



国家级职业教育规划教材
劳动保障部培训就业司推荐

高等职业院校电气自动化技术专业

电子制作实训

GN_H

Dianqi Zidonghua Jishu Zhuanye

GaodengZhiyeJishuYuanxiao

劳动保障部教材办公室组织编写



中国劳动社会保障出版社

国家级职业教育规划教材
劳动保障部培训就业司推荐
高等职业技术学院电气自动化技术专业

电子制作实训

劳动和社会保障部教材办公室组织编写

主编 刘进峰

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

电子制作实训/刘进峰主编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2006
高等职业技术学院电气自动化技术专业
ISBN 7-5045-5715-3

I. 电… II. 刘… III. 电子器件-制作 IV. TN-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 080896 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出 版 人: 张梦欣

*

新华书店经销

国防工业出版社印刷厂印刷 北京密云青云装订厂装订

787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 11 印张 270 千字

2006 年 7 月第 1 版 2006 年 7 月第 1 次印刷

定价: 18.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64911344

前 言

为贯彻落实《国务院关于大力发展职业教育的决定》精神，坚持以就业为导向的职业教育办学方针，推进高等职业技术学院课程和教材改革，劳动和社会保障部教材办公室组织一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师与企业、行业一线专家，共同研究开发了电类专业课程的基础平台，涉及电工基础、模拟电子技术、数字电子技术、电工基本技能、金工实习等课程；还开发了电气自动化技术、应用电子、移动通信技术三个专业模块的课程。在课程开发的同时，编写了电类专业相关教材 36 种。

在教材的编写过程中，我们贯彻了以下编写原则：

第一，从职业（岗位）需求分析入手，参照国家职业标准《维修电工》《家用电子产品维修工》《电子设备装接工》《家用电器产品维修工》《用户通信终端（移动电话机）维修员》的要求，精选教材内容，切实落实“管用、够用、适用”的教学指导思想。

第二，体现以技能训练为主线、相关知识为支撑的编写思路，较好地处理了理论教学与技能训练的关系，有利于帮助学生掌握知识、形成技能、提高能力。

第三，按照教学规律和学生的认知规律，合理编排教材内容。尽量采用以图代文的编写形式，降低学习难度，提高学生的学习兴趣。

第四，突出教材的先进性，较多地编入新技术、新设备、新材料、新工艺的内容，以期缩短学校教育与企业需要的距离，更好地满足企业用人的需求。

在上述教材的编写过程中，得到有关省市教育部门、劳动和社会保障部门以及一些高等职业技术学院的大力支持，教材的诸位主编、参编、主审等做了大量的工作，在此我们表示衷心的感谢！同时，恳切希望广大读者对教材提出宝贵的意见和建议，以便修订时加以完善。

劳动和社会保障部教材办公室

2006 年 6 月

内 容 简 介

本书为国家级职业教育规划教材，根据高等职业技术学院电气自动化技术专业教学计划和教学大纲，由劳动和社会保障部教材办公室组织编写。主要包括：电子制作的基础知识、模拟电子电路的制作、数字电子电路的制作、综合应用实训等。每一课题在编写时着重突出了电路基本原理分析、电路装配工艺、调试过程中的检测方法等操作技能。

本书为高等职业技术学院电气自动化技术专业教材，也可作为成人高校、广播电视大学、本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校的电气自动化技术专业教材，或作为自学用书。

本书由刘进峰主编，参加编写的有王春阳、李建军、董必谨，由梁建华主审。

目 录

模块一 电子制作的基础知识.....	(1)
课题一 电子制作实训基本要求.....	(1)
课题二 电路安装调试及故障处理的方法.....	(3)
课题三 常用集成电路应用知识.....	(8)
模块二 模拟电子电路的制作.....	(16)
课题一 串联型稳压电源.....	(16)
课题二 音频放大器.....	(23)
课题三 低失真桥式振荡器.....	(32)
课题四 电压检测控制电路.....	(39)
课题五 简易毫伏电压测量电路.....	(47)
模块三 数字电子电路的制作.....	(55)
课题一 数显定时器电路.....	(55)
课题二 声控计数器.....	(63)
课题三 二维彩灯控制器.....	(71)
课题四 数字式密码锁.....	(79)
模块四 综合应用实训.....	(87)
课题一 脉冲计数的数显与电压指示电路.....	(87)
课题二 求和运算与双积分式 A/D 转换电路	(97)
课题三 数字频率计.....	(107)
课题四 单片机八路广告灯控制电路.....	(118)
课题五 单片机音乐电路.....	(124)
课题六 电路测绘.....	(132)
附录 相关资料汇编.....	(139)
附录一 半导体器件型号命名方法 (国内、国外)	(139)
附录二 半导体二极管.....	(140)
附录三 半导体三极管、场效应晶体管、晶闸管.....	(150)
附录四 TTL 与 CMOS 电路功能相近型号表	(159)
附录五 CMOS 4000 系列数字集成电路检索表	(160)
附录六 SN54/74LS 系列数字集成电路检索表	(163)
参考文献.....	(167)

