

职业技能鉴定培训教材

高级家用 电热器具与电动器具 维修工

家电类职业技能鉴定培训教材编委会 组编
山东省家用电器职业技能鉴定所

GAOJIJIAYONG

DIANREQUJU YU DIANDONGQUJU

WEIXIUGONG



机械工业出版社
China Machine Press

职业技能鉴定培训教材

高级家用电热器具与电动 器具维修工

家电类职业技能鉴定培训教材编委会
山东省家用电器职业技能鉴定所

组编

姜宝港 主编

谭佃文 辛 涛 陈守林 孙金东 编



机械工业出版社

本书根据《中华人民共和国职业技能鉴定规定》高级家用电热器具与电动器具维修工的鉴定内容编写。内容包括数字电子技术基础、常用电子仪器仪表、家用电动器具电动机、微电脑电风扇、微电脑全自动洗衣机、微电脑电饭锅、高档电磁灶以及微电脑微波炉等内容。

本书是家电类职业技能鉴定培训教材，又可以做为各级职业技术学院的教材，也可做为家电维修人员的自学教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

高级家用电热器具与电动器具维修工/姜宝港主编. —北京: 机械工业出版社, 2001.8

职业技能鉴定培训教材

ISBN 7-111-08918-9

I. 高… II. 姜… III. 日用电气器具-维修-职业技能鉴定-教材
IV. TM925.07

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 22384 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 龙 版式设计: 张世琴 责任校对: 张晓蓉

封面设计: 姚 毅 责任印制: 路 琳

北京市密云县印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001 年 7 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·18 印张·1 插页·443 千字

0 001—4 000 册

定价: 29.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527

家电类职业技能鉴定培训教材编委会

- 顾 问：**李 奇 机械工业出版社 副社长
刘金良 国家轻工业局人才培训中心 常务副主任
程广辉 山东省第二轻工总会 副会长
徐本高 山东省家用电器行业协会 理事长
- 主 任：**李佩禹 山东省家用电器职业技能鉴定所 所长
范兴国 机械工业出版社电工电子编辑室 主任
宋术山 海尔集团顾客服务事业部 部长
- 副主任：**姜亚彬 海尔集团冰箱顾客服务事业部 部长
王海东 小鸭集团销售公司人力资源中心 主任
苗 滨 山东省商业职业技术学院工程系 主任
- 委 员：**陈国华 机械工业出版社 编审
姜宝港 山东省商业职业技术学院 高级讲师
于晓平 济南教育学院 副教授
尹选模 山东省商业职业技术学院 高级讲师
许 华 山东省家用电器职业技能鉴定所 工程师
刘 伟 海尔集团顾客服务事业部技术部 工程师
陶登涛 小鸭集团人力资源培训中心 工程师
邢振禧 山东省商业职业技术学院 高级讲师
齐运州 山东济南百大集团公司 工程师
张新芝 山东省商业职业技术学院 高级讲师
周兴前 山东大禹学院 讲师
胡玉叶 山东省淄博商业学校 高级讲师
谭桂峰 济宁工业学校 讲师

序 言

《中华人民共和国劳动法》明确规定：国家对规定的职业制定职业技能标准，实行职业资格证书制度，由经过政府批准的考核鉴定机构负责对劳动者实施职业技能鉴定。

职业技能鉴定是提高劳动者素质，增强劳动者就业能力的有效措施，进行考核鉴定，并通过职业资格证书制度予以确认，为企业合理使用劳动力以及劳动者自主择业提供了依据和凭证。

目前，国家公布了实行就业准入的90个工种目录，其中家用电器产品维修工（包括制冷设备维修工、家用电热器具与电动器具维修工）和家用电子产品维修工（包括家用视频设备维修工、家用音频设备维修工）为实行就业准入的范围。

国家劳动和社会保障部2000年第6号令明确规定：技工学校、职业（技术）学校、就业训练中心及各类职业培训机构的毕（结）业生，必须取得相应职业资格证书后，才能到技术工种岗位就业；对从事技术工种的学徒，用人单位应按照《中华人民共和国工种分类目录》所规定的学徒期进行培训；对转岗从事技术工种的劳动者，用人单位应按照国家职业（技能）标准的要求进行培训，达到相应职业技能要求后再上岗。

实施职业技能鉴定，教材建设是重要的一环。为适应职业技能鉴定的迫切需要，推动职业培训教学改革，提高培训质量，根据“国家职业技能鉴定规范”的要求，参照目前职业技能考核鉴定办法和考核鉴定内容，我们组织家用电器维修专业相关工种的专家和考评员编写这套职业技能鉴定培训教材。考虑到教材的实用性和针对性，邀请名牌家电生产企业参加编写。

