



技能型人才培养用书

国家职业资格培训教材

维修电工 (高级)

国家职业资格培训教材编审委员会 编

王兆晶 主编



依据 **劳动和社会保障部**

制定的《国家职业标准》要求编写



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



技能型人才培养用书
国家职业资格培训教材

维修电工(高级)

国家职业资格培训教材编审委员会 编

王兆晶 主编



机械工业出版社



本书是依据《国家职业标准》高级维修电工的知识要求和技能要求,按照岗位培训需要的原则编写的。本书的主要内容包括:电子技术基础、电力电子技术基础、交直流调速技术、可编程序控制器技术及应用、复杂机械设备电气线路故障检修、电气设备修理工艺及培训指导。书末附有与之配套的试题库和答案,以便于企业培训、考核鉴定和读者自测自查。

本书主要作为企业培训部门、职业技能鉴定机构的教材,也可作为高级技校、技师学院、高职、各种短训班的教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

维修电工. 高级/王兆晶主编. —北京:机械工业出版社, 2007. 1
国家职业资格培训教材
ISBN 978-7-111-20651-4

I. 维... II. 王... III. 电工—维修—技术培训—教材
IV. TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 162350 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑:王振国 版式设计:霍永明 责任校对:申春香
封面设计:饶薇 责任印制:洪汉军
北京双青印刷厂印刷
2007 年 3 月第 1 版 第 1 次印刷
148mm × 210mm · 11.5 印张 · 1 插页 · 326 千字
0001—4000 册
标准书号:ISBN 978-7-111-20651-4
定价:26.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010)68326294
购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643
编辑热线电话:(010)88379083
封面无防伪标均为盗版

国家职业资格培训教材

编审委员会

主 任	于 珍			
副 主 任	郝广发	李 奇	洪子英	
委 员	(按姓氏笔画排序)			
	王 蕾	王兆晶	王英杰	王昌庚
	田力飞	刘云龙	刘书芳	刘亚琴 (常务)
	朱 华	沈卫平	汤化胜	李春明
	李家柱	李晓明	李超群 (常务)	
	李培根	李援瑛	吴茂林	何月秋 (常务)
	张安宁	张吉国	张凯良	陈业彪
	周新模	郑 骏	杨仁江	杨君伟
	杨柳青	卓 炜	周立雪	周庆轩
	施 斌	荆宏智 (常务)	柳吉荣	
	徐 彤 (常务)	黄志良	潘 茵	
	潘宝权	戴 勇		
顾 问	吴关昌			
策 划	李超群	荆宏智	何月秋	
本书主编	王兆晶			
本书副主编	阎 伟	刘传顺		
本书参编	宋明学	王兰军	孙 斌	

序 一

当前和今后一个时期，是我国全面建设小康社会、开创中国特色社会主义事业新局面的重要战略机遇期。建设小康社会需要科技创新，离不开技能人才。“全国人才工作会议”“全国职教工作会议”都强调要把“提高技术工人素质、培养高技能人才”作为重要任务来抓。当今世界，谁掌握了先进的科学技术并拥有大量技术娴熟、手艺高超的技能人才，谁就能生产出高质量的产品，创出自己的名牌；谁就能在激烈的市场竞争中立于不败之地。我国有近一亿技术工人，他们是社会物质财富的直接创造者。技术工人的劳动，是科技成果转化成为生产力的关键环节，是经济发展的重要基础。

科学技术是财富，操作技能也是财富，而且是重要的财富。中华全国总工会始终把提高劳动者素质，作为一项重要任务，在职工中开展的“当好主力军，建功‘十一五’，和谐奔小康”竞赛中，全国各级工会特别是各级工会职工技协组织注重加强职工技能开发，实施群众性经济技术创新工程，坚持从行业和企业实际出发，广泛开展岗位练兵、技术比赛、技术革新、技术协作等活动，不断提高职工的技术技能和操作水平，涌现出一大批掌握高超技能的能工巧匠。他们以自己的勤劳和智慧，在推动企业技术进步，促进产品更新换代和升级中发挥了积极的作用。

欣闻机械工业出版社配合新的《国家职业标准》，为技术工人编写了这套涵盖38个职业的159种“国家职业资格培训教材”。这套教材由全国各地技能培训和考评专家编写，具有权威性和代表性；将理论与技能有机结合，并紧紧围绕《国家职业标准》的知识点和技能鉴定点编写，实用性、针对性强；既有必备的理论和技能知识，又有考核鉴定的理论和技能题库及答案，编排科学、便于培训和检测。

