验时电路功能测不出来，则首先应检查电源电压，检查逻辑实验箱的高低电平、单次脉冲和连续脉冲输出是否正常。

三、检查故障时的注意事项

1. 在电源接通时，决不要移动或插入集成电路，因为电流的冲击可能会造成器件的损坏。

2. 在电源断开时，不要加上测试信号。

3. 应在实验的集成电路插脚上检查电压，而不是在印刷板连线上检查，否则，集成电路上电源端的连线很可能被遗漏

检查。

4. 拆装故障元器件时应用小功率的电烙铁(20~50W)以防焊接温度过高使元器件损坏或性能发生变化。被拆器件所有焊点的焊锡都要用吸锡器吸掉后方可取出。使用吸锡器时要避免把印刷板上的铜皮也吸下来。如果安装时需要弯折器件引脚,则应在器件引脚伸出3~5mm处开始弯折,以防弯折处折断造成器件无法再使用。

在检查器件时,尤其在检测集成电路时,应避免因使用大型测试探针而造成相邻引脚之间的短路。

第六节 TTL器件和CMOS器件使用规则

一、一般的使用规则

1. TTL电路

(1) TTL电路的电源电压 U_{cc} 应满足 $5V \pm 10\%$ 的要求,超过这个范围将损坏器件或功能不正常。考虑到电源通断瞬间或其他原因会使电源线上产生冲击电压,外界干扰或电路间相互干扰也会通过电源引入,故必须对电源进行去耦和滤波,在印刷电路板上每隔5~10个集成块应加接高频滤波电容(0.1 μ F圆片陶瓷电容),印刷电路板外的电源线可用2~10 μ H的电感和10~15 μ F的电容滤波。

(2) 电源 U_{cc} 和地线千万不能颠倒错接,否则将引起大电流而造成电路失效。

(3) 电路各输入端不能直接与高于5.5V和低于-0.5V的低内阻电源连接,以免因过流而烧坏电路。

(4) 当输入端有接地电阻时,若器件通电,则必然有电流通

过该电阻。若 $R \leq 680 \Omega$ ，则输入端相当于逻辑0；若 $R \geq 4.7k\Omega$ ，则输入端相当于逻辑1（注意：产品不同， R 值有所变化）。

（5）输出端不允许直接接+5V电源或地。对于100pF以上的容性负载，应串接几百欧姆的限流电阻，否则将导致器件损坏。

（6）除集电极开路（OC）和三态（TS）电路外，输出端不允许并联使用，否则引起逻辑混乱，甚至损坏器件。

2. CMOS电路

（1） U_{DD} 端接电源正极， U_{SS} 端接电源负极（地），绝对不许接错，否则器件（包括保护电路）因电流过大而损坏。

（2）CMOS电路可以在很宽的电源电压范围内提供正常的逻辑功能，但电源的上限电压不得超过电路允许的电压极限值 U_{max} ，下限值不得低于为保证系统速度所必需的电源电压最低值 U_{min} 。

（3） U_{DD} 电压宜于选在电源变化范围的中间值。例如电源电压在8~12V之间变化，则选择的 $U_{DD}=10V$ 较恰当。对于电源为+3~+18V的系列器件，例如CC4000系列，实验中的 U_{DD} 通常接+5V电源，这样便于和TTL器件的电源一致。

（4）CMOS器件在不同的 U_{DD} 值下工作时，其输出阻抗、工作速度和功耗等参数都有所变化，在设计中必须加以考虑。

（5）CMOS器件输入阻抗极高，易受外界干扰形成电荷积累，造成高压静电击穿。因此在器件内部输入端采用二极管、电阻保护电路，如图1-6-1所示。引入该电路后，给电路的应用带来一些限制：

①输入信号 U_i 必须处于 U_{DD} 、 U_{SS} 之间，以防二极管因为正向偏置电流过大而被烧坏。一般 $U_{SS} \leq U_{IL} \leq 0.3U_{DD}$ ， $0.7U_{DD} \leq U_{IH} \leq U_{DD}$ ， U_i 的极限值为 $U_{DD}+0.5V$ 和 $U_{SS}-0.5V$ 。

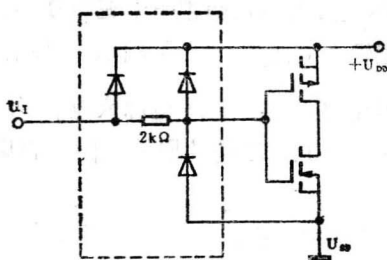


图 1-6-1 CMOS输入端保护电路

②每个输入端的典型输入电流 $I_1=10\text{pA}$ ，输入电流以不超过 1mA 为佳，并且限制在 10mA 以内。

(6)其它注意事项

①为避免外界干扰和静电击穿，CMOS器件在使用和存放时应特别小心。通常存放在金属壳的容器内。

②焊接时应将电路板断电，电烙铁外壳必须接地良好，必要时可将烙铁断电，利用烙铁余热焊接。

③改变电路接线或插拔电路器件时，务必切断电源。

④所有测试仪器外壳必须良好接地。

⑤调试电路板时，开机先开电路板电源，后开信号源电源；关机应先关信号源电源，后断电路板电源。

二、多余输入端的处理办法

1. TTL电路

(1)如电源电压不超过 5.5V ，可将不用的与输入端接 U_{CC} ，如图1-6-2(a)所示，或通过 $1\text{k}\Omega$ 电阻接到 U_{CC} 上，如图1-6-2(b)所示。

(2)不使用的与输入端可以悬空，但不允许带开路的长线。对于接有长线的输入端、中规模以上的集成电路和使用集