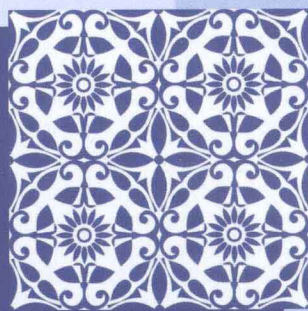


计算机自动检测 与控制技术

王占杰 编著



Computer Automated
Detection & Control Technology

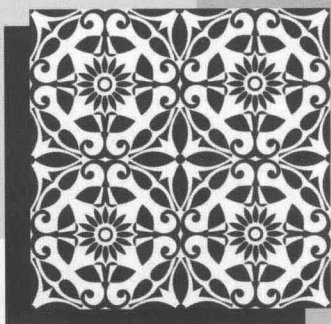


机械工业出版社
China Machine Press

重点大学计算机教材

计算机自动检测 与控制技术

王占杰 编著



C

omputer Automated
Detection & Control Technology



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机自动检测与控制技术 / 王占杰编著. —北京: 机械工业出版社, 2013. 8
(重点大学计算机教材)

ISBN 978-7-111-43697-3

I. 计… II. 王… III. 计算机控制系统—高等学校—教材 IV. TP 273

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 190892 号

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问 北京市展达律师事务所

本书以计算机、现代信息和网络技术为基础, 全面系统地介绍了计算机自动检测与控制系统的设计与实现。全书共分为 14 章, 主要内容有计算机测控系统的总体结构; 数据采集、数据处理与数据分析等信息处理技术; 各种传感设备和非接触测量, 图像特征识别和特征提取; 控制系统的常用控制算法; 嵌入式操作系统的裁剪, 设备驱动程序的设计; 计算机测控系统的软件设计等。

本书在编写过程中, 既重视内容的全面, 又注意实际应用, 且对系统的设计方法和指标进行了详细的介绍, 可为物联网的研究及应用奠定基础。本书既适合作为计算机、自控和物联网专业的本科教材, 也可供工程技术人员在进行工程设计时参考。

机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 刘立卿 朱秀英

三河市杨庄长鸣印刷装订厂印刷

2013 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

185mm×260mm·16.5 印张

标准书号: ISBN 978-7-111-43697-3

定 价: 39.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

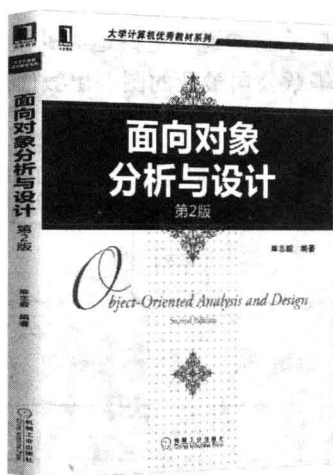
客服热线: (010) 88378991 88361066

投稿热线: (010) 88379604

购书热线: (010) 68326294 88379649 68995259

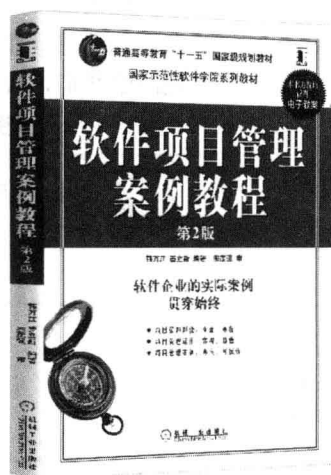
读者信箱: hzsj@hzbook.com

推荐阅读



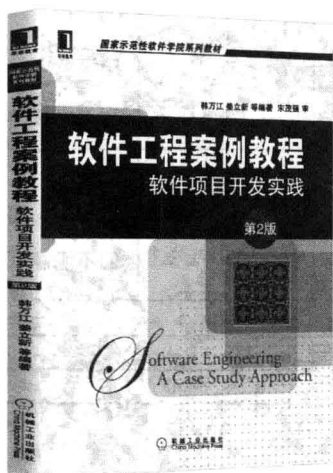
面向对象分析与设计 (第2版)

作者：麻志毅 ISBN: 978-7-111-40751-5 定价：35.00元



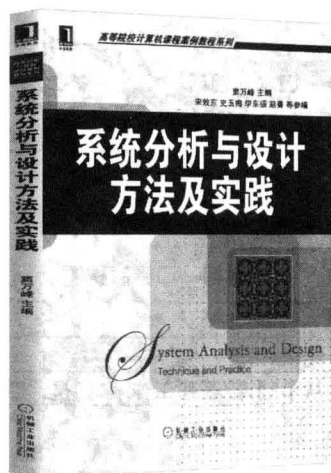
软件项目管理案例教程 (第2版)

作者：韩万江 ISBN: 978-7-111-26753-9 定价：36.00元



软件工程案例教程：软件项目开发实践 (第2版)

作者：韩万江 ISBN: 978-7-111-35318-8 定价：35.00元



系统分析与设计方法及实践

作者：冀万峰 ISBN: 978-7-111-40217-6 定价：35.00元

教师服务登记表

尊敬的老师：

您好！感谢您购买我们出版的_____教材。

机械工业出版社华章公司为了进一步加强与高校教师的联系与沟通，更好地为高校教师服务，特制此表，请您填妥后发回给我们，我们将定期向您寄送华章公司最新的图书出版信息！感谢合作！