这套教材的出版非常及时，为培养技能型人才做了一件大好事，我相信这套教材一定会为我们培养更多更好的高技能人才做出贡献！

李永安

（李永安 中国职工技术协会常务副会长）

序 二

为贯彻“全国职业教育工作会议”和“全国再就业会议”精神，落实国家人才发展战略目标，促进农村劳动力转移培训，全面推进技能振兴计划和高技能人才培养工程，加快培养一大批高素质的技能型人才，我们精心策划了这套与劳动和社会保障部最新颁布的《国家职业标准》配套的“国家职业资格培训教材”。

进入21世纪，我国制造业在世界上所占的比重越来越大，随着我国逐渐成为“世界制造业中心”进程的加快，制造业的主力军——技能人才，尤其是高级技能人才的严重缺乏已成为制约我国制造业快速发展的瓶颈，高级蓝领出现断层的消息屡屡见诸报端。据统计，我国技术工人中高级以上技工只占3.5%，与发达国家40%的比例相去甚远。为此，国务院先后召开了“全国职业教育工作会议”和“全国再就业会议”，提出了“三年50万新技师的培养计划”，强调各地、各行业、各企业、各职业院校等要大力开展职业技术培训，以培训促就业，全面提高技术工人的素质。那么，开展职业培训的重要基础是什么呢？

众所周知，“教材是人们终身教育和职业生涯的重要学习工具”。顾名思义，作为职业培训的重要基础，职业培训教材当之无愧！编写出版优秀的职业培训教材，就等于为技能培训提供了一把开启就业之门的金钥匙，搭建了一座高技能人才培养的阶梯。

加快发展我国制造业，作为制造业龙头的机械行业责无旁贷。技术工人密集的机械行业历来高度重视技术工人的职业技能培训工工作，尤其是技术工人培训教材的基础建设工作，并在几十年的实践中积累了丰富的教材建设经验。作为机械行业的专业出版社，机械工业出版社在“七五”、“八五”、“九五”期间，先后组织编写出版了“机械工人技术理论培训教材”149种，“机械工人操作技能培训教材”85种，“机械工人职业技能培训教材”66种，“机械工业技

师考评培训教材”22种,以及配套的习题集、试题库和各种辅导性教材约800种,基本满足了机械行业技术工人培训的需要。这些教材以其针对性、实用性强,覆盖面广,层次齐备,成龙配套等特点,受到全国各级培训、鉴定和考工部门和技术工人的欢迎。

2000年以来,我国相继颁布了《中华人民共和国职业分类大典》和新的《国家职业标准》,其中对我国职业技术工人的工种、等级、职业的活动范围、工作内容、技能要求和知识水平等根据实际需要进行了重新界定,将国家职业资格分为5个等级:初级(5级)、中级(4级)、高级(3级)、技师(2级)、高级技师(1级)。为与新的《国家职业标准》配套,更好地满足当前各级职业培训和技术工人考工取证的需要,我们精心策划编写了这套“国家职业资格培训教材”。

这套教材是依据劳动和社会保障部最新颁布的《国家职业标准》编写的,为满足各级培训考工部门和广大读者的需要,这次共编写了38个职业159种教材。在职业选择上,除机电行业通用职业外,还选择了建筑、汽车、家电等其他相近行业的热门职业。每个职业按《国家职业标准》规定的工作内容和技能要求编写初级、中级、高级、技师(含高级技师)四本教材,各等级合理衔接、步步提升,为高技能人才培养搭建了科学的阶梯型培训架构。为满足实际培训的需要,对多工种共同需求的基础知识我们还分别编写了《机械制图》、《机械基础》、《电工常识》、《电工基础》、《建筑装饰识图》等近20种公共基础教材。

在编写原则上,依据《国家职业标准》又不拘泥于《国家职业标准》是我们这套教材的创新。为满足沿海制造业发达地区对技能人才细分市场的需要,我们对模具、制冷、电梯等社会需求量大又已单独培训和考核的职业,从相应的职业标准中剥离出来单独编写了针对性较强的培训教材。