模块一 电子制作的基础知识

课题一 电子制作实训基本要求

《电子制作实训》是电气技术的综合实践课程之一，在本实践课上，除了要介绍必要的基本理论知识和基本实训方法外，主要安排学生根据课题内容及要求自己动手实践操作，通过训练巩固所学的理论知识，培养学生掌握电子装配与调试的基本方法，提高学生岗位操作的技能和解决实际问题的能力，为后续专业课程的学习和从事电气工程技术工作打下良好的技能基础。

一、实训基本要求

通过本课程的实践教学和技能训练，学生应达到以下要求：

1. 具有严谨求实的科学态度和踏实细致、爱岗敬业的工作作风。
2. 熟悉电子产品的安装、调试、维修的基本操作技能要求和安全规则。
3. 能识读电子电路装配技术文件，会分析基本电子电路原理和作用。
4. 熟练掌握电子技术工程常用电子测试仪器及设备的选择和使用方法。
5. 了解常用电子元器件和集成电路的性能、参数、用途，掌握其测试和选用方法。
6. 能根据电路图，独立采购电路所需的电子元器件和辅件等材料。
7. 能独立进行一般电子电路的安装、调试、观测、记录和处理测试数据，综合分析测试结果，撰写实训报告。
8. 能根据工程技术要求，安装和调试较复杂的电子电路，具有发现、分析和排除一般电路故障的能力。
9. 能掌握电子设计自动化（EDA）技术，能运用常用 EDA 软件进行一般电子产品及系统的开发设计。
10. 会查阅工程设计手册和产品技术文献资料，能从互联网上下载各种技术信息和软件资料。

二、实训基本环节

在《电子制作实训》课程中，有多个目的和内容各不相同的实训课题，但每个课题的训练过程是相同的，操作方法也有很多相似之处。实训的基本操作过程可分为实训预习、实践操作和实训报告三个环节。同时，在整个实训过程中，还必须营造企业生产现场氛围，贯穿企业的“安全生产”“文明生产”“质量效率”等理念，严格遵守安全生产制度。

1. 实训预习

为了确保实训质量，提高实训效果，要求学生在每次实训前必须认真做好预习。仔细阅读实训指导教材及相关电子技术资料，了解整个实训内容和步骤，理解实训电路的工作原理，并清楚实训过程中应该使用哪些仪器设备，要观察哪种现象，记录哪些数据，达到什么

实训目的。每个学生应按预习要求认真准备，对自己要进行的实训课题做到心中有数，写出预习报告。

2. 实践操作

实践操作是实训课程的主要内容，实践操作时应做到以下几点：

(1) 学生应按规定的时间到实训室或实习现场参加实训，认真听取实训指导教师的讲解。

(2) 仔细核对实训所需要的实验仪器、设备和元器件是否齐全，是否符合要求，摆放布局是否合理。接线前，应首先了解各种实验仪器设备的使用方法、元器件的参数、电源种类和电压等级。

(3) 按照电路图装接好电子线路，装接时要尽可能做到整齐美观，经检查无误后，方可接通电源。

(4) 按照实训内容和步骤进行操作，先观察和分析电路现象，后记录电路关键测试点的波形或数据。必须正确使用各种仪器、仪表，认真仔细地按规范操作，如实记录电路的实测数据。

(5) 实践操作中若发现有异常现象，要立即切断电源，并查找故障。排除故障后再接通电源继续实训；实训中仪器设备如有损坏，应立即切断电源并报告指导教师，等候处理。

(6) 实训完毕后，先切断电源，然后根据实训要求核对实测数据，经教师审核认可后再拆除接线，整理仪器设备，将其摆放整齐，请教师验收后才能离开实训教室。

3. 实训报告

实训报告是实训目的、过程、结果的体现，撰写实训报告也是一种基本技能素质的训练，报告质量是实训成绩的考核依据之一，应予以充分重视。实训操作结束后，学生应根据记录的实测数据进行分析 and 总结，得出实训的结果，独立撰写实训报告。

实训报告要求做到：文字精练，书写规范，论述清楚，图表清晰，数据完整，实事求是，独立完成。

实训报告包括以下几部分内容：

(1) 实训报告封面 包括学院名称、实训名称、实训日期、实训者姓名、学号、班级和指导教师。

(2) 实训报告正文 包括课题名称，实训目的，实训内容，实训原理，实训器材，实训电路，安装配线图，实训步骤，波形、数据、表格、分析及实训结论（含预习报告要求的理论分析等相关内容）。

