

Technology
实用技术

工业电子技术 全程辅导及实例详解

肖波 张红 编

GONGYEDIANZIJI SHU



科学出版社

工业电子技术 全程辅导及实例详解

肖波 张红 编

科学出版社

北京

内 容 简 介

应用于工业中的电子技术涵盖的内容非常广泛,涉及范围从直流电路到控制系统,从固态电子器件到电动机。本书以电子技术工业中的应用为核心,对工业电子和控制系统进行清晰、全面的讲述。内容包括工业电子技术的历史以及分类知识,工业控制中的开关、继电器和接触器等基本元件,运算放大器,线性集成电路,晶闸管,传感器,电动机,过程控制技术。本书内容广泛,结构合理,高度图解,实用性强。

本书适合各大中型院校电子、通信、自动化和机电一体化等相关专业的在校师生以及工程技术人员参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

工业电子技术全程辅导及实例详解/肖波,张红编. —北京:科学出版社, 2012

ISBN 978-7-03-035231-6

I. ①工… II. ①肖…②张… III. 电子技术-高等学校-教学参考资料 IV. TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第174153号

责任编辑:王 炜 杨 凯 / 责任制作:董立颖 魏 谨

责任印制:赵德静 / 封面设计:赵志远

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

佳艺恒彩印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

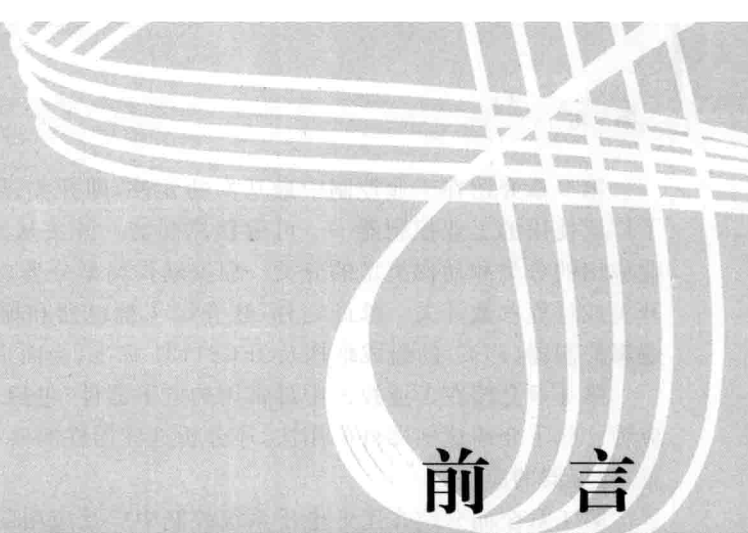
2012年10月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2012年10月第一次印刷 印张: 30

印数: 1—3 000 字数: 567 000

定 价: 49.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)



前言

从 19 世纪末、20 世纪初开始,电子技术发展最迅速、应用最广泛,成为近代科学技术发展的一个重要标志。应用于工业中的电子技术涵盖的内容非常广泛,涉及范围从直流电路到控制系统,从固态电子器件到电动机。本书以电子技术在工业中的应用为核心,对工业电子和控制系统进行清晰、全面的讲述。

本书的编写以美国经典教材 Electronics Technology Fundamentals 为基本架构,结合国内电子技术的教学体系的实际需要,考虑到使学生获得必要的电子技术基础理论、基本知识和基本技能,认真地贯彻了理论够用、应用加强、提高分析和解决实际问题的能力原则。

本书有以下重要的特点:

- 涵盖工业电子方面很大范围的内容,书中的内容在某些方面与当前市场上同类书籍相同或是在某些方面更全面一些。

- 书中内容按由浅入深的顺序进行介绍——概念涉及从最初章节基本的电子学概念及器件到后面几章的工业机械和控制系统。

- 本书与工程实践联系密切,为了能更通俗易懂,减少了数学分析及公示推导,列举了大量器件实例。

- 每一章都有例题和图形描述。

- 关键概念和章节的总结可帮助读者巩固和理解所学的内容。

- 本书在各章后还附有问题,可在教师的引导下进行练习,此书可以用作多种课程的教材及一些扩展教材。

- 课程内容的介绍和进展可以按照章节的顺序进行,而每章内容的独立性又允许读者按照适合自己的课程进度进行学习。

第 1 章是工业电子技术概述,概括性地介绍工业电子技术的历史发展过程,包括工业电子技术的概念以及各种应用技术的分类。所有概念被映射成一个学习的金字塔,学生可以循序渐进地掌握本领域中工业的知识。本书归纳出了一个树形的知识结构,使读者能清楚地理解工业电子技术领域许多分支之间的结构关系。

