

目 录

序 前言

第1篇 总 论

第1章 机电一体化技术与现代制造

产业	1-3
1.1 新技术革命与产业竞争	1-3
1.2 传统机械工业的技术革命——机电一体化	1-5
1.2.1 高新技术与传统机械工业的技术革命	1-5
1.2.2 机电一体化基本概念	1-6
1.2.3 机电一体化系统的基本结构要素	1-6
1.2.4 机电一体化相关技术	1-7
1.2.5 机电一体化的技术、经济和社会效益	1-8
1.3 机电一体化在现代制造产业结构中的地位 and 作用	1-10
1.3.1 机床产业数控化	1-10
1.3.2 机器人产业兴起	1-11
1.3.3 制造系统自动化	1-11
1.4 发达国家发展机电一体化产业的政策和策略	1-13
1.4.1 机电一体化与高技术发展战略	1-13
1.4.2 资金支持与政策优惠	1-13
1.4.3 市场开拓与保护的政策	1-14
1.4.4 紧密联合的科研生产体系	1-14
1.5 我国机电一体化产业现状和发展战略	1-15
1.5.1 发展现状	1-15
1.5.2 发展战略	1-16

第2章 机电一体化技术发展方向

2.1 机电一体化系统的理论基础	1-18
2.2 微型计算机技术及其在机电一体化中的地位	1-18

2.2.1 微型计算机技术和开发应用	1-18
2.2.2 微型计算机在机电一体化中的地位	1-22
2.2.3 机电一体化中使用计算机应注意的问题	1-22
2.2.4 未来计算机的发展方向及对机电一体化技术的影响	1-22
2.3 机械制造工程的机电一体化技术方向	1-23
2.3.1 机械产品的机电一体化技术方向	1-23
2.3.2 机械制造生产过程的机电一体化方向	1-23
2.3.3 普通设备的机电一体化改造	1-24
2.4 提高制造产业竞争力的技术方法	1-24
2.5 科学研究与生产应用	1-25
2.5.1 专门人材的培养	1-25
2.5.2 技术融合、学科交叉	1-26
2.5.3 科研与生产并举, 相辅相成	1-26
2.5.4 促进科研成果向产业的转移	1-26

第3章 机电一体化系统设计和工程

路线	1-28
3.1 现代系统设计的特征	1-28
3.2 系统设计的评价	1-28
3.3 评价分析方法	1-29
3.3.1 技术经济性分析	1-29
3.3.2 可靠性分析	1-30
3.3.3 柔性、功能扩展及再组合性分析	1-32
3.3.4 系统匹配性分析	1-32
3.3.5 操作性分析	1-32
3.3.6 维修性分析	1-32
3.3.7 安全性分析	1-32

3.3.1 UPS电源的基本结构.....	2-180	4.3 过渡干扰的抑制.....	2-207
3.3.2 UPS电源的选择原则及使用 方法.....	2-181	4.3.1 过渡干扰的成因.....	2-207
3.3.3 常用UPS电源的性能比较.....	2-182	4.3.2 过渡干扰的抑制措施.....	2-203
3.4 特种电源.....	2-183	4.4 感性负载干扰与机械振动干扰的 抑制措施.....	2-205
3.4.1 线切割机用高压脉冲电源.....	2-183	4.4.1 感性负载干扰及其抑制.....	2-205
3.4.2 中频、高频电源.....	2-183	4.4.2 机械振动干扰的抑制.....	2-208
3.4.3 直流稳流电源.....	2-185	4.5 隔离、屏蔽和接地技术.....	2-209
第4章 抗干扰技术.....	2-188	4.5.1 正确接地方法.....	2-209
4.1 干扰的基本概念.....	2-188	4.5.2 屏蔽.....	2-212
4.1.1 干扰的基本含义.....	2-188	4.5.3 输入、输出接口窜入干扰的 隔离和抑制.....	2-214
4.1.2 干扰的分类.....	2-188	4.5.4 线间串扰的抑制.....	2-215
4.1.3 干扰的传播.....	2-189	4.6 模拟量抗干扰的其他措施.....	2-220
4.1.4 提高设备抗干扰能力的一般 原则.....	2-189	4.6.1 抗串模干扰的方法.....	2-220
4.2 电源干扰的抑制.....	2-191	4.6.2 抗共模干扰的方法.....	2-222
4.2.1 电源系统引入干扰的途径和 频率范围.....	2-191	4.6.3 放大器的屏蔽接地和去耦.....	2-224
4.2.2 电源交流侧抑制干扰窜入的 措施.....	2-193	4.7 数字系统内部固有干扰及其抑制.....	2-225
4.2.3 直流电源抗干扰措施.....	2-199	4.7.1 数字系统内部固有干扰.....	2-225
4.2.4 其他抗电源干扰措施.....	2-200	4.7.2 数字系统内部固有干扰的 抑制措施.....	2-225
		参考文献.....	2-226

第3篇 工业控制机及其应用

第1章 概述.....	3-3	2.2.4 母板的连接.....	3-32
1.1 工业控制机的发展及其特点与分类.....	3-3	2.2.5 电路模板的电气特性.....	3-32
1.1.1 工业控制机的发展概况.....	3-3	2.2.6 机械规范.....	3-32
1.1.2 工业控制机的分类.....	3-4	2.3 STD总线如何与各种字长的CPU 兼容.....	3-33
1.1.3 工业控制机与信息处理机的 区别.....	3-7	2.3.1 STD总线如何支持Z-80、 8085等8位微处理器.....	3-33
1.2 工业控制计算机总线简介.....	3-8	2.3.2 总线复用与16位CPU模板设计.....	3-34
1.2.1 开放式体系结构和总线系统.....	3-8	2.3.3 32位STD总线——STD 32总 线.....	3-35
1.2.2 常用微机总线介绍.....	3-10	2.3.4 单板机模式(即All-in-one).....	3-37
1.3 微型计算机标准总线分类.....	3-24	2.3.5 STD总线与单片机.....	3-38
第2章 STD总线工业控制机.....	3-26	2.4 工业控制机中的存储器.....	3-39
2.1 概述.....	3-26	2.4.1 工业控制对存储器的要求.....	3-40
2.1.1 STD总线的实现.....	3-26	2.4.2 工业控制中常用的存储器芯片.....	3-40
2.1.2 STD总线的历史和发展.....	3-26	2.4.3 STD总线系统的存储器.....	3-42
2.1.3 STD总线的应用.....	3-27	2.4.4 半导体虚拟磁盘.....	3-43
2.2 STD总线规范.....	3-28	2.5 基本系统组成和系统组合模式.....	3-45
2.2.1 STD总线引脚定义.....	3-28	2.5.1 工业控制机的基本系统.....	3-45
2.2.2 信号描述.....	3-30		
2.2.3 电气规范.....	3-31		