(3) 实训结果及分析 将记录的数据及波形填写到拟定的实验用记录表格中，分析数据及波形。将测量结果与理论分析的结果相比较，分析误差及原因，并对实训中发现的问题或故障作出分析。

(4) 完成每个课题中对实训报告的具体要求。

4. 安全规则

在实训操作过程中，为确保人身安全及设备安全，必须严格遵守实训安全规则，确保用电安全。

(1) 必须保持场地的安静和整洁，实训时不得大声喧哗，不得在各实训组和设备装置间随意窜位走动，要做到文明训练、安全操作。

(2) 仪器设备应有规范、良好的地线；仪器设备、实训装置中凡通过强电的连接导线，都应有良好的绝缘外套，芯线不得外露。

(3) 不准乱拉电线，接线、拆线或改接电路时都必须在断开电源开关的情况下进行，严禁带电操作；应养成良好的操作习惯，先接实训电路，接线完毕且检查无误后才能接通电源；实验完毕必须先断开电源，后拆实验电路。

(4) 仪器、设备必须轻拿轻放，按操作程序正确使用。不得乱动与本实验无关的仪器和设备，不得将器材携带出室外。

(5) 电烙铁不用时，必须放在烙铁架上，烙铁架不能离电路板及仪器、设备太近，用完应及时断开电源。

(6) 为了防止仪器、仪表的损坏，使用时要特别注意仪表的测试量程是否适当，不得超量程使用；在不清楚具体量程时，应从最大量程依次递减；仪器、仪表使用完毕后，要及时切断电源，将面板上各旋钮、开关置于合适位置，如万用表应置量程开关于交流电压最高挡位。

(7) 不得随意拆卸各种仪器设备；仪器使用过程中，不要频繁开关电源；不得随意扳动仪器和电路板上的各种旋钮、开关等；不得用力过猛地使用旋钮和开关。

(8) 实训完毕后，要整理好仪器、设备和实训器材，经教师同意后方可离开实训教室。

课题二 电路安装调试及故障处理的方法

电路安装与调试是电子产品生产中的重要工艺过程。

电子产品的安装技术就是将元器件、零部件和组件按预定的设计要求和相关技术文件，用导线和印制电路板将各零部件之间进行电气连接，并装配在机箱（或机柜）内。在电子产品的生产过程中，必须严格遵循安装工艺、接线工艺、调试工艺、总装工艺、故障处理工艺及产品质量检验工艺。

电子产品安装合理与否对整机性能影响极大，如果不符合工艺要求，轻者会影响电路信号的传输质量，重者会使整机无法正常工作，甚至会使整机毁坏，发生设备和人身事故。然而电子产品的种类繁多，安装调试方法有共性也有个性，这里仅就安装调试中的共性问题作一简单介绍。

一、电子系统的安装

设计电路完成以后，要进行电路的装接，一般应采用印制电路板（PCB板）、通用电路板（万能印制电路板）安装。在实训教学中，简单电路也可以采用面包电路板安装。

电路装接工艺中应遵循的基本原则是：先轻后重、先小后大、先铆后装、先装后焊、先里后外、先低后高、上道工序不得影响下道工序、下道工序不应改变上道工序，注意前后工序的衔接，要使操作者感到方便，节约工时。

进行安装时应注意以下几方面问题：

1. 准备好常用的工具和材料。要将各种各样的电子元器件及结构各异的零部件装配成符合要求的电子产品，一套常用工具是必不可少的，如烙铁、钳子、螺钉旋具、镊子等。正确使用装接工具，可大大提高工作效率，从而保证装配质量。

2. 所有电子元器件在安装前要进行测试，有条件的还要进行老化测试，以保证元器件

质量的可靠性。

3. 有极性的电子元器件安装时不能装反,其标志最好方向一致。集成电路的方向最好保持一致,以便正确布线和查线。

4. 接线要整齐、美观。在电气性能许可的条件下,对低频、低增益的同向接线尽量平行靠拢,使分散的接线组成整齐的线束,并减小布线面积。

5. 为了便于查线,可根据连线的不同作用选择不同颜色的导线。如直流电源正极采用红色导线、负极采用蓝色导线、地线采用黑色导线、信号线采用黄色导线等。

6. 安装电源线和高压电线时,连接点应消除应力,以防止连接点发生松脱现象。交流电源的接线,应绞合布线,以减小对外界的干扰。

7. 不同用途、不同电位的连接线不要扎在一起,应相隔一定距离,或相互垂直交叉走线,以减小相互干扰。

8. 布线要按信号的流向有序连接,连线要做到横平竖直,不允许跨接在集成电路上。另外,选择导线粗细要适中(根据载流大小选择),应避免导线与接插件之间接触不良。

9. 接地线应按照就近接地、接地线短而粗的原则,以减小接地电阻引起的干扰电压。本级电路的地线尽量接在一起,不让任何一个电路的电源经过其他电路的地线。

10. 在电子产品中,特别是大型电子设备中,对于质量较大或重要的电子元器件、零部件,由于要运输、搬动设备本身带有活动的部分,因此,安装时保证足够的机械强度是非常重要的。特别要强调的是,对于用螺钉来固定的部件,必须要加弹簧垫圈;对于安放在振动较大设备上的电子产品,还必须加减振器来减小振动。