为满足培训、鉴定、考工和读者自学的需要,在编写时我们考虑了教材的配套性。教材的章首有培训要点、章末配复习思考题,书末有与之配套的试题库和答案,以及便于自检自测的理论和技能模拟试卷,同时还根据需求为20多种教材配制了VCD光盘。

增加教材的可读性、提升教材的品质是我们策划这套教材的又一亮点。为便于培训、鉴定、考工部门在有限的时间内把最需要的知识和技能传授给学员，同时也便于学员抓住重点，提高学习效率，对需要掌握的重点、难点、考点和知识鉴定点加有旁白提示并采用双色印刷。

为扩大教材的覆盖面和体现教材的权威性，我们组织了上海、江苏、广东、广西、北京、山东、吉林、河北、四川、内蒙古等地相关行业从事技能培训和考工的 200 多名专家、工程技术人员、教师、技师和高级技师参加编写。

这套教材在编写过程中力求突出“新”字，做到“知识新、工艺新、技术新、设备新、标准新”；增强实用性，重在教会读者掌握必需的专业知识和技能，是企业培训部门、各级职业技能鉴定培训机构、再就业和农民工培训机构的理想教材，也可作为技工学校、职业高中、各种短训班的专业课教材。

在这套教材的调研、策划、编写过程中，曾经得到广东省职业技能鉴定中心、上海市职业技能鉴定中心、江苏省机械工业联合会、中国第一汽车集团公司以及北京、上海、广东、广西、江苏、山东、河北、内蒙古等地许多企业和技工学校的有关领导、专家、工程技术人员、教师、技师和高级技师的大力支持和帮助，在此谨向为本套教材的策划、编写和出版付出艰辛劳动的全体人员表示衷心的感谢！

教材中难免存在不足之处，诚恳希望从事职业教育的专家和广大读者不吝赐教，提出批评指正。我们真诚希望与您携手，共同打造职业培训教材的精品。

国家职业资格培训教材编审委员会

前 言

为进一步提高维修电工从业人员的基本素质和专业技能，增强各级、各类职业学校在校生的就业能力，满足本工种职业技能培训、考核、鉴定等工作的迫切需要，我们组织部分经验丰富的讲师、工程师、技师等编写了《维修电工》培训教材。

《维修电工》培训教材共分四册，即初级工、中级工、高级工、技师和高级技师。全书是根据中华人民共和国劳动和社会保障部制定的国家职业标准《维修电工》组织编写的，以现行电器维修、电气施工及验收规范为依据，以实用、够用为宗旨，力求浓缩、精炼、科学、规范、先进。本书采用双色套印，突出学习重点、施工难点、考核要点，这点请读者在学习时注意把握。

本册教材由王兆晶任主编，阎伟和刘传顺任副主编，宋明学、王兰军、孙斌等老师也参与了全书的编写工作，并提出了许多宝贵意见。

编者在编写过程中参阅了大量的相关规范、规定、图册、手册、教材及技术资料等，并借用了部分图表，在此向原作者致以衷心的感谢。如有不敬之处，恳请见谅。

由于教材知识覆盖面较广，涉及的标准、规范较多，加之时间仓促、编者水平有限，书中难免存在缺点和不足，敬请各位同行、专家和广大读者批评指正，以期再版时臻于完善。

编 者

目 录

MU LU

序一

序二

前言

第一章 电子技术基础	1
第一节 模拟电子技术	1
一、集成运算放大电路	1
二、线性集成稳压电源	9
三、开关稳压电源	12
第二节 数字电子技术	19
一、集成门电路	19
二、组合逻辑电路	27
三、时序逻辑电路	31
四、数字电路的设计方法	37
复习思考题	42
第二章 电力电子技术基础	43
第一节 电力电子器件	43
一、功率晶体管 (GTR)	43
二、门极关断 (GTO) 晶闸管	45
三、功率场效应晶体管 (MOSFET)	46
第二节 晶闸管整流电路	47
一、三相半波可控整流电路	47
二、三相桥式整流电路	54
第三节 逆变电路	66
一、有源逆变电路	66