- 2.5.2 工业控制机系统组合模式3-47
- 2.6 STD 总线的 I/O 子系统3-49
- 2.6.1 概述3-49
- 2.6.2 开关量输入/输出3-50
- 2.6.3 A/D、D/A 及模拟信号调理3-52
- 2.6.4 运动控制接口3-57
- 2.6.5 GPIB 和 SBX 支持3-59
- 2.7 STD 总线的多处理机系统3-60
- 2.7.1 主从式多 CPU 系统——智能 I/O 模板3-60
- 2.7.2 总线仲裁与多主 CPU 系统3-64
- 2.8 分布式工业测控系统组成——串行数据通信和工业局域网3-67
- 2.9 Watchdog、电源掉电检测及软件可靠性措施3-74
- 2.9.1 Watchdog 及其应用3-74
- 2.9.2 电源掉电检测及其应用3-76
- 2.9.3 提高可靠性的某些软件措施3-77
- 2.10 STD 总线工业控制机的支持软件3-78
- 2.10.1 概述3-78
- 2.10.2 STD DOS3-78
- 2.10.3 嵌入式操作系统 POM-DOS3-79
- 2.10.4 VRTX 嵌入式实时多任务操作系统3-81
- 2.10.5 AMX 实时多任务操作系统3-84
- 2.10.6 QNX 实时多任务多用户网络操作系统3-86
- 2.10.7 高级语言的分离和固化运行3-86
- 2.10.8 在控制系统中的开发应用3-87
- 2.11 国内外先进产品介绍3-89
- 2.11.1 国内典型产品3-89
- 2.11.2 国外典型产品3-91
- 第 3 章 Multibus 工业控制机3-94
- 3.1 概述3-94
- 3.2 Multibus I 系统的结构3-94
- 3.3 Multibus I 系统总线3-96
- 3.3.1 Multibus I 系统总线信号3-96
- 3.3.2 Multibus I 系统总线的操作3-98
- 3.3.3 Multibus I 系统总线的电气规范3-103
- 3.3.4 Multibus I 系统总线机械性能规范3-105
- 3.3.5 Multibus I 系统总线兼容程度标记3-105
- 3.4 iSBX I/O 总线3-108
- 3.4.1 iSBX I/O 总线系统的结构3-108
- 3.4.2 iSBX I/O 总线信号3-108
- 3.4.3 iSBX I/O 总线插头插座与信号引脚分配3-110
- 3.4.4 iSBX 多模块板的机械规范3-110
- 3.4.5 iSBX I/O 总线兼容程度标记3-111
- 3.5 iLBX 总线3-111
- 3.5.1 iLBX 总线系统的结构3-111
- 3.5.2 iLBX 总线信号3-111
- 3.5.3 iLBX 总线操作3-113
- 3.5.4 iLBX 总线的机械规范3-115
- 3.5.5 iLBX 总线兼容程度标记3-115
- 3.6 Multibus II 系统的结构3-115
- 3.7 Multibus II 并行系统总线3-117
- 3.7.1 Multibus II 并行系统总线信号3-117
- 3.7.2 Multibus II 并行系统总线的通信协议3-121
- 3.7.3 Multibus II 的机械规范3-124
- 3.8 iLBX II 局部扩充总线3-124
- 3.8.1 iLBX II 局部扩充总线的功能描述3-124
- 3.8.2 iLBX II 总线信号3-125
- 3.8.3 iLBX II 总线协议3-126
- 3.9 MIX 模块接口扩充总线的结构与功能3-126
- 3.10 iRMX 实时多任务操作系统简介3-127
- 3.10.1 概述3-127
- 3.10.2 iRMX 操作系统功能简介3-128
- 3.10.3 实时多任务操作系统 DOS/RMX3-131
- 3.11 Multibus I 和 II 的系统设计与 OEM 产品简介3-132
- 3.11.1 Multibus I 和 II 的系统设计3-132
- 3.11.2 Multibus I OEM 产品简介3-132
- 第 4 章 VME 总线工业控制机3-138
- 4.1 概述3-138
- 4.1.1 VME 总线的发展3-138
- 4.1.2 VME 总线特点3-138
- 4.2 VME 总线信号3-138
- 4.3 机械特性3-141
- 4.4 VME 总线功能结构3-142