二、电子电路的调试

1. 调试电路前的直观检查

电路安装完毕,通常不宜急于通电,先要认真检查,检查内容包括:

(1) 连线是否正确 检查电路连线是否正确,包括错线(连线一端正确,另一端错误)、少线(安装时完全漏掉的线)和多线(连线的两端在电路图上都是不存在的)。查线的方法通常有两种:

1) 按照电路图检查安装的线路。这种方法的特点是,根据电路图连线,按一定顺序逐一检查安装好的线路,由此可比较容易查出错线和少线。

2) 按照实际线路来对照电路原理图进行查线。这是一种以元件为中心进行查线的方法。把每个元件(包括器件)引脚的连线一次查清,检查每个去处在电路图上是否存在,通过这种方法,不但可以查出错线和少线,还容易查出多线。

为了防止出错,对于已查过的线,通常应在电路图上作出标记,最好用指针式万用表 $R \times 1 \Omega$ 挡,或数字式万用表欧姆挡的蜂鸣器来测量,而且直接测量元器件引脚,这样可以同时发现接触不良的地方。

(2) 元器件安装是否正确 检查元器件引脚之间有无短路;连接处有无接触不良;二极管、三极管、集成电路器件、变压器等元件的引脚接线是否正确;有极性器件的极性等是否连接有误。

(3) 电源供电及信号源连线 检查电源供电(包括极性)、信号源连线是否正确。

(4) 电源端对地(⊥)是否存在短路 在通电前,先断开一根电源线,用万用表检查电源端对地(⊥)是否存在短路。

若电路经过上述检查，并确认无误后，就可转入调试。

2. 调试方法

调试包括测试和调整两个方面。所谓电子电路的调试，是以电路设计指标为依据，对被调试电路进行的一系列的测量→判断→调整→再测量的反复过程。

为了使调试顺利进行，设计的电路图上应标明各点的电位值、相应的波形图以及其他主要数据。调试通常采用先分调后联调（总调）的方法。

任何复杂电路都是由一些基本单元电路组成的。因此，调试时可以循着信号的流程，逐级调整各单元电路，使其参数基本符合设计指标。这种调试方法的核心是：把组成电路的各功能块（或基本单元电路）先调试好，并在此基础上逐步扩大调试范围，最后完成整机调试。采用先分调后联调的优点是：能及时发现故障出现的最小部位，便于解决问题。新设计的电路一般采用此方法。对于包括模拟电路、数字电路和微机系统的电子装置，更应采用这种方法进行调试，因为只有把这三部分分开调试，分别达到设计指标，并经过信号及电平转换电路后才能实现整机联调。否则，如果盲目进行联调，由于各电路要求的输入、输出电压和波形不匹配，就可能造成大量的器件损坏。

除了上述方法外，对于已定型的产品和需要相互配合才能运行的产品也可采用一次性调试。具体调试步骤如下：

（1）通电观察 把经过准确测量的电源接入电路。观察有无异常现象，包括有无冒烟、是否有异常气味、手摸元器件是否发烫、电源是否有短路现象等。如果出现异常，应立即切断电源，待故障排除后才能再通电。然后测量各路总电源电压和关键器件的引脚电压。

通过通电观察，认为电路初步工作正常，就可转入正常调试。

（2）静态调试 交流、直流并存是电子电路工作的一个重要特点。在一般情况下，直流为交流服务，直流是电路工作的基础。因此，电子电路的调试有静态调试和动态调试之分。静态调试一般是指在无外加信号的条件下所进行的直流测试和调整过程。例如，通过测试模拟电路的静态工作点，数字电路的各输入端和输出端的高、低电平值及逻辑关系等，可以及时发现已经损坏的元器件，判断电路工作情况，并及时调整电路参数，使电路工作状态符合设计要求。

（3）动态调试 动态调试是在静态调试的基础上进行的。调试的方法是在电路的输入端接入适当频率和幅值的信号，并循着信号的流向逐级检测各有关点的波形、参数和性能指标。若发现故障现象，应采取不同的方法缩小故障范围，最后设法排除故障。

在测试过程中，不能凭感觉和印象，要始终借助仪器观察。在使用示波器时，最好把示波器的信号输入方式置于 DC 挡，通过直流耦合方式，可同时观察被测信号的交、直流成分。