二、无源逆变电路	69
三、中高频电源	71
复习思考题	79
第三章 交直流调速技术	80
第一节 直流调速基础知识	80
一、自动控制基本概念	80
二、转速负反馈直流调速系统	82
三、电压负反馈加电流正反馈直流调速系统	85
四、自动调速系统的限流保护——电流截止负反馈	87
五、速度、电流双闭环调速系统	93
六、脉宽调制调速技术	97
第二节 交流调速技术及应用	104
一、交流调压调速系统	104
二、串级调速系统	106
三、变频调速技术	109
复习思考题	140
第四章 可编程序控制器技术及应用	142
第一节 可编程序控制器概述	142
一、PLC 的特点及应用	142
二、PLC 的组成与控制原理	145
三、使用 PLC 的注意事项	149
四、PLC 的维修与故障诊断	152
五、常用程序设计方法	156
第二节 FX2 系列 PLC 简介	159
一、FX2 系列 PLC 的硬件结构	159
二、FX2 系列 PLC 的主要技术指标及外部接线	160
三、FX2 系列 PLC 内部编程元件	164
第三节 FX2 系列 PLC 指令系统及编程方法	172
一、基本指令的应用	172
二、FX2 系列 PLC 步进指令及状态编程	179

三、FX2 系列 PLC 的功能指令	180
第四节 可编程序控制器应用技能训练实例	197
训练 1 三相异步电动机的控制	197
训练 2 自动送料装车控制	202
第五节 PLC 改造 C460 型卧式车床电气控制系统	205
一、C460 型卧式车床电气控制原理分析	205
二、用 PLC 改造 C460 型卧式车床继电器控制系统的步骤	207
三、PLC 改造中对若干技术问题的处理	208
四、使用 PLC 进行电气控制系统改造实例	209
复习思考题	213
第五章 复杂机械设备电气控制电路故障检修	214
第一节 复杂机械设备电气控制原理图的识读与分析	214
一、复杂机械设备电气控制系统的分类	214
二、复杂电气控制原理图的识读和分析	220
三、典型电气控制原理图读图和分析技能训练实例	222
第二节 B2012A 型龙门刨床电气控制系统	235
一、生产工艺对电气控制系统的要求	236
二、B2012A 型龙门刨床电气控制电路的组成	238
三、B2012A 型龙门刨床电气控制电路的分析	239
四、B2012A 型龙门刨床电气控制电路的故障检修	257
第三节 数控机床的组成、调试与维修	269
一、数控机床的组成	269
二、数控机床的工作过程	270
三、数控机床的调试	271
四、数控机床的维修	274
第四节 X2012 型龙门铣床电气控制电路的测绘	280
一、了解被测绘电路板有关设备的情况	280
二、电路板测绘的基本方法和步骤	281
复习思考题	285
第六章 电气设备修理工艺及培训指导	286

第一节 电气设备修理工艺知识及编制方法	286
一、检修工艺知识	286
二、电气设备大修工艺的编制方法	292
三、电气设备大修工艺的编制技能训练实例	296
训练1 电机大修工艺的编制	296
训练2 X6132 型万能铣床大修工艺的编制	298
第二节 培训指导	301
一、严格执行安全规程	301
二、注重理论联系实际	301
三、积累维修经验	303
复习思考题	304
试题库	305
知识要求试题	305
一、判断题 试题 (305) 答案 (348)	
二、选择题 试题 (315) 答案 (349)	
技能要求试题	332
一、矩形波信号产生电路的设计	332
二、晶闸管中频电源装置的故障分析	333
三、直流电动机的检修	333
四、T610 型卧式镗床电气故障的检修	334
五、利用 PLC 对复杂继电-接触式控制系统的改造	335
六、变频器的维护	336
模拟试卷样例	337
附录 部分金属切削机床设备修理复杂系数	350
参考文献	351

第一章

电子技术基础



培训学习目标 了解集成运算放大器和线性集成直流稳压电源的应用知识；熟悉开关稳压电源的工作原理及应用常识；熟悉常用的集成门电路；掌握典型组合逻辑电路的分析与设计方法；掌握典型时序逻辑电路的分析与设计方法；掌握数字电路的设计方法和步骤。

第一节 模拟电子技术

一、集成运算放大电路

集成运算放大器（简称集成运放）是一个高电压增益、高输入阻抗和低输出阻抗的直接耦合多级放大电路。一般将其分为专用型和通用型两类，集成运放接入适当的反馈电路可构成各种运算电路，主要有比例运算、加减运算和微积分运算等。由于集成运放开环增益很高，所以它构成的基本运算电路均为深度负反馈电路。集成运放在线性工作状态下，两输入端之间满足“虚短”和“虚断”，根据这两个特点很容易分析各种运算电路。