4.4.1 数据传输总线.....3-142	5.1.3 单片机的应用.....3-166
4.4.2 优先级中断总线.....3-143	5.1.4 单片机系统的扩展和配置.....3-167
4.4.3 仲裁总线.....3-144	5.1.5 单片机技术发展的趋势.....3-167
4.4.4 公用总线.....3-145	5.2 单片机产品及性能介绍.....3-168
4.4.5 信号协议.....3-145	5.2.1 概述.....3-168
4.5 电气特性.....3-146	5.2.2 4位单片机.....3-169
4.5.1 VEM总线信号线驱动器.....3-146	5.2.3 8位单片机.....3-169
4.5.2 底板连接.....3-146	5.2.4 16位单片机.....3-179
4.5.3 配电.....3-146	5.2.5 32位单片机.....3-181
4.6 VME总线的能力.....3-146	5.2.6 模糊单片机.....3-183
4.6.1 寻址能力.....3-146	5.3 单片机的开发环境.....3-183
4.6.2 基本的数据传输能力.....3-147	5.3.1 概述.....3-183
4.6.3 “不结盟的”(Unaligned) 传输能力.....3-147	5.3.2 单片机程序设计语言及支持 软件.....3-183
4.6.4 地址流水线能力.....3-148	5.3.3 开发环境中的人-机界面.....3-185
4.6.5 中断能力.....3-149	5.3.4 开发环境的硬件种类.....3-187
4.6.6 建立虚拟通信通路.....3-150	5.3.5 单片机开发环境发展趋势.....3-188
4.7 VME总线的应用.....3-150	5.4 单片机的多机与网络系统.....3-189
4.7.1 改善CPU性能.....3-150	5.4.1 工业测控领域的多机与网络 系统.....3-189
4.7.2 及时地响应重要事件.....3-151	5.4.2 单片机的串行接口与多机系统 plan.....3-189
4.7.3 系统初始化和诊断.....3-152	5.4.3 plan网.....3-190
4.8 VME总线的规范形式.....3-152	5.4.4 位总线.....3-193
4.8.1 关键词.....3-152	5.4.5 I ² C总线.....3-197
4.8.2 定时要求.....3-153	5.4.6 CAN总线.....3-200
4.8.3 信号互连的专用符号.....3-153	5.5 单片机的应用.....3-201
4.9 VME总线系列的UNIX System V/68操作系统及其实时环境.....3-154	5.5.1 单片机应用系统设计概述.....3-201
4.9.1 UNIX的产生、发展及主要 特点.....3-154	5.5.2 单片机应用系统的类型.....3-202
4.9.2 UNIX System V/68的功能 及组成.....3-155	5.5.3 单片机在仪器仪表中的应用.....3-203
4.9.3 UNIX向实时领域的迈进.....3-156	5.5.4 单片机在机电一体化设备控制 中的应用.....3-205
4.9.4 System V/68下的实时环境 VMEexec.....3-156	5.5.5 单片机在家用电器中的应用.....3-206
4.9.5 System V/68下的网络环境.....3-158	第6章 PLC及其应用.....3-208
4.10 VME总线系统——国产0604微型 计算机系统.....3-159	6.1 概述.....3-208
4.11 国外VME总线系列新产品.....3-160	6.1.1 PLC发展概况.....3-208
第5章 微控制器技术及其发展.....3-164	6.1.2 PLC的特点.....3-210
5.1 概述.....3-164	6.1.3 PLC的分类.....3-211
5.1.1 单片机、微控制器及嵌入式 控制器.....3-164	6.1.4 PLC的技术发展趋势.....3-211
5.1.2 单片机的产生和发展.....3-164	6.1.5 国外PLC的典型应用概况.....3-213
	6.1.6 国产PLC及其在生产中的应用.....3-214
	6.2 PLC硬件体系.....3-215
	6.2.1 硬件结构.....3-215