这套培训教材，以“国家职业技能鉴定规范”为依据，编写内容限定在工种考核鉴定范围内。考虑到“国家职业技能鉴定规范”要不断修改，工种考核内容的不断更新，这套培训教材对本工种的新技术、新产品也进行较为详细介绍。

家电类职业技能鉴定培训教材共包括以下9种：

1. 初级制冷设备维修工
2. 中级制冷设备维修工
3. 高级制冷设备维修工
4. 初级家用电热器具与电动器具维修工
5. 中级家用电热器具与电动器具维修工
6. 高级家用电热器具与电动器具维修工
7. 初级家用电子产品维修工（含视频设备维修工、音频设备维修工）
8. 中级家用电子产品维修工（含视频设备维修工、音频设备维修工）
9. 高级家用电子产品维修工（含视频设备维修工、音频设备维修工）

为便于各职业学校和培训单位组织教学，同时照顾到申请参加职业技能鉴定人员自学和复习使用，本套培训教材对每一工种分别按初、中、高三个等级编写，独立成册，具有很强的实用性和针对性。

参加这套培训教材编写工作的单位有：青岛海尔集团、山东小鸭集团、青岛澳柯玛集团、山东省商业职业技术学院、淄博商业学校、山东省电子学校、临沂工业学校、滨州经济学校、潍坊贸易学校、潍坊经济学校、淄博工业学校、山东大禹学院、聊城建设学校、山东省公安学校、济宁市工业学校、济南教育学院、德州财贸经济学校、济南铁路机械学校等。

为便于读者应考，在书后附有近期使用过的国家题库统一鉴定试卷，为读者应考提供复习参考。

由于时间仓促，不足之处在所难免，欢迎各使用单位和个人提出宝贵的意见和建议。

家电类职业技能鉴定培训教材编委会

2000年6月

前 言

本书为高级家用电热器具与电动器具维修工鉴定培训教材。主要包括数字电子技术基础、常用电子仪器仪表、电动机绕组、微电脑电风扇、微电脑全自动洗衣机、微电脑电饭锅、高档电磁灶以及微电脑微波炉等内容。

本书由姜宝港任主编；第一、二章由谭佃文编写；第三、四、六、七章由姜宝港编写；第五章由陈守林编写；第八章由辛涛编写。

本书可广泛用作高等职业技术学院、中等职业技术学校家用电器专业以及电子技术应用专业教材。

由于编写时间短，加之编著者科技水平有限，书中定有错漏之处，敬请有关专家学者以及广大读者批评指正。对于书中引用的相关文献的原著者，在此深表谢意！

编著者

目 录

序言
前言

第一章 数字电子技术基础 1

第一节 数字电路概述 1

- 一、数字电路的特点与分类 1
- 二、半导体管开关特性 2
 - (一) 二极管开关特性 2
 - (二) 晶体管的开关特性 3
- 三、基本逻辑门电路 4
 - (一) 与逻辑及与门 4
 - (二) 或逻辑及或门 6
 - (三) 非逻辑及非门 6
 - (四) 复合门 7
- 四、集成逻辑门 8
 - (一) TTL 集成电路组成 9
 - (二) 典型 TTL 与非门电路 10
 - (三) TTL 系列集成门电路简介 12
 - (四) CMOS 集成门电路 12
- 五、数制和码制 13
 - (一) 进位制 13
 - (二) 码制 14
- 六、逻辑代数 15
- 七、逻辑函数及其表示方法 16
- 八、逻辑函数化简常用方法 17

第二节 组合逻辑电路 21

- 一、组合逻辑电路基本特点及设计方法 21
- 二、编码器 21
- 三、译码和显示电路 24
 - (一) 通用译码器 24
 - (二) 显示译码器 26
- 四、算术逻辑电路 28
 - (一) 比较器 28
 - (二) 加法器 29

第三节 时序逻辑电路 30

- 一、触发器 31

- (一) RS 触发器 31
- (二) JK 触发器 33
- (三) D 触发器 33
- (四) T 触发器 34
- (五) 触发器逻辑功能的转换 34