第2章介绍在工业控制中最基本的元件,即开关、继电器和接触器等,并介绍了广泛使用的工业控制器——可编程控制器。开关从两个方面进行分类,包括工业应用的分类和动作类型的分类。根据动作类型分类,开关可分为手动开关、机械开关或过程参数开关。除此之外,还介绍了继电器和梯形图。本章阐述了可编程逻辑控制器(PLC)的组成结构及 IEC61131 标准,全面讲述了梯形逻辑编程方法。

第3章介绍在工业控制中最常用的电子器件,包括几种二极管、晶体管和场效应管。除了介绍这些器件的用法,还分析这些器件的典型应用电路,包括放大器偏置、稳压器的应用。

第4章全面介绍在工业电子系统控制中广泛应用的器件——运算放大器。在讲述基本应用背景之后,对所有基本电路(反相器、放大器、电压跟随器、加法放大器、微分器、比较器和窗检波器、有源滤波器、仪用放大器及电流差放大器)进行详细的介绍,实际应用中的许多应用电路都会用到这些电路模块。

第5章对固态开关器件作了全面的总结,包括可控硅整流器、三端双向可控硅开关单元和四种半导体闸流管器件(肖特基二极管、双端交流开关和两种单结晶体管)。其中涉及每种元件在典型电路应用中的操作方法和特性。该章包括很多故障检修内容,可帮助读者理解实际电路存在的一些问题以及解决这些问题的方法。

第6章全面介绍了在工业中应用的各种传感器,包括离散传感器和模拟过程传感器。离散传感器包括接近传感器和光电传感器,模拟传感器的测量对象包括温度、距离、压力、流量、电平,每一种传感器都有其子类。每种传感器的操作、参数设置和典型应用在本章都有涉及。除此之外,还涉及传感器与工业控制器的通用接口技术以及传感器接线和控制电路方面的内容。

第7章主要讲述电动机方面的知识,包括电磁理论、直流电动机,交流电动机和特种电动机。直流电动机分为串励、并励、复励及牵引电动机。交流电动机相关内容阐述了单相(阻抗和电容启动罩极电动机)和三相交流电动机(笼型、绕线型和同步型)。特种电动机包括永磁电动机、步进电动机及交直流伺服电动机。本章详细阐述了各种电机的组成及构造、工作原理、控制及特性。本章最后讲述了编码器原理及其操作。这些反馈型传感器用来给控制系统提供转速数据。

第8章讲述了开环和闭环的过程控制技术,包括控制特性、控制器种类、PID控制和PID调节技术。以一种非数学的方式提出过程控制的概念有利于每个初学者的理解。用数学理论知识进行详细的解释,而且是以非常清晰和易懂的方式提出的。这一章最后介绍了PID调节技术和模糊逻辑控制器的相关内容。

由于我们的水平和能力有限,加之编写时间较为仓促,书中难免存在一些疏漏甚至错误之处,恳请读者批评指正,以便改进!

编者

目 录

第 1 章 工业电子技术概述

1.1 简介	2
1.2 工业电子技术的历史	2
1.2.1 反馈控制	2
1.2.2 重要事件	2
1.3 制造业分类	4
1.3.1 制造业系统的分类	4
1.4 工业控制电子学的分类	6
1.4.1 工业系统和工业电子技术	7
1.5 技术金字塔及树状结构	7
1.5.1 技术树状结构	8
本章小节	10
思考与练习	11

第 2 章 离散控制输入输出设备和可编程控制器

2.1 机械和电子开关的分类	14
2.1.1 开关触点配置方式	15
2.1.2 其他开关触点技术规范	17
2.2 电子电路开关	21
2.2.1 由人工触发的电子开关	21
2.2.2 机械触发的电子电路开关	25
2.3 工业控制开关	27
2.3.1 人工触发的工业控制开关	27
2.3.2 机械触发的工业控制开关	32
2.3.3 过程触发的工业控制开关	35