通过调试，最后检查功能块和整机的各种指标（如信号的幅值、波形形状、相位关系、增益、输入阻抗和输出阻抗等）是否满足设计要求，如有必要，再进一步对电路参数提出合理的修正。

3. 调试中注意事项

调试结果是否正确，在很大程度上受测量正确与否和测量精度的影响。为了保证调试的准确，必须减小测量误差，提高测量精度。为此，需注意以下几点：

（1）正确使用测量仪器的接地端。凡是使用接地端接机壳的电子仪器进行测量的，仪器

的接地端应和放大器的接地端连接在一起；否则，仪器机壳引入的干扰不仅会使放大器的工作状态发生变化，而且将使测量结果出现误差。

(2) 测量电压所用仪器的输入阻抗必须远大于被测处的等效阻抗。若测量仪器输入阻抗小，则在测量时会引起分流，给测量结果带来很大误差。

(3) 测量仪器的带宽必须大于被测电路的带宽。

(4) 要正确选择测量点。用同一台测量仪器进行测量时，测量点不同，仪器内阻引起的误差大小将不同。

(5) 测量方法要方便可行。需要测量某电路的电流时，一般尽可能测电压而不是测电流，因为测电压不必改动被测电路，测量方便。若需知道某一支路的电流值，可以通过测量该支路上电阻器两端的电压，经过换算而得到。

在调试过程中，不但要认真观察和测量，还要善于记录。记录的内容包括测试条件，观察的现象，测量的数据、波形和相位关系等。只有有了大量可靠的测试记录并与理论分析结果加以比较，才能发现电路设计上存在的问题和安装中的错误，完善设计方案，更正安装错误。

若调试时出现故障，要认真查找故障原因，切不可一遇故障解决不了就拆掉线路重新安装。因为重新安装的线路仍有可能存在各种问题，如果是原理上的问题，即使重新安装也解决不了问题。应当把查找故障、分析故障原因看成一次极好的学习机会，通过它来不断提高自身分析问题、解决问题的能力。

三、故障诊断及处理

对电路进行调试时，肯定会存在诸多不正常的问题，即所谓的故障。常见的故障现象有：放大电路没有输入信号，而有输出波形；放大电路有输入信号，但没有输出波形，或者波形异常；稳压电源无电压输出，或输出电压过高、过低且不能调整，或输出稳压性能变坏、输出电压不稳定等；振荡电路不振荡；计数器输出波形不稳，或不能正确计数等。

1. 产生故障的原因

故障产生的原因很多，情况也很复杂，有的是一种原因引起的简单故障，有的是多种原因相互作用引起的综合故障。因此，引起故障的原因很难简单进行分类。这里只能进行一些粗略的分析。

(1) 对于定型产品使用一段时间后出现的故障，故障原因可能是：元器件损坏或参数变化，连线发生短路或断路（如焊点虚焊，接插件接触不良，可变电阻器、电位器、半可变电阻器等接触不良，接触面表面镀层氧化等），或使用条件发生变化（如电网电压波动，过冷或过热的工作环境等）影响电子设备的正常运行。

(2) 对于新设计安装的电路来说，故障原因可能是：实际电路与设计的原理图不符；元器件使用不当或质量不好造成损坏；设计的电路本身就存在某些严重缺陷，不能满足技术要求；连线发生短路或断路；元件安装错误等。

(3) 仪器使用不正确引起的故障，如示波器使用不正确而造成的波形异常或无波形，接地问题处理不当而引入干扰等。

(4) 各种干扰相互作用引起的故障。

2. 检查故障的一般方法

查找故障的顺序可以从输入到输出，也可以从输出到输入。查找故障的一般方法有直接

观察法、用万用表检查静态工作点法、信号寻迹法、对比法、部件替换法、旁路法、短路法、断路法等。

(1) 直接观察法 直接观察法是指不用任何仪器,利用人的视、听、嗅、触等作为手段来发现问题,寻找和分析故障。

直接观察包括不通电检查和通电观察。主要包括:检查仪器的选用和使用是否正确;电源电压的等级和极性是否符合要求;电解电容器的极性、二极管和三极管的管脚、集成电路的引脚有无错接、漏接、互碰等情况;布线是否合理;印制电路板有无断线;电阻器、电容器有无烧焦和炸裂等。通电观察元器件有无发烫、冒烟,变压器有无焦味,电真空器件灯丝是否亮,有无高压打火等。

(2) 用万用表检查静态工作点法 电子电路的供电系统,半导体三极管、集成电路的直流工作状态(包括元器件引脚、电源电压)、线路中的电阻值等都可用万用表测定。当测得值与正常值相差较大时,经过分析可找到故障。