二、寄存器 35

- (一) 数码寄存器 35
- (二) 移位寄存器 35
- (三) 集成移位寄存器 36

三、计数器 37

- (一) 二进制计数器 37
- (二) 同步十进制加法计数器 39
- (三) 集成计数器 40

第四节 脉冲波形产生和整形 42

一、概述 42

二、多谐振荡器 43

- (一) TTL 与非门基本多谐振荡器 43

- (二) RC 环形多谐振荡器 44

三、单稳态触发器 45

四、施密特触发器 46

五、集成 555 定时器 49

- (一) 集成 555 定时器结构和工作原理 49

- (二) 集成 555 定时器应用 50

第五节 数模和模数转换 52

一、数模转换器 52

二、模数转换器 54

第六节 单片计算机 56

一、概述 56

二、单片机的特点 56

三、单片机的基本结构 56

四、单片机产品简介 57

五、MCS-51 单片机内部结构简析 58

复习与思考题 59

第二章 常用仪器仪表和机械制图、安全以及管理 63

第一节 直流电桥 63

一、直流单臂电桥的结构及使用 63

(一) 直流单臂电桥的结构 63

(二) 直流单臂电桥使用方法及 注意事项 64

二、直流双臂电桥的结构及使用 64

(一) 直流双臂电桥的结构 65

(二) 直流双臂电桥使用方法及 注意事项 65

第二节 万用表结构原理与维修 66

一、指针式万用表 66

(一) 磁电式表头 66

(二) 测量电路 67

(三) 指针式万用表常见故障排除 71

二、数字式万用表 72

(一) 直流数字电压表 DVM 72

(二) 测量电路 75

(三) 一般数字万用表的检修 78

第三节 通用示波器组成原理 与维修 79

一、通用示波器的组成及原理 79

(一) Y 轴系统 80

(二) X 轴系统 81

(三) 主机系统 82

二、通用示波器使用方法 83

三、通用示波器常见故障的诊断 及排除 84

(一) 电源及显示系统的检修 84

(二) Y 轴系统的检修 85

(三) X 轴系统的检修 85

(四) 校准信号系统检修 86

第四节 机械制图知识 87

一、识图的基础知识 87

(一) 机械制图国家标准的 “一般规定” 87

(二) 正投影法和三视图 89

(三) 零件的表达方法 90

(四) 零件图 92

(五) 装配图 92

二、机械零件图绘制方法 93

第五节 安全防护 95

一、电器行业的安全生产与消防工作 95

(一) 安全生产 95

(二) 消防工作 96

二、电气失火和人身触电事故的预防 96

(一) 电气失火 96

(二) 人身触电事故 97

三、重大事故的应急处理 98

第六节 经营管理常识 100

一、全面质量管理及现场管理 100

(一) 全面质量管理 100

(二) 维修现场管理 100

二、维修部门的业务管理 101

三、经济核算管理 102

复习与思考题 103

第三章 家用电动器具电动机 105

第一节 电动机绕组概论 107

一、绕组的基本概念 107

(一) 线圈匝数 107

(二) 线圈 107

(三) 极距 107

(四) 节距 107

(五) 电角度 108

(六) 每极每相槽数 108

(七) 极相组 108

二、电动机绕组的基本型式 109

(一) 单层绕组 109

(二) 双层绕组 109

(三) 同心式绕组 109

(四) 正弦绕组 110

(五) 集中式绕组 110

(六) 分布式绕组 110

(七) 叠绕组 110

(八) 单层链式绕组 110

三、电动机绕组展开图 110

第二节 单相异步电动机 111

一、结构与工作原理 111

(一) 结构 111

(二) 工作原理 113

(三) 单相异步电动机的类型 114

二、定子绕组	115	(四) 单相串励电动机的反转	150
(一) 线圈组的连接方法	115	二、直流电动机电枢绕组	150
(二) 分布绕组的型式	116	(一) 单叠绕组	152
(三) 正弦绕组的计算	118	(二) 复叠绕组	154
(四) 单相异步电动机绕组 展开图的画法	121	(三) 单波绕组	154
(五) 罩极式电动机的定子绕组	128	(四) 复波绕组	155
第三节 定子绕组的重绕大修	131	(五) 蛙式绕组	155
一、记录原始数据工序	131	(六) 叠绕式绕组	155
(一) 记录电动机铭牌上的数据	131	(七) 对绕式绕组	156
(二) 铁心和绕组数据	131	复习与思考题	156
(三) 绘制绕组布线图	131	第四章 微电脑电风扇	158
二、拆除旧绕组工序	131	第一节 遥控电风扇	158
(一) 加热法	131	一、红外线遥控电风扇的工作原理	158
(二) 冷拆法	131	(一) 红外线遥控发射电路的 工作原理	158
(三) 溶剂溶解法	132	(二) 红外接收与控制处理电路 的工作原理	159
三、测量记录原始数据工序	132	二、超声波遥控电风扇的工作原理	164
四、制作绕线模工序	132	第二节 模拟自然风电风扇工作 原理	167
五、准备绝缘材料工序	133	第三节 电脑程控电风扇	168
六、绕线工序	133	一、采用 MP1366 组成的微电脑控制 电风扇电路	168
七、嵌线工序	133	二、采用 μ PD7564 组成的微电脑控制 电风扇电路	170
八、接线工序	134	三、采用电风扇专用集成电路 PT2122 组成的微电脑控制电路	171
九、质量检测与试验工序	134	复习与思考题	173
十、浸漆与烘干	136	第五章 高档新型全自动 洗衣机	174
第四节 洗衣机电动机	136	第一节 洗衣机的发展趋势	174
一、波轮式洗衣机电动机	136	一、智能型洗衣机	174
(一) 定子绕组的特点	136	二、超声波洗衣机	175
(二) 定子绕组展开图及匝数计算	137	三、真空洗衣机	175
(三) 定子绕组的嵌线	138	四、气泡加新水流式洗衣机	175
(四) 定子绕组的接线	138	五、健康型洗衣机	176
(五) 脱水电动机	138	六、分隔洗涤型洗衣机	176
二、滚筒式洗衣机电动机	139	七、新水流洗衣机	176
第五节 电风扇用电容运转式 电动机	142	八、组合型洗衣机	177
一、8 槽 4 极电动机定子绕组	142	九、数字直流变频洗衣机	177
二、16 槽 4 极电动机定子绕组	144		
第六节 家用小电动器具用 电动机简介	147		
一、单相串励电动机	147		
(一) 工作原理	147		
(二) 基本结构	147		
(三) 单相串励电动机的调速	150		