个人资料（请用正楷完整填写）

教师姓名		☐ 先生 ☐ 女士	出生年月		职务		职称： ☐ 教授 ☐ 副教授 ☐ 讲师 ☐ 助教 ☐ 其他
学校				学院			系别
联系电话	办公： 宅电： 移动：			联系地址及邮编			
				E-mail			
学历		毕业院校			国外进修及讲学经历		
研究领域							
主讲课程			现用教材名		作者及出版社	共同授课教师	教材满意度
课程： ☐ 专 ☐ 本 ☐ 研 人数： 学期： ☐ 春 ☐ 秋							☐ 满意 ☐ 一般 ☐ 不满意 ☐ 希望更换
课程： ☐ 专 ☐ 本 ☐ 研 人数： 学期： ☐ 春 ☐ 秋							☐ 满意 ☐ 一般 ☐ 不满意 ☐ 希望更换
样书申请							
已出版著作				已出版译作			
是否愿意从事翻译/著作工作 ☐ 是 ☐ 否				方向			
意见和建议							

填妥后请选择以下任何一种方式将此表返回：（如方便请赐名片）

地 址：北京市西城区百万庄南街1号 华章公司营销中心 邮编：100037

电 话：(010) 68353079 88378995 传真：(010)68995260

E-mail:hzedu@hzbook.com marketing@hzbook.com 图书详情可登录<http://www.hzbook.com>网站查询

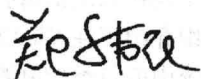
序

在智慧世界中，随着事物的进步和科学技术的发展，科学研究要求有更加复杂、更加完善的检测与控制装置及手段，以达到更高的精度、更快的速度和更大的效益。然而，如果使用常规的检测与控制方法，难以满足其高性能的要求。电子计算机的出现并应用于自动检测与控制领域，使得测控系统的性能水平取得了巨大的飞跃。计算机具有精度高、速度快、存储量大和逻辑判断等功能，因此可以实现更高级的复杂处理与控制算法，获得更好的智能效果。

物联网技术是信息产业的又一次革命性的创新，它是继计算机、互联网和移动通信之后的又一次革命性的发展，是现代信息技术深入发展的产物。物联网是一种新兴技术，它融合了各种感知技术、人工智能和现代网络技术以及计算机技术，通过各种信息处理技术和传感设备，如射频识别（RFID）技术、全球定位系统、激光扫描器、压力温度传感器、红外或气体感应器等，实时采集所要感知的形式多种多样的信息，如声、光、热、电、力、化学、生物和位置等，这些信息经处理与互联网结合形成了物联网。

目前物联网的概念还不统一，没有一个完整的定义，有时误把物联网当成互联网的无限延伸，把互联网与传感网或 RFID 的组合等同于物联网。从物联网的本质来分析，其主要特征为：一是可感知与识别，即物联网中的“物”一定要具备可被感知与自动识别的特征；二是智能化，即操作系统和应用系统应具有自动化、自学习与智能处理的特征；三是云计算，即能随时随地接入云计算环境，实现互联互通。只有满足这三个特征的系统，才能称之为物联网。因此进行物联网应用研究就要掌握计算机自动检测与控制相关的理论与技术，它是物联网实现物物感知和智能化的重要基础。

当前，计算机自动检测与控制技术不仅包括感知技术，还应具有模式识别和智能处理技术，使其能够对物体实施智能的感知和控制，即实现计算机自动检测与控制。计算机自动检测与控制技术和云计算等技术相结合，利用智能处理技术，形成了崭新的应用领域。本书从事物的可感知与识别性出发，结合测控系统的智能化特征，全面地介绍了现实世界及生产过程的数据采集、数据加工、智能控制以及智能处理的相关技术和方法，还介绍了计算机自动检测与控制系统的設計方法，相关的传感器，测量数据的信息分析过程，有意义数据的提取，图像的识别等，以满足不同应用的需求，为物联网的应用提供支持，也为物联网的研究与应用奠定基础。



2013 年 5 月 30 日

前言

随着当代电子计算机和科学技术的迅速发展,在科学实验和生产以及日常生活中,对检测和控制装置及方法的要求越来越高,常规方法已很难满足用户日益增长的高性能需求。随着电子计算机的出现,其精度高、速度快、存储容量大及发展迅速等特点使得其可以实现更高级的复杂处理与控制算法,并在多个领域得到了广泛的应用。将电子计算机应用于自动检测与控制,用强有力的计算机软件代替传统仪器的某些硬件,以人的智力资源代替一些物质资源,可使得检测与控制过程具有更高的智能性、精确度以及更快的速度,从而取得更高的效益。同时,随着控制理论的不完善以及检测技术的不断成熟,计算机自动检测与控制系统(或简称测控系统)的应用范围也越来越广,深入学习和掌握该技术也变得尤为重要。

作为继计算机、互联网和移动通信之后的又一次革命性的发展,物联网技术正受到越来越多的关注。可感知与识别,即对物体进行智能的感知与控制,是物联网的主要特征之一,它涉及感知、模式识别及智能处理等相关技术和方法,而这些大部分是由计算机自动检测与控制系统以及计算机智能软件来完成的,如通过传感器采集数据、对检测到的数据进行处理及分析、利用图像技术进行物体的识别与检测等,这些检测控制技术通过利用软资源提高了检测与控制的准确性、可靠性、经济性,且具有投资小、收益大、性价比高等优点,更具有智能性,能够适用于各领域的不同应用,为物联网的发展奠定了坚实的理论基础。

本书主要介绍了计算机测控相关领域的知识、技术,书中大部分内容是笔者多年来从事计算机测控领域研究、教学工作的经验积累与总结,也是对当前国内外该领域大量相关资料的提炼。