(3) 信号寻迹法 对于各种较复杂的电路,可在输入端接入一个一定幅值、适当频率的信号(例如,对于多级放大器,可在其输入端接入 $f=1\ 000\ \text{Hz}$ 的正弦信号),用示波器由前级到后级(或者相反),逐级观察波形及幅值的变化情况,如哪一级异常,则故障就在该级。这是深入检查电路的方法。

(4) 对比法 当怀疑某一电路存在问题时,可将此电路的参数与工作状态和相同的正常电路的参数(或理论分析的电流、电压、波形等)进行一一对比,从中找出电路中的不正常情况,进而分析故障原因,判断故障点。

(5) 部件替换法 有时故障比较隐蔽,不能一眼看出,如这时手头有与故障产品同型号的产品时,可以用无故障产品中的部件、元器件、插件板等替换有故障产品中的相应部件,以便缩小故障范围。

(6) 旁路法 当发生寄生振荡现象时,可以利用适当容量的电容器,选择适当的检查点,将电容器临时跨接在检查点与参考接地点之间,如果振荡消失,就表明振荡是产生在此附近或前级电路中。否则就在后面,再移动检查点寻找。

应该指出的是,旁路电容器大小要适当,不宜过大,只要能较好地消除有害信号即可。

(7) 短路法 短路法就是采取临时性短接一部分电路来寻找故障的方法。

(8) 断路法 断路法用于检查短路故障最有效,断路法也是一种使故障怀疑点范围逐步缩小的方法。

实际调试时,寻找故障原因的方法多种多样,以上仅列举了几种常用的方法。这些方法的使用,可根据设备条件、故障情况灵活掌握。对于简单的故障,用一种方法即可查找出故障点;但对于较复杂的故障,则需采取多种方法互相补充、互相配合,才能查找出故障点。在一般情况下,寻找故障的常规做法是:

1) 先用直接观察法,排除明显的故障。

2) 再用万用表(或示波器)检查静态工作点。

3) 信号寻迹法是对各种电路普遍适用而且简单直观的方法,在动态调试中广为应用。

应当指出,对于反馈环内的故障诊断是比较困难的,在闭环回路中,只要有一个元器件(或功能块)出现故障,则往往整个回路中处处都存在故障现象。寻找故障的方法是先把反馈回路断开,使系统成为一个开环系统,然后再接入一适当的输入信号,利用信号寻迹法逐

—寻找发生故障的元器件（或功能块）。

课题三 常用集成电路应用知识

一、常用集成电路

1. 数字集成电路

半导体数字集成电路广泛地应用于计算机、自动控制、数字通信、数字雷达、卫星电视、仪器仪表、航空航天等许多技术领域中，其电路的特点为：

(1) 使用的信号只有“0”和“1”两种状态，即电路的“导通”或“截止”状态，亦称“低电平”或“高电平”状态。

(2) 内部结构电路简单，数字集成电路按所用半导体器件不同，可分为双极型集成电路和单极（MOS）型集成电路。

(3) 数字集成电路应用最普遍的电路有 TTL、ECL、CMOS 三大类。ECL 电路速度快，但功耗较大，主要适用于高速计算机或高速通信系统中；CMOS 电路速度慢、功耗低，主要适用于一般测量设备和民用电子产品中；TTL 电路性能介于两者之间，结构简单，抗干扰能力强，品种齐全，应用广泛。

(4) TTL 电路对电源要求严格，只允许工作电压范围为 $5(1 \pm 10\%)$ V；CMOS 电路的电源范围较宽，工作电压范围为 3~18 V。

2. 数字集成电路的分类

目前，已经成熟的集成逻辑技术主要有三种：TTL 逻辑（晶体管——晶体管逻辑），CMOS 逻辑（互补金属氧化物——半导体逻辑）和 ECL 逻辑（发射极耦合逻辑）。

(1) TTL 逻辑 TTL 逻辑于 1964 年由美国德克萨斯仪器公司生产，其发展速度快，系列产品多。有速度和功耗折中的标准型；有改进型、高速的标准肖特基型；有改进型、高速及低功耗的肖特基型。所有的 TTL 电路的输入、输出均是兼容的。

(2) CMOS 逻辑 CMOS 逻辑的特点是功耗低，工作电源电压范围宽，速度快（可达 7 MHz）。CMOS 逻辑有 CC4000 系列、CC4500 系列和 54/74HC（AC）00 系列。

(3) ECL 逻辑 ECL 逻辑的最大特点是工作速度高。因为在 ECL 电路中，数字逻辑电路形式采用非饱和型，消除了三极管的存储时间，大大加快了工作速度。MECL I 系列是由美国摩托罗拉公司于 1962 年生产的，后来又生产了改进型的 MECL II，MECL III 型及 MECL 10000。