第二节 XQG50—1091 型洗衣干衣

一体化洗衣机	177
一、性能及技术参数	178
(一) 性能特点	178
(二) 主要技术参数	178
二、工作原理	179
(一) 洗衣原理	179
(二) 干衣原理	180
三、洗衣干衣机的结构与工作过程	181
(一) 洗涤系统	181
(二) 进排水系统	181
(三) 控制系统	181
(四) 操作系统	181
(五) 传动系统	183
(六) 支承减振系统	183
(七) 烘干系统	184
四、控制电路工作原理	184
(一) 供电电路	184
(二) 洗涤进水电路	186
(三) 加热电路	186
(四) 洗涤脱水电路	187

第三节 电脑全自动洗衣机和模糊控制

洗衣机	191
一、电脑洗衣机的控制原理	191
二、电脑洗衣机的控制过程	192
三、电脑洗衣机的特殊功能	192
四、模糊控制型全自动洗衣机	195
五、模糊控制全自动洗衣机的新进展	197
(一) 新型组合式波轮	197
(二) 霍尔传感器	197
(三) 电动机变速控制	198
(四) 其他特殊功能	198

第四节 三洋人工智能模糊控制型全

自动洗衣机	198
一、XQB60—88 型模糊控制型	
洗衣机特点	198
(一) 人工智能模糊控制系统	198
(二) 操作简便	198
(三) 预约洗涤	198
(四) 超宽不锈钢脱水桶	198
(五) 抗菌波轮	199
(六) 超静设计	199

(七) 防鼠设计	199
(八) 流畅优美的造型	199
二、整机的结构	199
三、XQB60—88 型洗衣机工作原理	200
(一) 整机工作原理	200
(二) 各部件的工作原理及功能	200
(三) 三洋模糊控制洗衣机工作过程	202

第五节 仿生搓洗式洗衣机

一、我国洗衣机发展简介	203
二、传统搅拌式洗衣机结构与特点	203
三、仿生搓洗式洗衣机的特点及性能对比	203
四、搓洗式洗衣机的种类	204

第六节 高档新型全自动洗衣机的

故障检修

一、基本检修程序	204
二、XQG50—1091 型洗衣干衣机故障及检修	205
三、XQB60—88 型模糊控制洗衣机故障分析	207
(一) 故障自诊显示	207
(二) 脱水中自动修正不平衡	207
(三) 全自动洗衣机故障检查修理流程图	208
四、微电脑全自动洗衣机故障检修	209
(一) 主要部件在各工序中的正常动作状态	209
(二) 常见故障原因及处理方法	210
复习与思考题	215