6.2.2 CPU和中央存贮器.....3-216

6.2.3 I/O接口.....3-218

6.2.4 电源、机架及扩展箱.....3-222

6.2.5 PLC的工作原理.....3-223

6.2.6 智能 I/O 模板.....3-226

6.2.7 远程 I/O 模板.....3-228

6.2.8 通信及网络.....3-229

6.2.9 编程器.....3-230

6.3 PLC软件体系.....3-231

6.3.1 PLC系统软件和应用软件.....3-231

6.3.2 系统软件框图.....3-231

6.3.3 应用软件用编程语言.....3-233

6.3.4 应用软件模块化——PLC
功能模块介绍.....3-248

6.4 PLC产品介绍.....3-248

第7章 分散型控制系统.....3-258

7.1 概述.....3-258

7.1.1 分散型控制系统的发展.....3-258

7.1.2 分散型控制系统的特点及
类型.....3-258

7.2 分散型控制系统的体系结构.....3-259

7.2.1 建立分散型控制系统体系
结构的原则.....3-259

7.2.2 分散型控制系统体系结构.....3-260

7.2.3 典型系统配置.....3-261

7.3 分散型控制系统的通信网络.....3-262

7.3.1 概述.....3-262

7.3.2 通信协议.....3-265

7.3.3 工业局部网络的选型考虑.....3-282

7.3.4 几种 DCS 系统通信网络
举例.....3-283

7.4 过程级设备.....3-285

7.4.1 过程级设备功能及分类.....3-285

7.4.2 过程控制设备的构成.....3-287

7.4.3 过程级设备的可靠性设计措施.....3-290

7.4.4 典型过程级设备介绍.....3-290

7.5 监控级设备.....3-292

7.5.1 监控级设备的功能及类型.....3-292

7.5.2 监控级设备构成.....3-294

7.5.3 典型监控级设备介绍.....3-294

7.6 分散型控制系统软件系统.....3-296

7.6.1 概述.....3-296

7.6.2 实时操作系统.....3-296

7.6.3 组态软件.....3-297

7.6.4 应用软件.....3-303

7.7 典型分散型控制系统介绍.....3-307

7.7.1 国外典型分散型控制系统
介绍.....3-307

7.7.2 国内典型分散型控制系统介绍.....3-313

7.8 分散型控制系统应用举例.....3-320

7.8.1 概述.....3-320

7.8.2 工艺简介.....3-320

7.8.3 系统构成及系统功能.....3-320

7.8.4 控制策略.....3-321

附录 典型 DCS 产品及其主要性能.....3-322

参考文献.....3-326

第4篇 数 控 技 术

第1章 数控设备概述.....4-3

1.1 数控设备的结构与功能.....4-3

1.2 数控设备的分类.....4-3

1.3 数控设备的发展动向.....4-5

1.4 选用数控设备的原则与方法.....4-7

第2章 数控机床的标准.....4-10

2.1 概述.....4-10

2.2 数控机床的标准代码.....4-10

2.3 数控机床的坐标轴和运动方向.....4-13

2.4 数控装置和数控机床电气设备间
的接口规范.....4-13

附录 机床数控——坐标轴和运动方向
专用术语.....4-16

第3章 典型数控系统.....4-22

3.1 典型数控系统的组成.....4-22

3.1.1 CNC 系统的基本概念.....4-22

3.1.2 CNC 系统的基本构成.....4-22

3.1.3 两类不同结构型式的 CNC
装置.....4-23

3.2 典型数控系统的硬件结构.....4-24

3.2.1 输入部件.....4-24

3.2.2 CPU 及总线.....4-29

3.2.3 存贮部件.....4-47

3.2.4 I/O 接口电路.....4-53

3.2.5 通信与网络接口.....4-60

3.2.6 显示部件.....4-60

3.3 典型数控系统的软件	4-63	4.4 机床控制程序的设计流程	4-150
3.3.1 控制软件结构与管理程序	4-63	4.5 可编程控制器的编程机	4-151
3.3.2 输入数据的处理	4-66	第5章 数控机床的程序编制	4-153
3.3.3 插补运算	4-70	5.1 数控机床编程基础	4-153
3.3.4 进给速度的控制	4-76	5.1.1 编程基础知识	4-153
3.3.5 诊断程序	4-78	5.1.2 数控机床的坐标系统	4-159
3.4 几种典型数控系统的参数和功能	4-80	5.1.3 数控系统的基本功能	4-160
3.4.1 国外主要 CNC 装置的生产 厂家及其典型数控系统	4-80	5.2 工艺路线分析与工艺设计	4-162
3.4.2 国内主要 CNC 装置的生产 厂家及其典型数控系统	4-106	5.3 工艺文件的编制	4-166
第4章 数控机床用可编程控制器	4-117	5.4 程序编制中的数值计算	4-170
4.1 可编程控制器与CNC机床的关系	4-117	5.4.1 直线和圆弧组成的零件轮廓 的基点计算	4-170
4.1.1 概述	4-117	5.4.2 非圆曲线的节点计算	4-179
4.1.2 内装型PLC	4-117	5.4.3 列表曲线的拟合	4-181
4.1.3 独立型PLC	4-118	5.4.4 空间曲面的数学处理	4-183
4.1.4 可编程控制器典型产品的主要 性能	4-118	5.5 数控车床与加工中心手工编程 举例	4-184
4.2 可编程控制器的工作方式	4-121	5.5.1 数控车床编程举例	4-184
4.3 可编程控制器的指令系统	4-124	5.5.2 加工中心编程举例	4-184
4.3.1 PC-B 的指令系统	4-124	附录1 常用切削用量表	4-189
4.3.2 S5-U 系列可编程控制器的 指令系统	4-125	附录2 国外数控系统准备功能一览 表	4-197
4.3.3 FAGOR PLC 的指令系统	4-147	参考文献	4-204

第5篇 检测技术

第1章 传感器及其使用技术	5-3	1.2.9 感应同步器	5-44
1.1 传感器的基本知识	5-3	1.2.10 磁栅式传感器	5-49
1.1.1 传感器及其组成	5-3	1.2.11 光栅式传感器	5-51
1.1.2 传感器的分类	5-3	1.2.12 光学码盘式传感器	5-58
1.1.3 传感器的特性	5-5	1.2.13 激光式传感器	5-60
1.1.4 传感器的性能指标	5-15	1.2.14 光电式传感器	5-62
1.1.5 传感器的输入、输出特性和对 环境的要求	5-15	1.2.15 气电转换传感器	5-67
1.1.6 传感器的标定和校准	5-16	1.2.16 压电式位移传感器	5-69
1.2 位移和长度传感器	5-17	1.2.17 霍尔式传感器	5-69
1.2.1 位移和长度传感器的选用	5-17	1.3 速度传感器	5-74
1.2.2 电感式(自感式)传感器	5-18	1.3.1 速度传感器的主要性能和特 点	5-74
1.2.3 变压器式(互感式)传感器	5-26	1.3.2 磁电感应式速度传感器	5-75
1.2.4 电涡流式传感器	5-29	1.3.3 陀螺式角速度传感器	5-77
1.2.5 电容式传感器	5-32	1.3.4 差动变压器式速度传感器	5-80
1.2.6 电触式传感器	5-39	1.3.5 光电式速度和转速传感器	5-80
1.2.7 电位器式传感器	5-42	1.3.6 多普勒效应测速传感器	5-80
1.2.8 应变式传感器	5-44	1.3.7 转速传感器	5-82

- 1.3.8 流速传感器5-82
- 1.3.9 其它测速方法5-84
- 1.4 力、扭矩和压力传感器5-84
- 1.4.1 力、扭矩和压力传感器的类型
和特点5-84
- 1.4.2 弹性敏感元件5-86
- 1.4.3 电阻应变片式力、扭矩和压力
传感器5-90
- 1.4.4 压阻式力、压力传感器5-98
- 1.4.5 压电式力、压力传感器5-102
- 1.4.6 压磁式力传感器5-108
- 1.4.7 谐振式力、力矩和压力传感
器5-111
- 1.4.8 位移式力、压力传感器5-115
- 1.4.9 其它类型压力和扭矩传感器5-117
- 1.5 惯性角参数传感器5-119
- 1.5.1 压电射流速率传感器5-119
- 1.5.2 三维压电射流姿态传感器5-121
- 1.6 惯性加速度和倾角传感器5-123
- 1.6.1 石英挠性伺服加速度传感器5-123
- 1.6.2 哥氏惯性速度和加速度传感
器5-125
- 1.6.3 参量式倾斜传感器5-125
- 1.6.4 振弦式倾斜传感器5-126
- 1.6.5 力平衡式倾斜传感器5-126
- 1.6.6 气体线加速度传感器5-128
- 1.6.7 气体摆式倾角传感器5-130
- 1.7 振动加速度传感器5-131
- 1.7.1 压电振动加速度传感器5-131
- 1.7.2 压阻式振动加速度传感器5-132
- 1.7.3 磁致伸缩式振动加速度传感
器5-133
- 1.7.4 PVDF 心音脉搏传感器5-133
- 1.8 物位传感器5-134
- 1.8.1 放射性同位素物位传感器5-134
- 1.8.2 超声物位传感器5-134
- 1.8.3 超声界面传感器5-134
- 1.8.4 微波物位传感器5-135
- 1.8.5 流量式液位传感器5-135
- 1.8.6 玻璃管式液位传感器5-136
- 1.8.7 平衡浮子式液位传感器5-136
- 1.9 声敏传感器5-136
- 1.9.1 声敏传感器的分类5-136
- 1.9.2 碳粒送话器5-137
- 1.9.3 压电声敏传感器5-137
- 1.9.4 静电扬声器5-138
- 1.10 半导体彩色传感器5-138
- 1.11 热敏传感器5-139
- 1.11.1 半导体热敏电阻5-139
- 1.11.2 二极管热敏传感器5-139
- 1.11.3 晶体管热敏传感器5-139
- 1.11.4 光纤温度传感器5-140
- 1.12 磁敏传感器5-140
- 1.12.1 磁敏传感器的种类及其检测
极限5-140
- 1.12.2 霍尔效应型传感器5-141
- 1.12.3 超导量子干涉器件5-141
- 1.13 气体传感器5-142
- 1.13.1 半导体气体传感器5-142
- 1.13.2 固体电解质气体传感器5-144
- 1.13.3 真空度传感器5-144
- 1.13.4 微波气体成分传感器5-144
- 1.13.5 光学气体成分传感器5-144
- 1.13.6 谐振微桥传感器5-144
- 1.14 湿度和水分传感器5-145
- 1.14.1 湿度传感器的分类5-145
- 1.14.2 水分子亲和力和型湿度传感
器5-145
- 1.14.3 非水分子亲和力和型湿度传感
器5-147
- 1.15 生物传感器5-148
- 1.15.1 生物传感器的原理5-148
- 1.15.2 电化学生物传感器5-148
- 1.15.3 生物电子传感器5-149
- 1.15.4 光生物传感器5-150
- 1.15.5 微生物传感器5-150
- 1.15.6 离子敏场效应晶体管传感
器5-152
- 1.15.7 半导体化学集成传感器5-153
- 第2章 测量电路5-154
- 2.1 测量电路总论5-154
- 2.1.1 测量电路的类型与组成5-154
- 2.1.2 基本转换电路5-155
- 2.2 测量放大器5-161
- 2.2.1 测量放大器的主要特点与要
求5-161