3. 模拟集成电路

除了数字集成电路以外，其余的集成电路统称为模拟集成电路。模拟集成电路的特点如下：

(1) 电路处理的信号是连续变化的模拟量电信号，除输出级外，电路中的信号电平值较小，所以内部器件多工作在小信号状态，而数字电路一般工作在大信号的开关状态。

(2) 信号的频率范围往往可以从直流一直延伸到很高的上限频率。

(3) 模拟集成电路中元器件种类较多，如 NPN 管、PNP 管、MOS 管、膜电阻器、膜电容器等，故其制造工艺较数字集成电路复杂。

(4) 模拟集成电路往往具有内繁外简的电路形式，尽管制造工艺复杂，但电路功能完

善,使用方便。

(5) 精度高,种类多,通用性小。

4. 模拟集成电路的分类

模拟集成电路大体上可分为以下四大类:

(1) 线性集成电路。指输出、输入信号呈线性关系的集成电路。这类电路的型号很多,功能多样。最常见的是各类运算放大器,根据功能又可分类如下:

通用型——低增益、中增益、高增益、高精度。

专用型——高输入阻抗、低漂移、低功耗、高速度。

(2) 非线性集成电路。非线性集成电路大多是专用集成电路,其输入、输出信号通常是模拟—数字、交流—直流、高频—低频、正—负极性信号的混合,很难用某种模式统一起来。

(3) 功率集成电路。包括音频功率放大电路、低频功率放大电路、射频功率输出电路、功率开关电路、功率变换电路、伺服放大电路、大功率稳压电路、稳流电路等。

(4) 微波集成电路。工作在 1 000 MHz 以上的微波频段,如频率转换电路、振荡器、参量放大器、移相电路、倍频电路、滤波器、低噪声前置放大器等。

二、集成电路的封装与引脚识别

在使用集成电路前,必须认真查对识别集成电路的引脚,确认电源、地、输入、输出、控制等端的引脚号,以免因接错而损坏器件。

集成电路的封装按材料来分,基本分为金属、陶瓷、塑料三大类;按电极引脚的形式来分,分为通孔插装式及表面安装式两大类。这几种封装形式各有其特点,应用领域也有所区别。以下简单介绍通孔插装式集成电路封装的引脚形式。

通孔插装式集成电路的封装形式有金属封装、陶瓷封装、塑料封装三大类。

1. 金属封装。金属封装散热性好,可靠性高,但安装使用不够方便,成本较高。这种封装形式常见于高精度集成电路或大功率器件中。

2. 陶瓷封装。国家标准规定的陶瓷封装集成电路可分为扁平型和双列直插型两种。

3. 塑料封装。这是目前最常见的一种封装形式,最大特点是工艺简单,成本低,因而被广泛使用。国家标准规定的塑料封装的形式,又可分为扁平型(B型)和双列直插型(D型)两种。

现在,为降低成本,方便使用,中功率器件也大量采用塑料封装形式。但为了限制温升,并有利于散热,通常都同时封装一块导热金属板,以便于加装散热片。

图 1—3—1 就是使用广泛且最常见的塑料 V-DIP 型封装。其芯片引脚端的排序如图 1—3—1 所示,按逆时针顺序排列。通常,集成电路的最左上角的引脚(图 1—3—1 中芯片的第⑭脚)接电源正端(V_{CC} 或 V_{DD}),最右下角的引脚(图 1—3—1 中芯片的第⑦脚)接地或接电源负端(GND 或 V_{SS})。

三、CMOS 集成电路的应用

1. 电路的极限范围

表 1—3—1 列出了 CMOS 集成电路(CC4000 系列)的一般参数,表 1—3—2 列出了 CMOS 集成电路(CC4000 系列)的极限参数。CMOS 集成电路在使用过程中,是不允许在超过极限的条件下工作的。当电路在超过最大额定值条件下工作时,很容易造成电路损坏,