本书对计算机测控系统的结构特点及功能进行了组织,全面介绍了计算机测控系统各阶段所涉及的技术。前两章介绍了计算机自动检测与控制系统的主要特点及架构、功能,描述了自动检测与控制系统的分类、发展以及组织形式,并对其结构及基本功能进行了详细的阐述。第3章至第5章详细介绍了数据采集、检测数据处理以及测控数据的分析,并对这三个阶段的工作原理、流程及使用的相关技术进行了描述。第6章和第7章介绍了计算机图像检测及识别技术,详细叙述了利用计算机对图像进行检测和识别的原理及方法,并给出了计算机图像检测及识别的一个应用实例,以便更深入地理解计算机图像检测、识别的工作原理及应用。第8章及第9章介绍了传感器及射频识别技术的相关知识。第10章对测控系统中使用的操作系统进行了描述和分类,并介绍了操作系统裁剪技术及Linux系统中的常用命令。第11章介绍了驱动程序开发的相关原理,并详细介绍了在WinCE环境及Linux环境下驱动程序开发的相关技术。第12章介绍了计算机控制系统中的各类控制算法等相关知识。第13章对测控系统的设计原理、方法及评定指标等进行了详细的介绍。第14章以城市智能公交系统的整体设计为例,详细地介绍了一个计算机测控系统设计的全过程,如城市智能公交系统的车载单元、语音报站系统及调度中心设计,并介绍了系统的集成与测试的过程及方法等。

本书对计算机测控系统进行了全面、详细的讨论,不仅详细讨论了测控系统中各阶段涉及的技术原理,还从宏观的角度讨论了测控系统的设计原则,可为不同需求的读者提供全面的测控系统的相关知识。在编写本书时,笔者本着深入浅出的原则,尽量做到既能让相关研究领域的读者通过本书对计算机测控系统的相关技术、原理有更深入的理解,又能让初步接触测控系统知识的读者对该领域有个全面的认识。

本书可作为计算机科学与技术、物联网和自动化等相关专业学生的教材,参考学时数为48

学时左右。此外,各章内容之后均附有习题,部分答案也在书的最后给出,学生在学习完该章内容后可自行选择练习。

在本书的编写过程中,阳军连、房婷、吴单单、赵宁、陆燕宁、沈浪、张少松、张运洋、邱中彬、龙爱云、邵宝峰、王信喆等计算机网络与控制研究室的全体人员参与了整理校对工作,在此对他们的辛勤劳动表示感谢。同时该书得到了大连理工大学教改基金的支持,也得到许多相关教师的支持,在此向他们表示衷心的感谢。

由于笔者水平有限,书中难免有错误与不妥之处,敬请读者批评指正。

王占杰

2013年7月

推荐阅读

书 名	书 号	作 者	出版时 间	页数	定价
信号处理导论	978-7-111-33021-9	徐明星	2011	211	26.00
从问题到程序——程序设计与C语言引论 第2版	978-7-111-33715-7	裘宗燕	2011	348	39.00
嵌入式系统原理与设计	978-7-111-28228-0	吴国伟等	2010	540	35.00
计算机图形学 第2版	7-111-18234-4	何援军	2009	232	33.00
操作系统原理与设计	7-111-27377	曹先彬 陈香兰	2009	342	36.00
UNIX 操作系统教程 第3版	7-111-28374-4	张红光	2009	342	38.00
语义Web原理及应用	7-111-27957	高志强 潘越 马力	2009	225	39.00
信息检索系统导论	7-111-24607	刘挺 秦兵 张宇 车万翔	2008	257	35.00
单片机系统设计与开发：基于Proteus单片机仿真和C语言编程	7-111-25046	张齐 朱宁西	2008	275	32.00
软件测试教程	7-111-24897	宫云战	2008	240	29.00
计算机系统原理	7-111-24781	刘真 侯方勇 周丽涛	2008	312	35.00
网络工程设计教程：系统集成方法 第2版	7-111-23711	陈鸣	2008	272	33.00
Solaris操作系统原理	7-111-22641	陈向群 向勇 王雷 马洪兵	2008	324	38.00
嵌入式系统基础教程	7-111-22944	俞建新 王健 宋健建	2008	382	42.00
编译原理：编译程序构造与实践	7-111-22251	张幸儿	2007	297	32.00
Java程序设计教程	7-111-21780	辛运玮 饶一梅	2007	274	28.00
实用计算机网络实验教程（附光盘）	7-111-11158	陈鸣	2007	236	26.00
数值方法（第2版）	7-111-07578	金一庆 陈越 王冬梅	2006	308	32.00
微型计算机原理及应用	7-111-19646	周杰英 张萍 张曼娜 等	2006	374	35.00
计算机图形学教程	7-111-19174	孙正兴 周良 郑洪源 谢强	2006	239	26.00
数字图像处理	7-111-18009	姚敏	2006	347	33.00
Web Services 原理与研发实践	7-111-17461	顾宁 刘家茂 柴晓路 等	2006	282	33.00
64位微处理器及其编程	7-111-17113	王占杰	2005	343	38.00
并行算法及其应用	7-111-15376	孙世新 卢光辉 张艳 等	2005	204	25.00
Windows操作系统原理（第2版）	7-111-10538	陈向群 向勇 王雷 等	2004	443	39.00
操作系统 原理技术与编程	7-111-13160	蒋静 徐志伟	2004	502	42.00