2.2.2	低噪声放大器	5-161	3.5.1	国产三种类型数显装置的 对照分析	5-300
2.2.3	高稳定度放大器	5-163	3.5.2	数显装置的选用方法	5-300
2.2.4	高输入阻抗放大器	5-164	3.5.3	数显装置的安装和调试	5-301
2.2.5	高共模抑制比放大器	5-166	3.5.4	数显装置的应用实例	5-314
2.2.6	参量放大器与电荷放大器	5-168	3.6	数显装置的维护与修理	5-318
2.2.7	放大器的线性化与量程切换	5-170	3.6.1	日常维护	5-318
2.2.8	放大器的频率特性	5-173	3.6.2	数显装置的故障判断和处理	5-319
2.3	调制与解调电路	5-174	第4章 仪器仪表智能化		5-323
2.3.1	调制的功用与类型	5-174	4.1	概述	5-323
2.3.2	信号的幅值调制与解调	5-174	4.1.1	智能化仪器仪表的基本结构	5-323
2.3.3	信号的频率调制与解调	5-186	4.1.2	智能化仪器仪表的特点	5-323
2.3.4	信号的相位调制与解调	5-188	4.2	微型机与检测仪器仪表的接口 技术	5-323
2.3.5	信号的脉宽调制与解调	5-191	4.2.1	传感器与微型机的接口技术	5-324
2.4	滤波器	5-192	4.2.2	智能仪器仪表显示器件与 微机的接口	5-330
2.4.1	滤波器的基本知识	5-192	4.2.3	微型机与仪器面板的接口	5-334
2.4.2	常用二阶有源滤波器电路	5-204	4.3	仪器仪表智能化的基本运算与 处理	5-338
2.4.3	有源滤波器设计方法	5-204	4.3.1	基本函数近似计算	5-338
2.5	模拟运算电路	5-220	4.3.2	几种常用数值计算方法	5-340
2.5.1	线性加减电路	5-221	4.3.3	常用非数值计算处理方法	5-341
2.5.2	微分与积分运算电路	5-223	4.3.4	信号预处理	5-345
2.5.3	绝对值、平均值、峰值运算 电路	5-229	4.3.5	静态误差修正	5-349
2.5.4	乘、除、乘方、开方电路	5-231	4.4	信号处理技术	5-352
2.5.5	函数电路	5-233	4.4.1	信号处理基础	5-352
2.6	细分、辨向、当量变换与编码 变换电路	5-240	4.4.2	谱分析	5-370
2.6.1	细分、辨向电路的选用	5-240	4.4.3	时间序列分析	5-374
2.6.2	细分、辨向常用电路	5-240	4.5	人工智能在检测技术中的应用	5-379
2.6.3	脉冲当量变换电路	5-257	4.5.1	基本概念	5-379
2.6.4	二进制与循环码的变换	5-263	4.5.2	设备故障诊断技术	5-380
第3章 机床数显装置		5-265	4.5.3	图象识别技术在检测中的 应用	5-383
3.1	数显装置的工作原理	5-265	4.6	精密量仪的微机化	5-383
3.2	数显装置常用的位移传感器	5-265	4.6.1	精密圆度仪	5-383
3.3	国内外数显表的型谱	5-277	4.6.2	齿轮量仪	5-386
3.4	数显装置实例	5-290	4.6.3	表面粗糙度量仪	5-397
3.4.1	感应同步器数显装置	5-290	4.6.4	三坐标测量机	5-401
3.4.2	光栅数显装置	5-293	参考文献		5-419
3.4.3	磁尺数显装置	5-294			
3.4.4	单片机数显装置	5-299			
3.5	数显装置的应用	5-300			

第2篇 机电一体化常用电路

主 编 黄义源

副主编 商斌雄

主 审 陈 瑜

编写人员

第1章 黄义源

第2章 任仕纯 顾列平 李景华

王 君

第3章 程昌银

第4章 商斌雄

第1章 模拟电路及其应用

1.1 常用半导体器件及其参数

1.1.1 分立器件及其参数

1. 二极管

半导体二极管大多数以一个PN结为基础，将PN结封装在管壳内，引出电极引线。按用途可分为整流、检波、开关、稳压等二极管。

(1) 整流二极管 整流二极管用于将交流电整流成直流电。额定正向电流 I_F 的范围为30mA~800A。最高反向工作电压范围为25~2000V。一般都是采用硅材料制作的面结型的功率器件。由于结面积较大，结电容也较大，因而工作频率较低，多在3kHz以下。