1. 集成运算放大器主要参数

(1) 开环差模电压放大倍数 A_{UD} A_{UD} 是集成运算放大器在开环状态、输出端不接负载时的直流差模电压放大倍数。通用型集成运算放大器的 A_{UD} 一般为 60 ~ 140dB，高质量的集成运算放大器的 A_{UD}



可达 170dB 以上。

(2) 输入失调电压 U_{IO} 为使集成运算放大器的输入电压为零时，输出电压也为零，在输入端施加的补偿电压称为失调电压 U_{IO} ，其值越小越好，一般为几毫伏。

(3) 输入失调电流 I_{IO} 输入失调电流是指当输入电压为零时，输入级两个输入端静态基极电流之差，即 $I_{IO} = |I_{IB1} - I_{IB2}|$ 。 I_{IO} 越小越好，通常为 $0.001 \sim 0.1 \mu A$ 。

(4) 输入偏置电流 I_{IB} 当输出电压为零时，差动对管的两个静态输入电流的平均值称为输入偏置电流，即 $I_{IB} = (I_{BN} + I_{BP}) / 2$ ，通常 I_{IB} 为 $0.001 \sim 10 \mu A$ 。其值越小越好。

(5) 最大差模输入电压 U_{IDM} 集成运算放大器两个输入端之间所能承受的最大电压值称为最大差模输入电压。超过该值，其中一只晶体管的发射结将会出现反向击穿。

(6) 最大共模输入电压 U_{ICM} 指集成运算放大器所能承受的最大共模输入电压，若实际的共模输入电压超过 U_{ICM} 值，则集成运算放大器的共模抑制比将明显下降，甚至不能正常工作。

(7) 差模输入电阻 R_{ID} R_{ID} 指运算放大器在开环条件下，两输入端的动态电阻。 R_{ID} 越大越好，一般运算放大器 R_{ID} 的数量级为 $10^5 \sim 10^6 \Omega$ 。

(8) 输出电阻 R_o 输出电阻 R_o 是指运算放大器在开环状态下的动态输出电阻。它表征集成运算放大器带负载的能力， R_o 越小越好，带负载的能力越强。 R_o 的数值一般是几十欧姆至几百欧姆。

(9) 共模抑制比 K_{CMR} K_{CMR} 是集成运放开环电压放大倍数 A_{UD} 与其共模电压放大倍数 A_{UC} 比值的绝对值，共模抑制比反映了集成运算放大器对共模信号的抑制能力， K_{CMR} 越大越好。

2. 集成运算放大器的选择

在能够满足设计要求时，应尽量选择通用型集成运放，然后再挑选开环增益、输入阻抗、共模抑制比高且输出电阻、输入失调电流、输入失调电压小的集成运放。

3. 集成运算放大器的使用

(1) 集成运算放大器性能的扩展 利用外加电路的方法可使集



成运放的某些性能得到扩展和改善。

1) 提高输入电阻。在集成运算放大器的输入端加一个由场效应晶体管组成的差动放大电路可以提高输入电阻。如图 1-1 所示, 图中 V1、V2 为差分对管, V3 为恒流源, RP 用以调节平衡, 调整 R_3 可得到 V3 的零温漂工作点。这种电路的输入电阻可达 $10^3 \sim 10^5 \text{ M}\Omega$ 以上。

2) 提高带负载能力。通用型集成运放的带负载能力较弱, 它的允许功耗只有几十毫瓦, 最大输出电流为 10mA 左右。当负载需要较大的电流和电压变化范围时, 就要在它的输出端附加扩大功能的电路。