目 录

序 前言

第1章 计算机自动检测与控制系统简介 ... 1

- 1.1 概述及其分类 1
 - 1.1.1 概述 1
 - 1.1.2 计算机自动检测与控制系统分类 ... 3
- 1.2 计算机自动检测与控制技术的发展 8
- 1.3 计算机自动检测与控制系统的基本组织形式 13
 - 1.3.1 计算机自动检测与控制系统的一般概念 13
 - 1.3.2 计算机自动检测与控制系统控制部分 14
 - 1.3.3 工业控制计算机 15
- 习题 17

第2章 计算机自动检测与控制系统结构与功能 18

- 2.1 计算机自动检测与控制系统的结构 18
- 2.2 计算机自动检测与控制系统总线技术 22
 - 2.2.1 工业控制计算机总线概述 22
 - 2.2.2 计算机总线的分类 23
 - 2.2.3 现场总线 27
- 2.3 计算机自动检测与控制系统的基本功能 30
- 2.4 计算机自动检测与控制系统的特点及系统软件 31
- 习题 32

第3章 数据采集 33

- 3.1 模拟信号处理 33
 - 3.1.1 模拟量简介 33
 - 3.1.2 模拟量处理 34
- 3.2 采样过程 35
- 3.3 采样方法 36
 - 3.3.1 采样频率的选择 36
 - 3.3.2 采样定理 37

- 3.3.3 采样定理的有关问题 37

3.4 采样控制 38

3.5 模/数和数/模转换器 40

- 3.5.1 转换器简介与分类 40
- 3.5.2 A/D、D/A转换器的主要技术指标 41
- 3.5.3 逐次逼近式 A/D 转换器 45
- 3.5.4 双斜积分式 A/D 转换器 46
- 3.5.5 D/A 转换器的基本组成 48
- 3.5.6 D/A 转换器 48

习题 51

第4章 检测数据处理 52

- 4.1 检测数据的编辑与奇异项处理 52
 - 4.1.1 检测数据的编辑 52
 - 4.1.2 检测数据的奇异项处理 52
- 4.2 电平漂移与数据趋势项的处理 54
 - 4.2.1 电平漂移的处理 54
 - 4.2.2 数据趋势项的处理 54
- 4.3 检测数据的滤波 57
 - 4.3.1 数据的平滑滤波 57
 - 4.3.2 数据的数字滤波 58
- 4.4 检测数据的标度变换 60
 - 4.4.1 线性参数的标度变换 61
 - 4.4.2 非线性参数的标度变换 61
 - 4.4.3 应用举例 64
- 习题 65

第5章 测控数据分析 66

- 5.1 建立数学模型 66
 - 5.1.1 数学模型 66
 - 5.1.2 建模及步骤 67
 - 5.1.3 静态性能指标 68
- 5.2 检测数据的分类 70
 - 5.2.1 确定性检测数据 70
 - 5.2.2 随机检测数据 72
- 5.3 检测数据的分析 73
 - 5.3.1 确定性数据的分析 73
 - 5.3.2 随机数据的分析 74

习题	76	8.3 运动传感器	116
第6章 计算机图像检测技术	77	8.3.1 角度位移传感器	116
6.1 计算机图像信息处理	77	8.3.2 振动传感器	117
6.1.1 概述	77	8.3.3 霍尔传感器	117
6.1.2 计算机图像存储格式	77	8.4 化学传感器	118
6.1.3 计算机视觉坐标系及变换	80	8.4.1 气敏传感器	118
6.2 图像处理与检测	83	8.4.2 烟雾传感器	119
6.2.1 图像信息预处理	83	8.5 光电传感器	119
6.2.2 图像边缘检测	84	8.5.1 常见光电器件	119
6.2.3 运动目标检测	85	8.5.2 光纤传感器	120
6.2.4 图像阴影的检测与去除	86	8.5.3 激光传感器	121
6.3 图像检测系统的标定与校正	88	习题	122
6.3.1 摄像机的成像原理及标定	88	第9章 射频识别技术	123
6.3.2 双目立体成像模型	90	9.1 RFID 概述	123
6.3.3 实用摄像机标定算法	90	9.1.1 RFID 的概念及其发展进程	123
6.3.4 利用极线约束理论校正标定	93	9.1.2 RFID 的特征及分类	123
习题	95	9.1.3 RFID 的相关技术	125
第7章 计算机图像识别技术	96	9.1.4 RFID 的应用	126
7.1 计算机图像特征提取与识别技术	96	9.2 RFID 系统	127
7.1.1 图像特征提取	96	9.2.1 RFID 的基本组成及原理	127
7.1.2 图像角点提取方法	97	9.2.2 RFID 系统的通信协议	129
7.1.3 图像的匹配	100	9.2.3 RFID 系统的安全性	129
7.1.4 图像匹配的方法	100	9.3 IC 卡	130
7.2 图像检测系统的三维还原	101	9.3.1 IC 卡概述与分类	130
7.2.1 双目立体视觉三维还原原理	101	9.3.2 IC 卡的工作原理及技术	131
7.2.2 基于最小二乘法的三维还原	102	9.4 非接触式 IC 卡 Mifare one	132
7.2.3 基于公垂线中点的三维还原	103	9.4.1 Mifare one 卡简介	132
7.3 应用实例	105	9.4.2 Mifare one 卡编程	133
7.3.1 三维测量的基本原理	105	习题	135
7.3.2 测量参数的标定与校正	106	第10章 测控系统中的操作系统	136
7.3.3 测量数据的处理	108	10.1 操作系统概述	136
习题	110	10.1.1 嵌入式操作系统简介	136
第8章 传感器	111	10.1.2 嵌入式操作系统的特点及应用	137
8.1 概述	111	10.1.3 实时操作系统	138
8.1.1 传感器的定义和组成	111	10.2 操作系统的选择与内核的裁剪	140
8.1.2 传感器的特性及分类	111	10.2.1 操作系统的选择	140
8.2 热工传感器	113	10.2.2 内核的裁剪	142
8.2.1 压力传感器	113	10.3 Linux 系统常用命令	145
8.2.2 温度传感器	114	10.3.1 文件权限与目录配置	145
8.2.3 流量传感器	114	10.3.2 文件与目录管理	148
8.2.4 液位与湿度传感器	115	10.3.3 文件与文件系统的压缩与打包	149
		习题	150