为方便使用，按全波桥式整流式组装好的硅整流桥，也有系列化产品。

在应用中，主要根据额定电流及最高反向工作电压来选择整流二极管。对于单相桥式整流电路，整流管承受的最大反向电压为电源电压的峰值，流过每管的电流为输出电流的一半，考虑到电容滤波时的浪涌电流，应选用额定电流较大（例如较计算电流大50%）的整流管。

常用硅整流二极管的型号及主要参数见表2.1-1。

硅整流二极管的最高反向峰值电压 U_{RM} 一般为22档，规格号顺序为A~X，相对应的反向电压为25~3000V，详见表2.1-2。

近年来，有些塑封、玻璃整流二极管在外表面色环表示最高反向峰值电压，常见的规格见表2.1-3。带色环的端为负端。

表2.1-1 常用硅整流二极管的型号及主要参数

型 号	最高反向峰值电压 $U_{RM}(V)$	正向平均电流 $I_F(A)$	正向平均压降 $U_F(V)$	反向漏电流 $I_R(\mu A)$	最高结温 $T_j(^{\circ}C)$	外形图图号
2CZ31	50~800	1	≤ 0.8	≤ 5	150	图 a
2CZ32		1.5		≤ 3		
2CZ33		1		≤ 3	130	图 b
2CZ34		1		≤ 3	150	图 a
2CZ52	25~1000	0.1	≤ 0.7	≤ 1	150	图 c
2CZ53	25~2000	0.3	≤ 1	≤ 5		图 d
2CZ54		0.5		≤ 10		
2CZ55		1				
2CZ56	100~2000	3	≤ 0.8	≤ 20	140	图 e
2CZ57	25~2000	5		≤ 30		
2CZ58		10		≤ 40		
2CZ59		20		≤ 50		
2CZ60		50				
2CZ80	25~800	0.03	≤ 1.2	≤ 5		图 c
2CZ81		0.05				

(续)

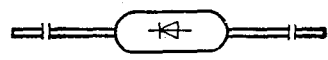
型号	最高反向峰值电压 $U_{RM}(V)$	正向平均电流 $I_F(A)$	正向平均压降 $U_F(V)$	反向漏电流 $I_R(\mu A)$	最高结温 $T_j(^{\circ}C)$	外形图图号
2CZ82	25~2000	0.1	≤ 1	≤ 5	130	图 c
2CZ83		0.3				
2CZ84		0.5				
2CZ85		1		≤ 10		
2CZ86	25~1000	3		≤ 20	130	图 b
1CZ87	25~1400	2	≤ 0.8	≤ 20 (mA)		
2CZ88		3				
2CZ90		5				
2DZ12	50~1400	0.1	≤ 1	5	150	图 d
2DZ13	25~2000	0.3				
2DZ14		0.5		10		
2DZ15	50~1400	1	≤ 0.8	20	140	图 e
2DZ16		3				
2DZ17		5				



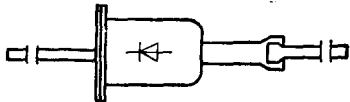
a) 玻璃钝化、实体封装



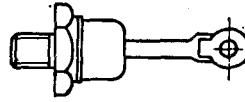
b) 塑料封装



c) 玻璃封装



d)



e)

表2-1-2 整流二极管的最高反向峰值电压规格

(V)

A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L
25	50	100	200	300	400	500	600	700	800	900
M	N	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000

表2-1-3 用色环表示整流二极管的最高反向峰值电压规格

色环	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰
$U_{RM}(V)$	50	100	200	300	400	500	600	700	800

一般正向电流 I_F 在1A以上的采用金属壳封装, 以保证良好的散热, I_F 在1A以下的, 大多采用全塑料封装, 其结构如图2·1-1所示。

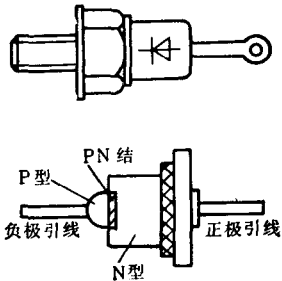


图2·1-1 整流二极管结构

(2) 检波二极管 检波二极管用于将叠加在高频电磁波(载波)上的低频信号检出来。要求它具有较高的检波效率和良好的频率特性, 正向压降、结电容要小。检波二极管都是高频小功率器件, 一般都采用锗材料的点接触结构。其结构如图2·1-2所示。

表2·1-4给出了典型检波二极管的数据。

(3) 开关二极管 开关二极管主要用于开关、脉冲电路中, 起接通或关断电路的作用。其主

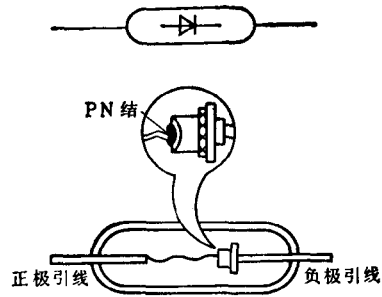


图2·1-2 检波二极管结构

要特点是反向恢复时间短, 能满足快速开、关的需要。为了消除影响开关时间的少数载流子存储效应, 常采用掺金工艺或采用含金的单晶材料, 这样可将反向恢复时间 t_{rr} 缩短到2ns以内。

表2·1-5列出了几种常用开关二极管的主要参数。

(4) 稳压二极管 PN结反向击穿时, 其两端电压基本上不随电流的变化而变化。稳压管正是利用这一特点, 来达到稳压的目的。稳定电压为1~500V、功耗为0.25~50W的各种稳压管, 品种齐

表2·1-4 锗检波二极管

型 号	正向电流 $I_F(\text{mA})$	反向电压 $U_R(\text{V})$	检波效率 $\eta(\%)$	结电容 $C_0(\text{pF})$	最高工作频率 $f_m(\text{MHz})$
2AP9	5	20	≥ 55	≤ 1	100
2AP10	5	30	≥ 55	≤ 1	100
2AP11	25	10		≤ 1	40
2AP12	40	10		≤ 1	40
2AP13	20	30		≤ 1	40
2AP14	30	30		≤ 1	40
2AP15	30	30		≤ 1	40
2AP16	20	50		≤ 1	40
2AP17	15	100		≤ 1	40