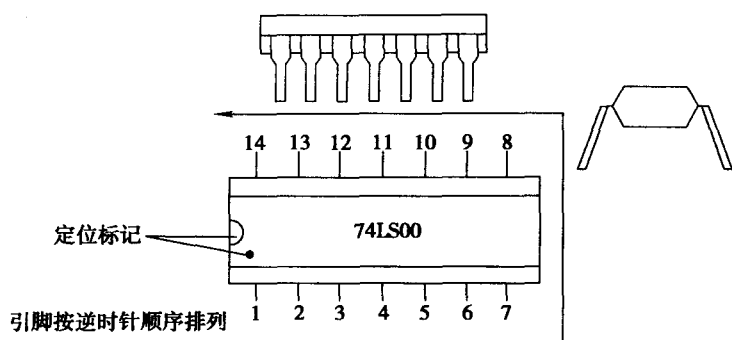


图 1—3—1 典型的塑料封装集成电路

或者使电路不能正常工作。

表 1—3—1 CMOS 集成电路 (CC4000 系列) 的一般参数

参数名称	符号	单位	电源电压 V_{CC} (V)	参数	
				最大值	最小值
静态功耗电流	I_{DD}	μA	5		0.25
			10		0.50
			15		1.00
输入电流	I_I	μA	18		± 0.1
输出低电平电流	I_{OL}	mA	5	0.51	
			10	1.3	
			15	3.4	
输出高电平电流	I_{OH}	mA	5	0.51	
			10	-1.3	
			15	-3.4	
输入逻辑低电平电压	V_{IL}	V	5		1.5
			10		3
			15		4
输入逻辑高电平电压	V_{IH}	V	5	3.5	
			10	7	
			15	11	
输出逻辑低电平电压	V_{OL}	V	5		0.05
			10		0.05
			15		0.05

表 1—3—2 CMOS 集成电路 (CC4000 系列) 的极限参数

参数名称	符号	极限值
最高直流电源电压	$V_{CC} (\max)$	18 V
最低直流电源电压	$V_{SS} (\min)$	-0.5 V
最高输入电压	$V_I (\max)$	$V_{CC} + 0.5 V$
最低输入电压	$V_I (\min)$	-0.5 V
最大直流输入电流	$I_I (\max)$	$\pm 10 \text{ mA}$

续表

参数名称		符号	极限值
储存温度范围		T_S	$-65\sim 100^{\circ}\text{C}$
工作温度范围	(1) 陶瓷扁平封装	T_A	$-55\sim 100^{\circ}\text{C}$
	(2) 陶瓷双列直插封装		$-55\sim 125^{\circ}\text{C}$
	(3) 塑料双列直插封装		$-40\sim 85^{\circ}\text{C}$
最大允许功耗	(1) 陶瓷扁平封装 $T_A = -55\sim 100^{\circ}\text{C}$	P_M	200 mW
	(2) 陶瓷双列直插封装 $T_A = -55\sim 100^{\circ}\text{C}$ $T_A = 100\sim 250^{\circ}\text{C}$		500 mW; 200 mW
	(3) 塑料双列直插封装 $T_A = -55\sim 60^{\circ}\text{C}$ $T_A = 60\sim 85^{\circ}\text{C}$		500 mW; 200 mW
外引线焊接温度 [离封装根部 (1.59 ± 0.97) mm 处焊接, 设定焊接时间为 10 s]		T_L	265°C

应当指出的是: 虽然允许 CMOS 集成电路在极限条件下工作, 但此时对电源设备应采取稳压措施。这是因为当供电电源开启或关闭时, 电源上脉冲波的幅度很可能超过极限值, 会将电路中各 MOS 晶体管电极之间击穿。上述现象有时并不呈现电路失效或损坏现象, 但有可能缩短电路的使用寿命, 或者在芯片内部留下隐患, 使电路的性能指标逐渐变劣。

2. 工作电压、极性及其正确选择

在使用 CMOS 集成电路时, 工作电压的极性必须正确无误, 如果颠倒错位, 在电路的正、负电源引出端或其他有关功能端上, 只要出现大于 0.5 V 的反极性电压, 就会造成电路的永久失效。

虽然 CMOS 集成电路的工作电压范围很宽, 如 CC4000 系列电路在 3~18 V 的电源电压范围内都能正常工作, 但使用时应充分考虑以下几点:

(1) 输出电压幅度 电路工作时, 所选取的电源工作电压高低与电路输出电压幅度大小密切相关。由于 CMOS 集成电路输出电压幅度接近于电路的工作电压值, 因此, 供给电路的正、负电源工作电压范围可略大于电路要求输出的电压幅度。

(2) 电路工作速度 CMOS 集成电路的工作电压选择, 直接影响电路的工作速度。因此, 对 CMOS 集成电路提出了工作速度或工作频率指标要求。如果降低 CMOS 集成电路的工作电压, 必将降低电路的速度或频率指标。

(3) 输入信号大小 电源工作电压将限制 CMOS 集成电路输入信号的摆幅。对于 CMOS 集成电路来说, 除非对流经电路输入端保护二极管的电流施加限流控制, 否则输入电路的信号摆幅一般不能超过供给电压范围, 否则将会导致电路的损坏。

(4) 电路的功耗 CMOS 集成电路所选取的工作电压越高, 则功耗就越大。但由于 CMOS 集成电路功耗极小, 所以在系统设计中, 功耗并不是主要考虑的设计指标。

3. 输入和输出端使用规则

(1) 输入端的保护 在 CMOS 集成电路的使用中, 要求输入信号振幅不能超过 18 V, 输入信号电流绝对值应小于 10 mA。如果输入端接有较大的电容 C 时, 应加保护电阻器 R,