第 11 章 驱动程序的开发	151	13.3 计算机测控系统的性能及其指标	198
11.1 设备驱动的基本原理	151	13.3.1 计算机测控系统的稳定性	198
11.2 WinCE 下的驱动程序开发	152	13.3.2 计算机测控系统的能控性和 能观测性	199
11.2.1 WinCE 下的驱动程序开发原理	152	13.3.3 计算机测控系统的动态指标	199
11.2.2 WinCE 下的流式驱动程序开发	153	13.3.4 计算机测控系统的综合指标	200
11.2.3 WinCE 下的 GPS 驱动程序的 实现	155	13.4 计算机测控系统的软件设计	201
11.3 Linux 下的驱动程序开发	158	13.4.1 计算机测控系统软件概述	201
11.3.1 Linux 下的驱动原理	158	13.4.2 程序设计的功能要求	202
11.3.2 字符设备驱动程序开发	159	13.4.3 控制算法的选取	203
11.3.3 块设备驱动程序开发	161	13.4.4 计算机测控系统的软件设计 模型	203
11.3.4 Linux 驱动程序开发实例—— A/D 驱动程序	167	13.4.5 计算机测控系统的软件设计 方法	205
习题	171	习题	209
第 12 章 计算机控制系统的控制算法	172	第 14 章 智能公交系统的设计	210
12.1 计算机控制算法概述	172	14.1 智能公交系统的总体设计	210
12.1.1 计算机控制算法的选择	172	14.2 车载单元的设计	211
12.1.2 计算机控制算法的发展	173	14.2.1 GPS 导航概述	211
12.2 程序控制和数值控制算法	174	14.2.2 北斗导航的应用	216
12.2.1 开环数值控制	174	14.2.3 A/D 转换模块的设计	219
12.2.2 逐点比较法插补原理	175	14.2.4 通信控制	222
12.3 PID 控制算法	178	14.3 智能语音报站系统的设计	223
12.3.1 模拟 PID 调节器	178	14.3.1 智能语音报站系统概述	223
12.3.2 数字 PID 控制算法	180	14.3.2 智能语音报站算法	223
12.4 模糊控制	181	14.3.3 智能语音报站的实现	224
12.4.1 模糊控制概述	181	14.4 智能公交调度中心的设计	226
12.4.2 模糊控制的基本组成与原理	182	14.4.1 智能公交调度中心的分析与 设计	226
12.5 步进电机的控制	184	14.4.2 智能公交调度算法	228
12.5.1 步进电机的工作方式	184	14.4.3 智能公交调度系统的仿真	229
12.5.2 步进电机的控制算法	186	14.5 系统功能集成与测试	232
习题	188	14.5.1 导航模块的集成	232
第 13 章 计算机测控系统的设计	189	14.5.2 A/D 信息采集模块的集成	233
13.1 计算机测控系统的分析与规划	189	14.5.3 通信测试	234
13.1.1 计算机测控系统的分析	189	14.5.4 信息发布系统测试	234
13.1.2 计算机测控系统的规划	189	习题	235
13.2 计算机测控系统的硬件设计	192	附录 A A/D 驱动程序源码	236
13.2.1 微处理器系统及其性能的确定	192	附录 B 部分习题参考答案	238
13.2.2 系统外部特性的要求	195		
13.2.3 测控系统的硬件设计	197		

第1章 计算机自动检测与控制系统简介

1.1 概述及其分类

随着电子计算机和科学技术的发展,在科学实验和生产以及日常生活中,要求对检测与控制对象有更加复杂、更加完善的检测与控制装置及手段,以期达到更高的精度、更快的速度和更大的效益。然而,如果使用常规的检测与控制方法,其效果却是有限的,难以满足如此高的性能要求。电子计算机的出现并应用于自动检测与控制,才使得自动检测与控制系统的智能性发生了巨大的改变。由于计算机具有精度高、速度快、存储量大和逻辑判断等功能,因此可以实现更加高级、复杂的控制算法,从而获得更好的控制效果。计算机的信息处理能力能够使过程检测与控制更具有智能性,从而促进物联网的快速发展。

1.1.1 概述

计算机自动检测与控制是检测技术、自动控制理论与计算机技术相结合而产生的一门新兴学科,它是随着检测技术、控制技术和计算机技术的发展而发展起来的。计算机自动检测与控制无需人的干预就能够自主地实现对被检控对象变化过程的感知和控制,是用机器模拟人类智能的一个重要领域。计算机自动检测与控制技术促进了自动控制系统向更高层次即智能化的方向发展。

人们要了解和研究世界,就要对世界进行观察以获得相应的信息。信息是事物和现象属性的反映,它可通过一定形式的信号表现出来。要掌握事物和现象的属性,就要获得表征它们的相关信息,这就需要把这些信息反映出来的信号检测出来。检测就是检查和测量,指对被控对象特征的某些参数进行检测,准确获取到这些参数的变化信息。然后利用专业和数学知识对其进行各种处理和分析,以达到定性、定量地认识和改造世界的目的。因此,检测技术是一门重要的科学技术。