表2·1-5 常用开关二极管的主要参数

型 号	正向电流 $I_F(\text{mA})$	反向电压 $U_R(\text{V})$	反向恢复时间 $t_{rr}(\text{ns})$	结电容 $C_0(\text{pF})$	反向漏电流 $I_R(\mu\text{A})$
2CK42A~E	150	15~75	≤ 6	≤ 5	≤ 1
2CK43A~E	10	15~75	≤ 2	≤ 1.5	≤ 0.1
2CK44A~E	10	15~75	≤ 6	≤ 5	≤ 0.5
2CK03~50	$3\sim 50 \times 10^3$	40~120	200~500	130~400	
DK205	5×10^3	300~500	≤ 500	50	

表2·1-6 几种稳压二极管的主要参数

型 号	最大功耗 $P_{ZM}(mW)$	最大工作电流 $I_{ZM}(mA)$	稳定电压 $U_Z(V)$	动态电阻	
				$r_z(\Omega)$	$I_{Z1}(mA)$
2CW50	250	83	1.0~2.8	50	10
2CW51	250	71	2.5~3.5	60	10
2CW52	250	55	3.2~4.5	70	10
2CW53	250	41	4.0~5.8	50	10
2CW54	250	38	5.5~6.5	30	10
2CW55	250	33	6.2~7.5	15	10
2CW56	250	27	7.0~8.8	15	5
2CW57	250	26	8.5~9.5	20	5
2DW232	200	30	5.8~6.6	≤ 10	10
测试条件			$I_Z = I_{Z1}$	$I_Z = I_{Z1}$	

备，可根据需要选用。

稳压二极管的主要参数是稳定电压 U_Z ，产品所标的 U_Z 是指在额定工作电流下的反向击穿电压值。稳压二极管性能的好坏，可用动态电阻 r_z 来表示， $r_z = \Delta U_Z / \Delta I_Z$ ， r_z 越小，稳压性能越好。 r_z 是随工作电流 I_Z 而变化的， I_Z 增大， r_z 则变小。所以，为获得好的稳压效果，工作电流要适当地选大一点，但不得超出它的最大工作电流 I_{ZM} 。

表2·1-6列出了几种稳压二极管的主要参数。

由于工艺方面的原因，同一型号的管子，稳压值并不完全相同，但对某个管子而言，其稳压值是确定的。

使用稳压管时必须注意：a. 反向偏置时应用在特性曲线的反向击穿区。b. 为不使反向击穿电流过大，以免烧坏管子，电路中必须串联限流电阻。

2. 双极型晶体管

半导体器件按其导电机理可分为单极型器件和双极型器件两类。单极型器件是指在工作过程中只有单一的多数载流子（电子或空穴）参与运动。较典型的是场效应器件。在工作过程中有少数载流子和多数载流子共同参与运动的器件，称双极型器件。凡以PN结为基础的二极管、三极管基本上都是双极型器件。

半导体三极管简称晶体管，分双极型晶体管和场效应晶体管两大类。通常不加说明时，所谓晶体管（三极管）就是指双极型晶体管。

晶体管中，除少数锗管外，绝大部分都是硅管。与锗管相比，硅管的漏电流小，温度稳定性与适应性好，热导率高，因而抗烧毁性能好，工艺成

熟，器件稳定可靠，硅材料来源丰富。

晶体管按极性可分为NPN管和PNP管。硅晶体管大多数采用NPN结构，因为对硅管而言，PNP结构的电流放大系数 β 和特征频率 f_T 要比NPN结构的小得多。而锗管几乎全是PNP结构。

(1) 晶体管的结构特点 晶体管是一种三极双结结构的半导体器件，如图2·1-3所示。

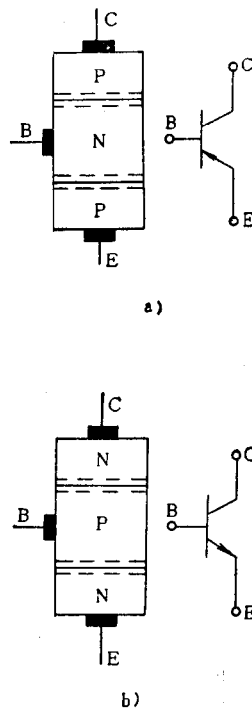


图2·1-3 晶体管的结构型式
a) PNP b) NPN

三个电极中，发射极用来发射载流子；集电极则将发射极发出的载流子收集起来，形成集电极电流；基极位于发射极与集电极之间，控制发射极载流子的发射，也就是控制集电极电流。为此，晶体管在结构上具有下述特点：

a. 发射区的掺杂浓度大，以便产生较多的载流子。

b. 集电区的面积大，以便尽可能多的收集从发射区发出的载流子。

c. 基区做得很薄，且掺杂浓度很低，以减小基极电流，增强基极的控制作用。

(2) 晶体管的三种基本接法 晶体管在电路应用中，由于公共端不同，可分为共发射极、共集电极和共基极三种接法，如图2·1-4所示。

三种接法中，共发射极接法的电压放大倍数、电流放大倍数和功率放大倍数都是最大的，因而应用最广泛。表2·1-7对这三种接法的特点作了比较，供应用时参考。

(3) 晶体管的特性参数和工作状态 晶体管的特性曲线，能全面、直观地反映晶体管的特性。

其中最常用的是共发射极的输入、输出特性曲线，如图2·1-5所示。输入特性曲线与二极管的正向特性曲线类似。输出特性曲线则是一簇以 I_B 为参变量的曲线，对应于不同的 I_B 值，输出特性可以分成三个区域。