2.4 离散输出设备——执行器	41
2.4.1 螺线管	41
2.5 继电器	42
2.5.1 触点额定值	44
2.5.2 继电器触点配置方式	45
2.5.3 时间继电器	45
2.6 接触器	48
2.7 电气控制图	50
2.7.1 梯形图简介	50
2.7.2 继电器梯形逻辑功能	51
2.7.3 梯形逻辑图的设计方法	54
2.8 可编程逻辑控制器简介	58
2.8.1 PLC 系统及其组成部分	60
2.8.2 PLC 的种类	62
2.8.3 IEC 61131-3 标准语言	64
2.9 梯形逻辑语言编程	66
2.9.1 PLC 梯形逻辑程序	66
2.9.2 符号库	68
2.9.3 常开和常闭触点	69
2.9.4 输入、输出和扫描时间	70
2.9.5 常开元件和常闭元件的选择	73
2.9.6 Allen Bradley 公司 SLC500 指令简述	74
本章小节	86
思考与练习	89

第 3 章 固态电子器件在工业中的应用

3.1 固态电子器件简介	94
3.1.1 导电性	94
3.2 PN 结和固态电子器件	94
3.2.1 二极管的概念	95
3.2.2 正向和反向偏置	95
3.2.3 工业中的二极管器件	96
3.3 双极型晶体管	103
3.3.1 简介	104
3.3.2 构成	104

3.3.3 BJT 操作	104
3.3.4 BJT 参数	106
3.4 晶体管开关	108
3.4.1 截止区操作	109
3.4.2 饱和区操作	109
3.4.3 放大区操作	110
3.4.4 转换周期	111
3.4.5 达林顿结构	113
3.5 晶体管偏置和放大	113
3.5.1 两个电阻的偏置电路	114
3.5.2 4 电阻偏置电路	116
3.6 共发射极晶体管放大电路	116
3.7 晶体管稳压电路	119
3.7.1 串联稳压电路	119
3.7.2 并联稳压电路	120
3.8 BJT 电路的故障检修	121
3.9 其他固态电子器件	121
3.9.1 半导体闸流管	122
3.9.2 场效应晶体管	122
3.9.3 结型场效应管	122
3.9.4 金属氧化物半导体 FET	126
3.9.5 互补金属氧化物半导体	126
本章小节	128
思考与练习	129

第 4 章 运算放大器和线性集成电路

4.1 运算放大器的历史	134
4.2 运算放大器参数的介绍	134
4.3 运算放大器的数据手册	136
4.4 反相放大器	142
4.4.1 输入和输出电阻	142
4.4.2 输出饱和	143
4.4.3 输出偏置	143
4.5 同相放大器	144
4.5.1 输入和输出电阻	145

4.5.2 电压跟随器	146
4.6 加法放大器	146
4.7 差分放大器	148
4.8 电压-电流转换器	149
4.9 电流-电压转换器	150
4.10 积分器和微分器	150
4.10.1 运算放大积分器	150
4.10.2 运算放大微分器	151
4.11 比较器和窗口检波器	152
4.11.1 运算放大器比较器	153
4.11.2 集成电压比较器	155
4.11.3 窗口比较器	158
4.12 有源滤波器电路	158
4.12.1 低通滤波器	159
4.12.2 高通滤波器	163
4.12.3 带通滤波器	164
4.12.4 带阻滤波器	166
4.13 仪用放大器	167
4.13.1 离散和单片集成电路的实现	168
4.13.2 小 结	169
4.14 电流差分放大器	169
4.14.1 偏压电流差分放大器	173
4.14.2 电流差分放大器的应用	174
本章小节	179
思考与练习	180

第5章 晶闸管

5.1 晶闸管概述	184
5.2 可控硅整流器	184
5.2.1 SCR 器件符号	186
5.2.2 特性曲线和波形	187
5.2.3 了解 SCR 的数据表	191
5.2.4 典型的门极触发电路	193
5.2.5 电源控制的工作情况分析	196
5.3 晶闸管触发器件	198