在日常生产检测与控制过程中,通常把人工最少参与的,能自动进行测量、数据处理并以适当方式显示测试结果或输出控制信号的系统称为自动检测与控制系统。智能控制(intelligent control)是在无人干预的情况下能自主地驱动智能处理设备实现控制目标的自动控制的技术。在自动检测与控制以及智能控制系统中,整个自动检测与控制工作都是在预先编制好的检测与控制程序统一指挥下自动完成的,而人的作用主要是根据检测与控制任务组建测控系统和编制检测与控制软件。系统一旦开始测控工作,它的各种操作一般都由系统自动完成。对于多数复杂的检测与控制系统,在许多情况下难以建立有效的数学模型,更难以用常规的理论进行定量的计算和分析,只能采用定量与定性相结合的方法来检测与控制。利用计算机模拟人的智慧和经验来引导求解过程,即使用计算机硬、软件及其外部设备取代人的感知和判断功能以及决策行为所进行的检测与控制,既能完成较高层次信号的自动检测与分析,又具有先进的智能控制作用。

随着计算机的快速发展,以及计算机在各个领域的广泛应用,目前在许多自动检测与控制系统中,都运用强有力的计算机软件代替传统仪器的某些硬件,用人的智力资源代替很多物质资源,使系统具有更好的智能性。所谓智能性,是指系统能随被控对象内部和外部状况的变化,运用已有知识判断问题和确定正确行为的能力。计算机在检测与控制过程中有如下作用:

- 控制检测过程;

- 激励、产生可编程激励信号；
- 数据处理，对响应信号进行各种数字逻辑运算，做出判决和估值；
- 输出测试结果；
- 管理；
- 监控报警；
- 反馈控制。

计算机检测与控制系统通过观察、存储、推理、学习和判断等表现出来。推理、学习和联想是智能的三个基本要素。具有可感知环境，能不断获得信息，并能确定计划以及产生和执行控制行为以减小不确定性的系统，就称为智能控制系统。智能控制技术是在仿人类学习的过程中不断发展起来的，人脑就是一个超级计算和控制系统，具有学习、记忆、实时推理和决策的功能，能适应各种复杂的环境。计算机检测与控制技术当前主要包括模糊控制、分级递阶智能控制、神经网络控制和专家控制等。如模糊和自适应神经网络控制、PID 模糊和神经网络控制、神经网络预测控制等。随着计算机性能与人工智能的发展，人们已经把系统科学中的系统学、运筹学、系统工程、信息论和人工智能与自动检测控制结合起来，建立了一种适用于更复杂系统的控制理论和技术。这就是用计算机模拟人类智能进行控制研究的新领域，是自动控制技术的最新发展阶段。

计算机检测与控制技术的突出特点是具有软功能：用软资源提高了检测与控制的准确性、可靠性、经济性，且投资小、收效大、性价比好。此外，系统总逻辑由软逻辑和硬逻辑组成，具有柔性，适用于各种场合以及多种类型产品的检测与控制。

在计算机自动检测与控制系统中，微型计算机是系统的核心，它是将信号检测、数据处理与计算机控制融为一体的一种新兴综合性技术。计算机对整个系统起监督、管理、控制作用。例如，进行复杂的信号处理、控制决策、产生特殊的处理信号、错误报警以及控制整个检测过程等。此外，利用微型计算机强大的信息处理能力和高速运算能力，可以实现命令识别、逻辑判断、非线性误差修正、系统动态特性的自校正、自学习、自适应、自诊断、自组织等功能。自学习就是系统根据获取的状态变化，结合知识库动态地改变知识结构。常用的学习方式有机械学习、实例学习、指导和类推学习等。计算机的推理就是从一个或几个已知的前提进行判断，以逻辑的思维形式推断出一个新判断结论。推理过程包括归纳推理和演绎推理，即从个别到一般和从一般到个别。自适应和自组织就是通过与其相关知识的联系，主动地认识客观事物并解决实际问题。

计算机自动检测与控制系统通常由数据采集子系统、基本 I/O 子系统、通信子系统、数据分配子系统、计算机硬件和软件所组成。它们可独立工作，也可以相互结合和协同工作，根据需要它们可以组成不同规模的自动检测与控制系统。

数据采集子系统及接口用于和传感器、检测元件、变送器连接，实现参数采集、选路控制、零点校正、量程自动切换等功能。在各式各样的微机自动检测与控制系统中，数据采集是必不可少的，被测对象的有关参数由数据采集子系统收集、整理后，经它的接口传送到微机子系统处理。

基本 I/O 子系统及接口用于实现人机对话，输入或改变系统参数，改变系统工作状态，输出检测结果，动态显示测控过程，实现以多种形式输出、显示、记录、报警等功能。

通信子系统及接口用于实现本系统与其他仪器仪表、系统的通信与互连，依靠通信子系统可根据实际需求灵活构造不同规模、不同用途的微机测控系统，如分布式测控系统、集散型测控系统等。通信接口的结构及设计方法与采用的总线技术、总线规范有关。例如，IEEE-488（或 GPIB）总线、RS-232C 总线、STD 总线、VXI 总线、现场总线及快速以太网等。不同的总线技术及规范，需要采用不同的软硬件接口实现方法和不同的技术平台支撑。