第六章 微电脑电饭锅

第一节 采用微电脑 μ PD7566 组成的电饭锅控制电路	217
第二节 采用微电脑 MH8841 组成的电饭锅控制电路	217
复习与思考题	221

第七章 高档电磁灶

第一节 高档电磁灶的原理方框图	223
-----------------	-----

第二节 主回路	223	第三节 高档微波炉的使用 与维修	253
一、主回路的工作原理	223	一、高档微波炉的使用与维护	253
二、主要元器件	226	(一) 注意事项	253
(一) 功率开关管	226	(二) 高档微波炉的使用方法	254
(二) 滤波电容和谐振电容	227	(三) 高档微波炉的维护保养	255
(三) 加热线圈	227	二、故障检修	256
第三节 控制与保护电路	227	(一) 澳柯玛 AM—C23 型电脑烧烤 微波炉不通电	256
一、脉冲振荡器与驱动电路	228	(二) 飞跃 WP—600 型微波炉不工作	256
二、限流、过热保护及功率调节电路	228	(三) 夏普 R—6G65 型微波炉不工作	256
三、保温指示电路	229	(四) 格兰仕 WD750BS 型微波炉工作 故障	257
四、同步控制电路	230	(五) 格兰仕 WD800BT23 型微波炉工作 故障	257
五、状态指示电路	230	(六) 澳柯玛 AM—E23 型电脑控制微波炉 无显示	257
六、非磁性锅识别电路	230	(七) 松下 NN—5750 型电脑控制微波炉 工作故障 (一)	258
七、市电过压保护电路	231	(八) 松下 NN—5750 型电脑控制微波炉 工作故障 (二)	259
八、市电过低保护电路	232	(九) 松下 NN—5750 型电脑控制微波炉 工作故障 (三)	259
九、其它保护电路	232	(十) 飞跃 WP600 型电脑控制微波炉工作 故障	260
(一) 延时开机电路	232	第四节 微波炉技术的发展趋势	260
(二) 功率渐升电路	232	一、智能化	260
(三) 无冲击切换电路	233	二、多功能	261
复习与思考题	240	三、节能化	262
第八章 高档微波炉	241	四、健康化	262
第一节 高档微波炉的特殊 元器件	241	五、操作简便化	262
一、电脑控制器	241	复习与思考题	263
(一) TMP47C415	242	模拟试卷	264
(二) 电源电路	242	一、高级家用电热器与电动器具维修工 知识试卷	264
(三) 键盘输入电路	245	二、技能模拟试卷	272
(四) 显示器电路	245	参考文献	275
(五) 继电器驱动电路	246		
二、传感器	247		
(一) 温度传感器	247		
(二) 湿度传感器	248		
(三) 温度、湿度检测电路	249		
第二节 高档微波炉的工作原理	250		
一、高档微波炉的工作原理与特点	250		
二、格兰仕 WD800B/WD750B 电脑控制 烧烤型微波炉的工作原理	251		

第一章 数字电子技术基础

内容提要：了解数字电路的概念及研究对象；了解基本逻辑运算的规律和法则，掌握基本逻辑门电路的逻辑功能；了解集成逻辑门 TTL 及其功能、特点，了解 CMOS 集成门电路的特点；了解二进制数的特点，能进行各种数制间的转换；学会对数字逻辑电路进行分析。了解组合逻辑电路概念，能对组合逻辑电路进行分析与设计；了解编码器概念，理解 BCD 码意义；理解译码器概念，能对译码器进行分析；了解数字比较器概念，理解其工作过程；了解加法器功能、类型及逻辑符号。了解触发器类型、功能、逻辑符号和应用；了解寄存器概念、功能；理解计数器概念、类型；了解多谐振荡器概念及作用；理解数/模、模/数转换原理和电路组成；了解单片机特点和基本结构。

第一节 数字电路概述

工程上把电信号分为模拟信号和数字信号两大类。模拟信号是指随时间连续变化的信号，数字信号是指不连续的突变信号。用来传输和处理数字信号的电路称为数字电路。在数字电路中，研究的重点是输入信号的状态和输出信号的状态之间的相互关系，即逻辑关系。

一、数字电路的特点与分类

1. 数字电路特点

(1) 数字电路中，处理的信号是数字信号。数字信号采用“1”和“0”表示脉冲的有、无或电平的高、低等。

(2) 在数字电路中，绝大多数电子器件和门电路稳态时工作在开关状态，即管子导通与截止，门电路的开与关。可分别用“0”和“1”来表示上述两种不同的状态。

(3) 数字信号 0 和 1 只是表示不同的状态，没有任何数量的含义。对构成数字电路的基本单元电路精度要求不高，只要在工作时能够可靠地区分 0 和 1 两种状态即可。因此数字电路具有可靠性高、精度高、抗干扰能力强、成本低、便于集成化、对元件精密程度要求不高等优点。

(4) 数字电路不仅具有算术运算功能，而且还具有“逻辑思维”能力。

2. 数字电路分类

(1) 按电路组成的结构分类 可分为分立元件电路和集成电路两大类。其中集成电路按集成度分为小规模 (SSI)、中规模 (MSI)、大规模 (LSI) 和超大规模 (VLSI) 集成电路。表 1-1 列出了数字集成电路的分类及使用情况。