5.3.1 肖特基二极管	198
5.3.2 二极管交流开关管	199
5.3.3 单结晶体管	200
5.3.4 可编程单结晶体管	203
5.4 SCR 的实际应用	205
5.4.1 延时电路	205
5.4.2 闪光电路	205
5.4.3 电动机速度控制电路	206
5.4.4 保护电路	206
5.5 三端双向可控硅开关	207
5.5.1 特性曲线和波形	208
5.5.2 了解三端双向可控硅开关的数据表	211
5.5.3 三端双向可控硅开关的典型操作	211
5.6 三端双向可控硅开关的应用	217
5.6.1 简单的交流开关	217
5.6.2 照明控制	218
5.6.3 零点开关电路	219
5.7 可控晶闸管开关	219
5.7.1 可关断晶闸管	220
5.7.2 硅控制开关	221
5.7.3 硅双向开关	221
5.8 晶闸管的故障诊断	223
本章小节	224
思考与练习	225

第 6 章 工业传感器

6.1 传感器简介	230
6.1.1 控制传感器、变送器和换能器	230
6.1.2 校 准	231
6.1.3 传感器分类	232
6.2 接近开关传感器	233
6.2.1 电感和电容接近传感器	233
6.2.2 接近开关的工作过程	235
6.2.3 电感接近传感器特性	239
6.3 光电传感器	246

6.3.1	光电传感器的工作原理	248
6.3.2	光电传感器检测方式	251
6.3.3	光电传感器特性	259
6.3.4	解释光电传感器特性	259
6.4	温度传感器	265
6.4.1	温度传感器的分类	266
6.4.2	电阻式温度检测器	266
6.4.3	热敏电阻	268
6.4.4	热电偶	269
6.4.5	集成温度传感器	270
6.4.6	高温计	272
6.5	压力传感器	273
6.5.1	压力传感器的类型	273
6.5.2	波登管、膜片和波纹管压力传感器	274
6.5.3	压差传感器	275
6.5.4	压电式传感器	275
6.5.5	固态压力传感器	275
6.5.6	电阻应变计和测压仪	276
6.6	流量传感器	279
6.6.1	流量传感器的分类	280
6.6.2	差压流量传感器	281
6.6.3	速度流量传感器	283
6.6.4	容积式流量计	287
6.6.5	质量流量传感器	288
6.6.6	视觉流量传感器	289
6.7	液位传感器	289
6.7.1	液位传感器的分类	290
6.7.2	点接触式液位传感器	290
6.7.3	连续液位传感器	293
6.8	位置传感器	296
6.8.1	线性电位器	296
6.8.2	旋转电位器	296
6.8.3	线性可变差动变压器	297
6.9	其他类型的过程传感器	297
6.9.1	密度传感器	298

6.9.2 黏度传感器	299
6.9.3 湿度传感器	299
6.10 传感器输出接口	300
6.10.1 电流源和电压源	300
6.10.2 传感器输出结构	301
6.10.3 传感器与自动控制器的接口	304
6.10.4 两线和三线输出传感器	304
本章小节	305
思考与练习	309

第 7 章 电动机

7.1 相关电工知识	316
7.1.1 磁 体	316
7.1.2 电磁场	316
7.1.3 转 矩	317
7.1.4 功	318
7.1.5 马 力	318
7.2 直流电动机的构造	319
7.2.1 电 枢	319
7.2.2 定 子	320
7.2.3 端 盘	320
7.2.4 电刷和电气接口	320
7.3 直流电动机的种类和典型的操作	321
7.3.1 直流串励电动机	323
7.3.2 直流并励电动机	326
7.3.3 直流复励电动机	328
7.4 直流电动机的方向控制、调速和制动	330
7.4.1 脉宽调制	330
7.4.2 制动技术	332
7.5 交流电动机的工作原理	334
7.5.1 交变磁场	335
7.5.2 旋转磁场	335
7.6 交流电动机的组成	338
7.6.1 定子的结构	338
7.6.2 转子的结构	340

7.6.3 离心式启动开关	340
7.6.4 热过载保护	341
7.6.5 端 盖	342
7.7 单相感应电动机	342
7.7.1 电阻启动电动机	343
7.7.2 电容启动电动机	344
7.7.3 罩极电动机	345
7.8 三相交流电动机	347
7.8.1 笼型感应电动机	349
7.8.2 绕线型转子感应电动机	351
7.8.3 同步电动机	352
7.8.4 功率因数	354
7.8.5 功率因数修正	355
7.9 电动机的铭牌	356
7.10 交流电动机驱动	358
7.10.1 可变电压逆变器驱动	358
7.10.2 脉宽调制驱动	359
7.10.3 磁通量向量驱动	359
7.11 永磁直流电动机	360
7.11.1 性能指数	361
7.11.2 分类和特征	362
7.11.3 传统的永磁电动机	363
7.12 步进电动机	363
7.12.1 永磁步进电动机	364
7.12.2 原理和励磁模式	365
7.13 伺服电动机	368
7.13.1 直流伺服电动机	368
7.13.2 交流伺服电动机	369
7.14 光学编码器	370
7.14.1 增量编码器	371
7.14.2 绝对编码器	373
本章小节	374
思考与练习	376