数据分配子系统及接口实现了对被测控对象、被测试组件以及系统本身和检测操作过程的自动控制。

微型计算机程序通过对检测结果的识别、逻辑判断、信息处理和高速运算,输出误差修正命令或新的指令,执行器动态地执行该指令,使系统具有自动校正、自适应的能力,这样就形成了一个完整的计算机自动检测与控制系统。

计算机测控系统具有许多优点,例如它不存在精度和器件漂移的问题,可以方便地进行控制规律的复杂计算,也容易包含逻辑和非线性功能。表格可以用来存储数据,以便积累系统特性的知识,实现智能控制,还可获得良好的用户界面。

计算机自动检测与控制的应用领域非常广泛。自动检测与控制对象可以从小到大——大到载人航天飞船,小到家用电器,以及计算机控制的家用服务机器人。还可以从简单到复杂:既可以控制单个电机或阀门,也可以控制和管理一个车间、整个工厂甚至整个企业;既可以是单回路参数的简单控制,也可以是复杂控制规律的多变量解耦控制、最优控制、自适应控制乃至具有人类智慧功能的智能控制。随着控制理论的不完善,检测技术的不断成熟,计算机自动检测与控制技术将越来越多地应用于控制系统中,这将大大改善控制的效果。因此说 21 世纪是计算机和控制技术获得重大发展的时代,到处可见计算机控制系统的应用。计算机控制技术的发展日新月异,作为现代从事计算机和智能控制仪表研究、开发及使用的技术人员,不仅要掌握和学习该项技术,而且还要加快新知识的更新,这样才能适应社会的需要,才能在当今社会各领域里有所作为。特别是物联网应用的快速发展,计算机自动检测与控制技术及理论为此提供了良好支持。

1.1.2 计算机自动检测与控制系统分类

计算机自动检测与控制系统分类方法很多,可以按照系统的功能分类,也可以按照控制规律分类,还可以按照控制方式分类。

1. 按系统功能进行分类

按照系统的功能,可将计算机自动检测与控制系统大致分类为数据处理系统、直接数字控制(Direct Digital Control, DDC)、监督控制(Supervisory Computer Control, SCC)、分级控制、集散型控制(Distributed Control System, DCS)和计算机检测与控制(computer detection and control)六种类型。

(1) 数据处理系统

尽管数据处理不属于控制的范畴,然而,任何一个计算机自动检测与控制系统都离不开数据的采集和处理。在计算机检测与控制系统中必须对检测对象的参数以及状态进行检测,并对其进行处理。例如某些系统要对多个温度点、多个压力点、多个开关量点的参数做巡回检测,定时打印、制表,对现场多个限制监视点进行声、光报警监视等,这些都可以看作计算机数据处理系统。数据处理系统对生产过程的大量参数做巡回检测、处理、分析,进行记录以及参数的超限报警。通过对大量参数的积累和实时分析,可以对生产过程进行各种趋势分析。这些都是数据处理系统应具备的功能。

数据处理可分为在线实时处理和脱机事后处理。一般来说,在采集数据的同时对数据进行某些处理称为实时处理。由于它的处理时间受到限制,因此只能对有限的参数做一些简单的、基本的处理,以提供可用于实时控制的数据;而事后处理由于是非实时处理,处理时间不受限制,因而可以做各种复杂的处理。

(2) 直接数字控制

在利用计算机的分时处理功能直接对多个控制回路实现多种形式控制的各功能数字控制系统中,由于计算机的输出通常直接作用于控制对象,所以称直接数字控制。直接数字控制与模拟调

节系统有很大的相似性,它是以一台计算机代替多台模拟调节器的功能。由于计算机的特点,除了能够实现模拟调节系统中的PID(比例-积分-微分)调节规律外,还能进行多回路串级控制、前馈控制、纯滞后补偿控制、多变量解耦控制以及自适应、自学习、最优等复杂规律的控制。计算机通过多点巡回检测装置对过程参数进行采样,并将采样值与存于存储器中的设定值进行比较,再根据两者的差值和相应于指定控制规律的控制算法进行分析和计算,以形成所要求的控制信息。然后将其传送给执行机构,用分时处理方式完成对多个单回路的各种控制(如比例-积分-微分、前馈、非线性、适应等控制)。直接数字控制系统具有在线实时控制、分时方式控制以及灵活性和多功能性等特点。

(3) 监督控制

监督控制中计算机根据生产过程工艺参数和数学模型计算给出工艺参数的最佳值,作为模拟调节器或数字调节器的给定值。监督控制的效果取决于数学模型的精确程度。监督计算机是离线工作方式,不直接参与过程调节,而是完成最优工况的计算。在某些系统中,计算机在执行监督控制的同时,也兼做直接数字控制。

监督控制可以提高系统的可靠性,当监督控制发生故障时,直接数字控制或模拟调节器独立完成操作。当数字调节器或模拟调节器发生故障时,监督控制可以代替前者执行任务。监督控制的效果主要取决于过程数学模型与控制算法的优劣,控制系统中需考虑的因素越多,对象的数学模型就越复杂,因此对所用计算机的计算能力和存储容量等资源及性能的要求也就越高。在实现监督控制的过程中,因涉及系统建模与优化,应用软件开发的工作量较大,故很难实时地对被控对象进行在线调整。监督控制系统可从过程输入通道实时采集过程信息,并按照过程的数学模型和一定的控制策略进行处理,可自动地改变控制回路设定值,如模拟调节器或计算机数字控制回路的设定值等,从而使生产过程始终处于某种最优工况的计算机控制方式。由此可见监督控制的主要工作方式是改变设定值,因此也简称为设定值控制方式。