(2) 按电路所用器件分类 可分为双极型晶体管集成电路 (简称 TTL 电路) 和单极型场效应管集成电路 (简称 CMOS 电路)。

(3) 按电路逻辑功能分类 可分为组合逻辑电路和时序逻辑电路。

表 1-1 数字集成电路分类

分 类	集 成 度	电 路 使 用 范 围
SSI	1~10 门/片 10~100 元件/片	逻辑单元电路如门电路、触发器等
MSI	10~100 门/片 100~1000 元件/片	逻辑功能部件如译码器、编码器、数据选择器、运算器、计数器、寄存器等
LSI	>100 门/片 >1000 元件/片	数字逻辑系统如中央控制器、存储器、接口电路等
VLSI	>1000 门/片 >10 万元件/片	高集成度数字逻辑系统如微机的中央处理单元或单片微机

二、半导体管开关特性

在分析数字电路前，必须熟悉二极管和晶体管的开关特性。

(一) 二极管开关特性

1. 二极管开关条件

利用二极管单向导电的性能，可把二极管当成开关使用。

(1) 导通条件 当二极管两端所加的正向电压大于死区电压时，二极管正向导通，正向电流急剧增加，如图 1-1a 所示。导通后硅管两端电压约为 0.7V（锗管约为 0.3V），把 $U_D \geq 0.7V$ （ $U_D \geq 0.3V$ ）看成是硅管（锗管）的导通条件。此时可把二极管等效为一个具有 0.7V（或 0.3V）压降的开关，如图 1-1b 所示。若忽略二极管导通后压降，则二极管相当于一个闭合开关，其理想等效电路，如图 1-1c 所示。

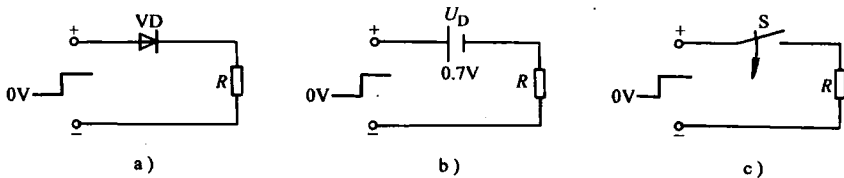


图 1-1 二极管导通时等效电路

a) 原理图 b) 近似等效电路 c) 理想等效电路

(2) 截止条件 当二极管 U_D 小于死区电压时， I_D 值已经很小；当二极管反向偏置时，反向漏电流 I_R 更小，如图 1-2a 所示。常把 $U_D < 0.5V$ 和 $U_D < 0.1V$ 看成是硅和锗二极管的截止条件。二极管一旦截止后，就近似认为电流为零，如同关断了的开关，其等效电路，如图 1-2b 所示。

2. 二极管反向恢复时间

图 1-3a 中，若二极管是理想开关，当输入电压 u_i 由 $+U_F$ 跳变到 $-U_R$ 时，如图 1-3b 所示， R_L 上电流 $I_F = U_F/R_L$ ， $I_R \approx 0$ ，其波形如图 1-3c 所示。但实际电流波形，如图 1-3d 所示。 u_i 在负跳变瞬间，反向电流 $I'_R = -U_R/R_L$ ，说明二极管在由导通转换为截止过渡瞬间

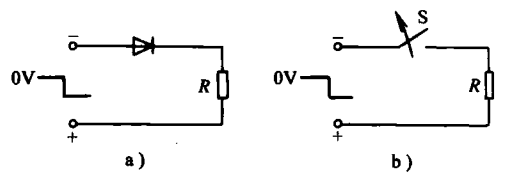


图 1-2 二极管截止时的等效电路

a) 原理图 b) 等效电路

仍然是导通的。经过一段时间，才能进入稳定截止状态。我们把反向电流从峰值减小到它的10%所需的时间，称为反向恢复时间，用 t_{rr} 表示。例如 2CK 系列开关管 $t_{rr} \leq 5\text{ns}$ ，其开关速度较高。