第 8 章 连续过程控制

8.1 自动控制简介	380
8.2 系统响应	381
8.2.1 死区时间延迟	382
8.2.2 瞬态响应简介	383
8.2.3 稳态响应简介	383
8.3 控制系统的组成	383
8.3.1 系统建模	387
8.3.2 开环控制系统	389
8.3.3 闭环控制系统	391
8.3.4 负载变化: 过程干扰	395
8.4 一个有效的控制系统的特征	395
8.4.1 瞬态响应	395
8.4.2 稳态响应	398
8.4.3 稳定性	405
8.5 滞后和超前过程	406
8.5.1 一阶滞后系统	407
8.5.2 二阶滞后系统	410
8.5.3 二阶滞后过程的闭环响应	412
8.6 单闭环间歇控制器	415
8.6.1 开关控制器	416
8.6.2 双向控制	417
8.6.3 浮点控制	423
8.7 单闭环连续控制器	424
8.7.1 比例控制器	424
8.7.2 比例积分控制	427
8.7.3 比例微分控制	432
8.7.4 比例积分微分控制器	434
8.8 数字控制	440
8.8.1 数字采样和保持	440
8.8.2 比例控制	441
8.8.3 积分控制	443
8.8.4 微分控制	443
8.9 模糊控制器	445
8.9.1 模糊逻辑术语	445

8.9.2 模糊化	446
8.9.3 模糊规则基础	448
8.9.4 反模糊化	449
8.9.5 模糊逻辑控制器	450
8.10 过程控制系统的调整	451
8.10.1 最终周期法	451
8.10.2 过程响应法	453
8.10.3 改进的控制技术	455
本章小节	459
思考与练习	462

第1章

工业电子技术概述

本章的主要目的是介绍工业电子技术的概况。

1.1 简介

现代工业的范围和产品是非常广泛的。例如,生产食品的食品产业;生产汽车、货车、卡车的汽车产业;生产服装的纺织品产业;生产大的器具及家电的耐久品产业。这些产业部门生产的产品有很大的不同,而其中应用的电子器件、电子电路和电子系统的控制原理却是相似的。虽然写一本覆盖工业生产中的所有产品领域的书是不现实的,但学习工业电子技术最基本的概念和技术是很必要的,也是容易办到的。下面就对电子技术在工业过程中的发展史做一个简单的介绍,同时从历史的角度对这些不同的技术进行评价。

1.2 工业电子技术的历史

工业电子技术的历史是和工业革命同步的。从第一台机器的发明开始,人们就尝试着通过用某些动力机械来减少工人的工作量。几千年以前,人们利用动物来耕地,取代了当时的人力。工业革命是18世纪中期首先在英国爆发的,纺织业的动力来源由水力变成蒸汽机。正如今天一样,18世纪的变化是由逐步增长的产品需求决定的。

领导世界的往往是那些生产力发达的国家。随着丰富的自然资源和新发明的出现,美国取代英国成为19世纪中期最为先进的工业大国,并且直到今天仍然是领先世界的工业强国。在20世纪初,工业生产电气化及代替蒸汽机和水力的电动机的发明使得工业生产的发展又向前迈进了一步。工厂规模的扩大,使生产中的流水线操作成为可能,流水线使得工业产品可以大批量生产。可见取代工人的是机械,机械的精密程度取代的工人操作的技巧,工人与产品生产的联系越来越少。

1.2.1 反馈控制

反馈控制是机械自动控制中用来计算产品输出和校正错误操作的过程,是第一次世界大战以后发展起来并在第二次世界大战期间逐步完善的。由于第二次世界大战期间武器生产对反馈控制系统的促进,此产业又有了新的术语“工业控制”。工业控制定义为能够自动控制生产过程的生产系统,如果生产系统的产出与需求的产品规格不同,控制器就采取相应的校正措施。

1.2.2 重要事件

以下按时间顺序列出了使得工业生产从原始的人力操作和手工生产发展到如