截止区： $I_B = 0$ 那条曲线下方的阴影区。

饱和区：曲线拐点连线左侧部分的阴影区。

放大区：截止区与饱和区之间的曲线平坦部分。

与特性曲线三个区域相对应，晶体管有三种工作状态，即截止状态、饱和状态和放大状态。表2·1-8列出了晶体管三种工作状态的特点。

在模拟电路中，晶体管常用作放大元件，主要工作在放大状态。在数字电路中，晶体管作为开关元件，主要工作在饱和状态和截止状态。

晶体管的性能，厂家提供的大多是一组参数，其中主要的有：

1) 穿透电流 I_{CEO} 表示管子截止性能的好坏，此值越小越好，硅管为微安级，锗管为数十到数百微安。

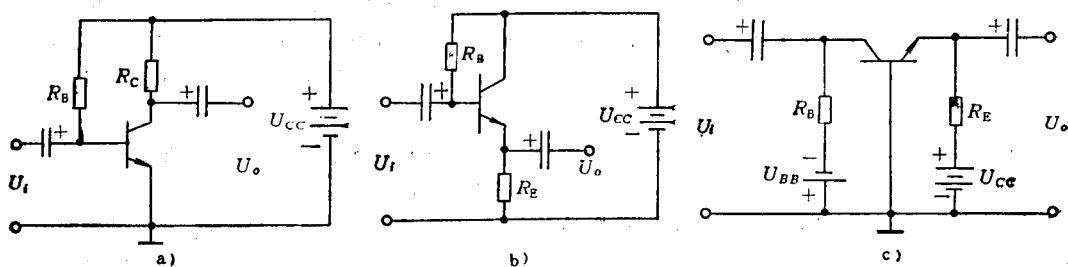


图2·1-4 晶体管的三种接法

a) 共发射极 b) 共集电极 c) 共基极

表2·1-7 晶体管三种接法的比较

参数名称	共发射极电路	共集电极电路	共基极电路
电压放大倍数	大	小 (小于并接近于 1)	大
电流放大倍数	大 (即 β)	大 ($1 + \beta$)	小 (小于并接近于 1)
功率放大倍数	大 (约30~40dB)	小 (约10dB)	中 (约15~20dB)
输入电阻	中 (几百到几千欧)	大 (几十千欧以上)	小 (几至几十欧)
输出电阻	中 (几千到几十千欧)	小 (几欧至几十欧)	大 (几十千欧至几百千欧)
频率特性	高频性能差	频率性能良好	高频性能好
应用	电压放大电路及开关电路	输入级、输出级及阻抗变换	高频或宽频带电路及恒流源电路

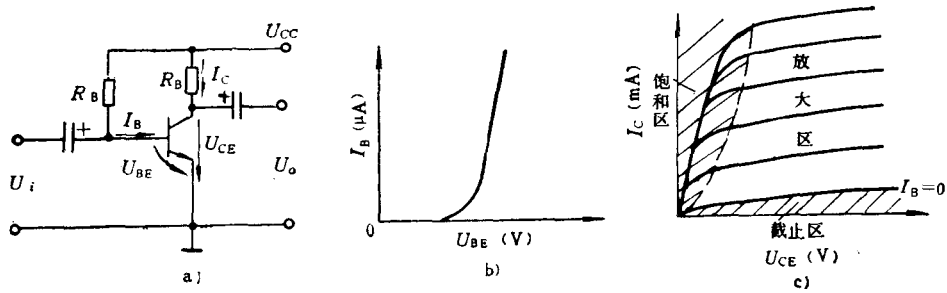


图2-1-5 晶体管的特性曲线

a) 共发射极电路 b) 输入特性 c) 输出特性

表2-1-8 晶体管的三种工作状态

	截止状态	饱和状态	放大状态
偏置	发射结零偏或反偏 集电结反偏	发射结正偏 集电结正偏	发射结正偏 集电结反偏
特点	$I_C = I_{CBO} \approx 0$ $U_{CE} = U_{CC}$	$I_C \approx U_{CC}/R_C$ $U_{CE} = U_{CES} \approx 0$	$I_C = \beta I_B$ $U_{CE} = U_{CC} - I_C R_C$
特征参数	I_{CEO}	U_{CES}	β

2) 饱和压降 U_{CES} 表征管子的饱和性能。小功率硅管的 $U_{CES} < 0.5V$ 。 U_{CES} 小，则管子的动态范围大。

3) 共发射极电流放大倍数 β 手册上常用 h_{FE} 表示，表征管子在线性区域内的电流放大能力。一般小功率管的 β 值在20~200范围内。

4) 极限参数 I_{CM} 、 $U_{(BR)CEO}$ 、 P_{CM} 极限参数规定了管子的安全工作区，使用时不得超过（参看1.4.4节），设计电路时，主要是根据极限参数来选择管子。

(4) 晶体管的小信号模型 晶体管是一种非线性器件，但在小信号条件下工作时，工作的动态范围不超出特性曲线的线性区域（图2-1-5c中的放大区）时，晶体管的特性可视为线性的，可用图2-1-6所示的线性模型来等效。晶体管的输入回路用电阻 r_{be} 来等效， $r_{be} = \Delta U_{BE} / \Delta I_B$ 。输出回路则可用一个同集电极电压无关的恒流源 $\beta \Delta I_B$ 来等效。

r_{be} 称为晶体管的输入电阻，对于低频小功率管，工作在小信号条件下（例如 I_B 小于2mA时）， r_{be} 的数值可用下式估算：

$$r_{be} = 300 + (\beta + 1) \frac{26(mV)}{I_B(mA)} \quad (\Omega) \quad (2-1-1)$$

$\beta \Delta I_B$ 表明了晶体管的放大作用，也说明晶体管是一个电流控制元件。晶体管的放大作用，实质上就是 ΔI_B 的控制作用， $\Delta I_B = 0$ 时， $\beta \Delta I_B$ 不复存在。

(5) 低频小功率晶体管 用于表征晶体管频率特性的，主要有 f_β 、 f_T 两个参数。

f_β —晶体管的 β 截止频率。当 β 随频率的升高而下降到 β_0 (1000Hz时的 β 值) 的0.707时的频率，称为 β 截止频率，或者定义为当 β 比 β_0 低3dB时所对应的频率。

f_T —晶体管的特征频率。它表示 β 随频率上升而下降到1时所对应的频率。当工作频率为 f_T 时，晶体管不再具有电流放大作用。一般产品手册中都给出 f_T 的值。 f_T 和 f_β 满足下列关系。

$$f_T = f_\beta \beta_0 \quad (2-1-2)$$

通常把 $f_T < 3MHz$ 的管子称为低频管， $f_T \geq 3MHz$ 的称为高频管， $P_C < 1W$ 的叫小功率管， $P_C > 1W$ 的叫大功率管。

3AX系列的锗PNP管，是典型的低频小功率晶体管，主要用于低频电路。表2-1-9列出了一些常用的低频小功率管的典型参数。

(6) 高频小功率晶体管 高频晶体管是指对