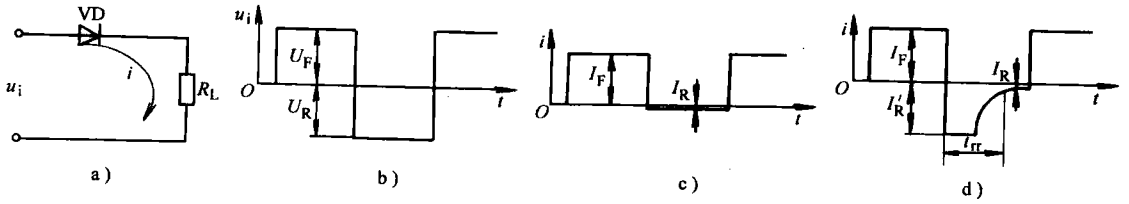


图 1-3 二极管反向恢复时间

(二) 晶体管的开关特性

晶体管主要工作在截止区和饱和区，工作在放大区只是出现在饱和与截止相互转换过程中，瞬间即逝。

1. 晶体管开关条件

晶体管开关电路，如图 1-4 所示。当输入信号为低电平 $U_{iL} = 0\text{V}$ 时，晶体管截止，输出高电平， $U_{oH} \approx U_{CC}$ ；当输入信号为高电平 $U_{iH} = 3\text{V}$ 时，晶体管饱和导通，输出低电平 $U_{oL} = U_{CES} = 0.3\text{V}$ 。可见，晶体管工作在开关状态时是一个反相器。

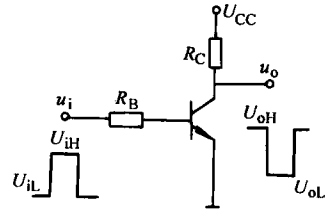


图 1-4 开关电路

(1) 饱和导通条件 晶体管临界饱和时， $U_{CE} = U_{CES}$ ， $I_C = I_{CS}$ ， $I_B = I_{BS}$ 。由图 1-4 可知

$$I_{CS} = \frac{U_{CC} - U_{CES}}{R_C} \approx \frac{U_{CC}}{R_C} \tag{1-1}$$

$$I_{BS} = \frac{I_{CS}}{\beta} \approx \frac{U_{CC}}{\beta R_C} \tag{1-2}$$

当输入高电平 U_{iH} 时，实际提供基极电流为

$$I_B = \frac{U_{iH} - U_{BES}}{R_B} \approx \frac{U_{iH}}{R_B} \tag{1-3}$$

可见，晶体管饱和导通条件应为 $I_B \geq I_{BS}$ ，即

$$\frac{U_{iH}}{R_B} \geq \frac{U_{CC}}{\beta R_C} \tag{1-4}$$

晶体管饱和导通时， $U_{BES} = 0.7\text{V}$ ， $U_{CES} = 0.3\text{V}$ ，如图 1-5a 所示，若忽略 U_{BES} 、 U_{CES} ，晶体管如同闭合的开关。

(2) 截止条件 硅三极管的截止条件是

$$U_{BE} < 0.5\text{V} \tag{1-5}$$

若 $U_{iL} = 0$ 时， $U_{BE} = 0\text{V}$ ，则 $I_B = 0$ ， $I_C = 0$ ， $U_{CE} = U_{CC}$ ，晶体管如同断开的开关，如图 1-5b 所示。

(3) 晶体管在开关状态下近似直流等效电路，如图 1-5 所示。

2. 晶体管的开关时间

晶体管由截止到饱和导通所需要的时间，称为开通时间，用 t_{on} 表示；由饱和导通到截

止所需要的时间，称为关闭时间，用 t_{off} 表示。因此，晶体管饱和与截止两种状态的相互转换需要一定时间来完成，如图 1-6 所示。

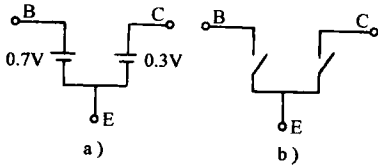


图 1-5 晶体管近似等效电路

a) 饱和状态 b) 截止状态

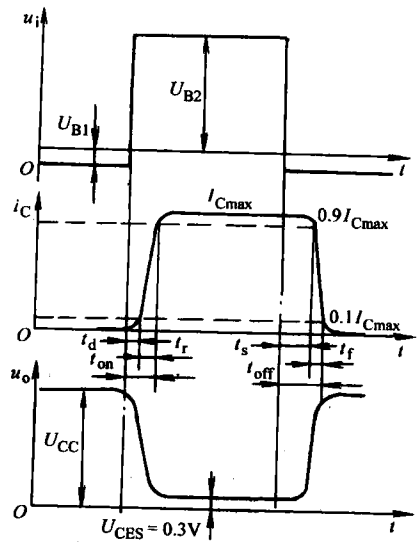


图 1-6 晶体管开关时间

当输入由 $-U_{B1}$ 跳变到 $+U_{B2}$ 时，先经一段延迟时间 t_d （从正跳变瞬间到 i_C 上升为 $0.1I_{Cmax}$ 所需时间），再经一段上升时间 t_r （ i_C 从 $0.1I_{Cmax}$ 上升到 $0.9I_{Cmax}$ 所需时间）， i_C 才接近最大值。故开通时间为