① 扩大输出电流。如图 1-2 所示, 在集成运放的输出端加一级互补对称放大电路来扩大输出电流。

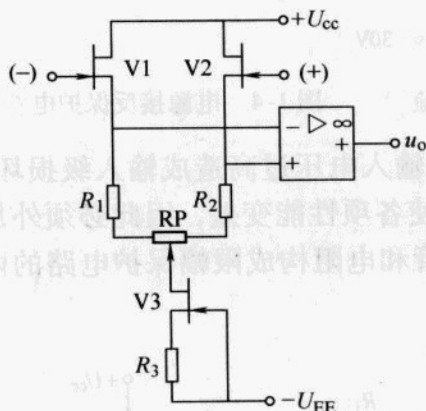


图 1-1 提高输入电阻

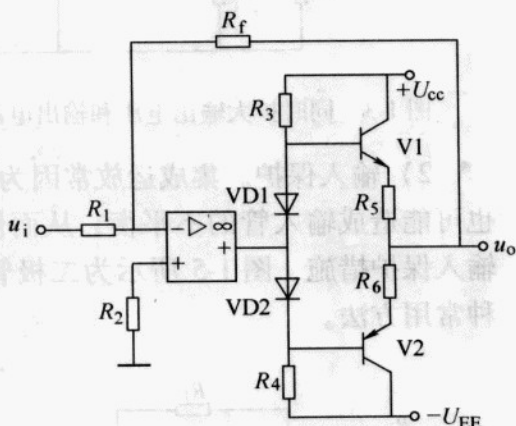


图 1-2 扩大输出电流的方法

② 同时扩大输出电压和输出电流。如图 1-3 所示, 在集成运放的正负电源接线端与外加正负电源之间接入晶体管 V1 和 V2, 目的是提高晶体管 V3、V4 的基极电流, 进而提高输出电流。由于 V3、V4 分别接 $\pm 30\text{V}$ 电源, 所以负载 R_L 两端电压变化将接近 $\pm 30\text{V}$, 这样输出电压和电流都得到扩大, 因此, 这种电路可输出较大功率。

(2) 集成运算放大器的保护 电源极性接反或电压过高, 输出端对地短路或接到另一电源造成电流过大, 输出信号过大等都可能



造成集成运算放大器的损坏。所以必须有必要的保护措施。

1) 电源接反保护。如图 1-4 所示, 在电源回路中加了两个二极管, 可防止电流反向, 防止电源接反所引起的故障。

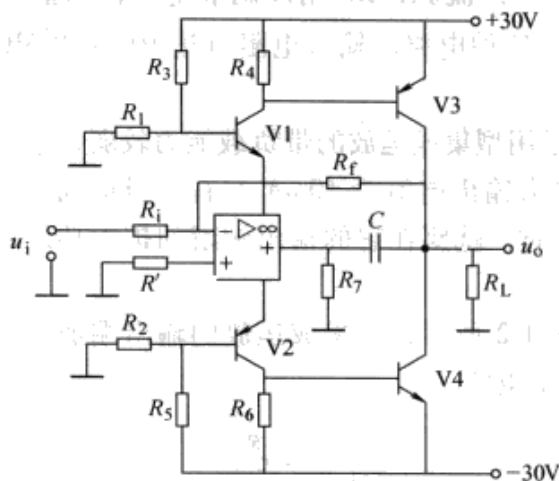


图 1-3 同时扩大输出电压和输出电流

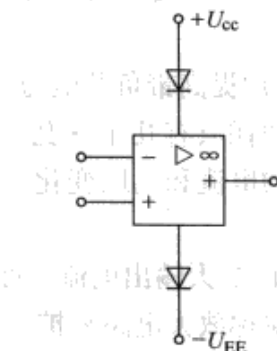


图 1-4 电源接反保护电路

2) 输入保护。集成运放常因为输入电压过高造成输入级损坏, 也可能造成输入管的不平衡, 从而使各项性能变差, 因此必须外加输入保护措施, 图 1-5 所示为二极管和电阻构成限幅保护电路的两种常用方法。

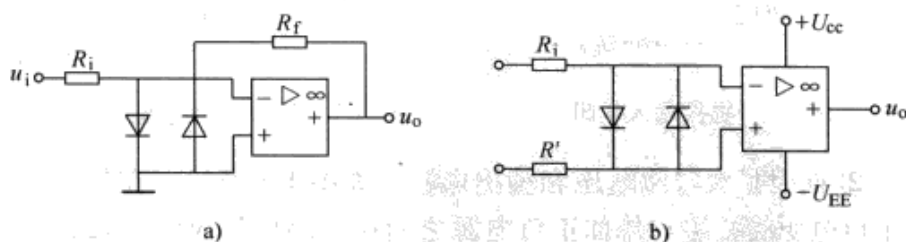


图 1-5 输入保护措施

a) 方法一 b) 方法二

3) 输出保护。集成运放最常见的输出过载有输出端短路或输出端接错电源使输出级击穿, 虽然多数器件内部均有限流保护电路,