$$t_{on} = t_d + t_r \quad (1-6)$$

当输入由 $+U_{B2}$ 跳变到 $-U_{B1}$ 时， i_C 也不能立刻变为 0，要经过一段存储时间 t_s （从负跳变瞬间开始到 i_C 下降到 $0.9I_{Cmax}$ 所需时间），再经一段下降时间 t_f （ i_C 从 $0.9I_{Cmax}$ 下降到 $0.1I_{Cmax}$ 所需时间）， i_C 才降低到 0。故有关闭时间

$$t_{off} = t_s + t_f \quad (1-7)$$

晶体管由于存在开关时间，限制了其开关速度，使 u_o 滞后于 u_i 的变化。为了减小开关时间，可采用特殊工艺制造成开关晶体管，例如 3DK2 系列开关晶体管，其开关时间为几十纳秒。

三、基本逻辑门电路

所谓逻辑是指条件与结果的关系，逻辑电路的输入信号反映条件，输出信号反映结果，因而逻辑电路的输出与输入间构成了一定的逻辑关系。逻辑电路的输入、输出信号都是用高电平和低电平表示的。若用“1”表示高电平，用“0”表示低电平，这种系统称为正逻辑系统。本书使用正逻辑系统。

所谓“门”就是实现一些基本逻辑关系的电路。最基本的逻辑关系可归结为与、或、非三种，最基本的逻辑门是与门、或门、非门。

(一) 与逻辑及与门

1. 与逻辑

若决定某一件事的所有条件都成立，这件事就发生，这样的因果关系称为与逻辑关系。

图 1-7a 中，灯 L 亮的条件是开关 A、B 均接通，若有一个或两个开关断开灯就不亮。开关 A、B 均接通时灯才亮，符合与逻辑关系。

(1) 真值表 开关和灯都有两种相反状态，若把开关闭合和灯亮的状态用“1”表示，把开关断开和灯灭的状态用“0”表示，则灯 L 和开关 A 与 B 间逻辑关系用表 1-2 表示。这种完整表达输出与输入间所有可能组合逻辑关系的表格，称为真值表。

表 1-2 与逻辑真值表

A	B	L	A	B	L
0	0	0	1	0	0
0	1	0	1	1	1

(2) 逻辑式 从真值表可以看出，输入信号 A、B 与输出信号 L 间的关系和算术中乘法相同，把这种与逻辑关系称为逻辑乘，其表达式为

$$L = A \cdot B \quad (1-8)$$

式 (1-8) 中“ \cdot ”表示与逻辑运算，即逻辑乘，可以略去，则有

$$L = AB \quad (1-9)$$

逻辑乘有以下规律：

$$0 \cdot 0 = 0; 0 \cdot 1 = 0;$$

$$1 \cdot 0 = 0; 1 \cdot 1 = 1。$$

2. 与门

实现与逻辑运算的电路叫与门。二极管与门电路，如图 1-7b 所示。图 1-7b 中 A、B 为输入端，L 是输出端。硅二极管 VD_A 、 VD_B 经 R_o 接至电源 $+U_{CC}$ 。

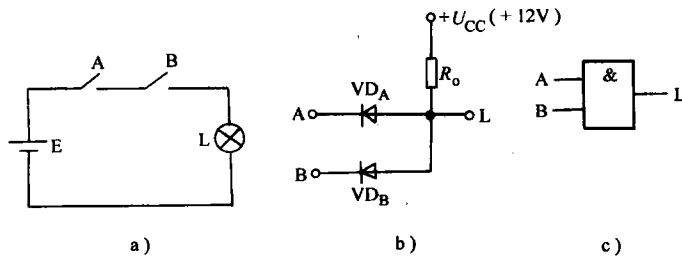


图 1-7 与逻辑

a) 与逻辑关系 b) 与门 c) 与门逻辑符号

当 $U_A = U_B = 0$ 时，输入端全为低电平， VD_A 、 VD_B 均因正偏而导通，则输出为低电平 $U_{OL} = 0.7V$ 。

当 $U_A = 3V$ 为高电平， $U_B = 0V$ 为低电平时，由于 VD_B 两端电位差大，比 VD_A 优先导通。 VD_B 导通后，使输出箝位在 $U_{OL} = 0.7V$ 上，此时 VD_A 因承受反压 $-2.3V$ 而截止。

同理，当 $U_A = 0V$ ， $U_B = 3V$ 时，则有 $U_{OL} = 0.7V$ 。

当 $U_A = U_B = 3V$ ，输入端均为高电平时， VD_A 、 VD_B 均正偏导通，L 点被箝制在高电平 $U_{oH} = 3.7V$ 上。

表 1-3 列出了上述 A、B 四种组合时与门电路工作情况。若忽略管压降， U_L 为括号内数据。