(4) 分级控制

现代计算机及其通信技术的巨大进展,使得计算机自动检测与控制系统不再单纯包含控制功能,而且还包含了生产管理和指挥调度的功能。在分级控制系统中,除了有直接数字控制和监督控制以外,还包含有工厂级的监督计算机和企业级的经营管理计算机。在企业经营管理中,除了管理生产过程的控制,还具有生产管理、收集经济信息、计划调度和产品订货、运输等功能。

分级控制系统是工程化大系统,所要解决的不是局部最优化问题,而是一个工厂、一个公司乃至一个区域的总目标或总任务的最优化问题,即综合自动化问题。最优化的目标函数包括产量最高、质量最好、原料和能耗最小、成本最低、可靠性最高、环境污染最小等指标,它反映了技术、经济、环境等多方面的综合性要求。分级控制系统的理论基础是大系统理论。如果把“古典”控制理论称为第一代控制理论,现代控制理论称为第二代控制理论,则有人把大系统理论称为第三代控制理论。实际上智能控制机器人也可以看作一个大系统,分级控制是这种控制的结构之一。大系统除了涉及生产过程综合自动化以外,还涉及其他非工程技术方面的问题,如社会经济、生物生态、行政管理等各个领域。根据研究的领域不同,可以构成不同的大系统,例如实时企业等。分级控制系统通常将系统的控制中心分解成多层次和分等级的控制体系,呈现为宝塔形,同系统的管理层次相呼应,故有时也称等级控制或分层控制。

在企业控制的大系统中,还可根据控制反馈作用的时间不同,将控制分为后馈控制、前馈控制和即时控制。

后馈控制。后馈控制是依据反馈信息调节被控对象的行为,使之保持或修正预定状态的过程控制。这类控制的控制作用发生于行动之后,管理者在获得信息时行为结果已成事实,需要对其做出评价并决定是否采取行动以改正或调整未来可能出现的同类行动。后馈控制是一种传统的、

常用的控制类型,控制时间滞后是其重要特征,控制目的在于为下一循环的工作积累经验。

前馈控制。前馈控制是通过观察、收集、整理和处理信息掌握其规律,并预测其趋势,正确预计将来可能出现的问题。控制作用发生在行动之前,即提前采取措施,为避免将来不同发展阶段可能出现的问题而事先采取措施,将可能发生的偏差消除在萌芽状态。在实际工作中,前馈控制能使管理者在开始工作之前做出某种预测,对预期出现的偏差预先采取各种防范措施,使事情的发展保持在允许限度内。

即时控制。即时控制是随时了解控制对象的变化情况,在系统规定的时间间隔内调节或强制被控制对象完成预定动作或响应的过程控制,并采取相应的控制措施使对象的变化和发展与控制者的预期目标相一致。这类控制的控制作用发生于行动之时。从维持组织的动态平衡的观点来看,即时控制比在结果产生后进行行为调整的后馈控制更令人满意,当微小的偏差发生时即时加以调整,比稍后时间改正较大的偏差来得容易。因此,即时控制对在组织继续运行时把各种活动过程维持在期望限度之内是十分重要的。

分级控制综合了集中控制和分散控制的优点,其控制指令由上往下越来越详细,反馈信息由下往上越来越精练,各层次的监控机构有隶属关系,职责分明,分工明确。因此,分级控制的主要特征:其一是各子系统都具有独立的控制能力和控制条件,从而有可能对子系统的管理实施独自的处理。其二是整个管理系统分为若干层次,上一层次的控制机构对下一层次各子系统的活动进行指导性、导向性的间接控制。

(5) 集散型控制

随着计算机自动检测与控制系统的迅速普及,集散型控制系统有了很大的发展。集散型计算机自动检测与控制系统是以微处理机为核心,实现地理上和功能上分散的控制,又通过高速数据通道把各个分散点的信息集中起来,进行集中的监视和操作,并实现高级复杂规律的控制。

现在欧、美、日等国家和地区都已大批量生产各种型号的集散型综合控制系统。尽管各种型号五花八门、千变万化,然而,它们的结构都是大同小异的。它们都是由以微处理机为核心的基本调节器、高速数据通道、CRT 操作站和监督计算机等组成。

集散型控制有许多突出的优点,例如:容易实现复杂的控制规律;系统是积木式结构,系统结构灵活,可大可小,易于扩展;系统的可靠性高;采用可视化(CRT 显示)技术和智能操作台,操作、监视十分方便;电缆和敷缆成本低,施工周期短;易于实现程序控制,如自动开车和自动停车等。现场 I/O 控制站、操作员站和工程师站,这三种节点通过局域网络互联在一起形成一个 DCS 系统(一般 DCS 系统是由这三种节点组成的)。对于局域网来说,所有的节点没有什么本质和原则的区别,它们都具有自己特定的网络地址,都可以通过局域网接收和发送各节点的数据。每个节点的功能不同,都要处理相应的数据,因此所有节点都必须有一个中央处理器(CPU)和一个局域网接口。但由于它们的功能不同,每种节点的硬件配置还有很大的差别。DCS 在进行配制和组态之前,只是一个硬件和软件的集合体。

工程师站最主要的功能是对 DCS 进行离线的配置和运行状态的监视,如进行组态工作和在线系统监督、控制,维护网络节点等。对于没有配置和未组态的 DCS 来说,实际应用是毫无意义的,只有通过应用过程做详细透彻的分析,经工程师站并按设计要求正确地完成组态工作之后,它才能真正成为一个适于该生产过程的应用控制系统。其中工程师站的主要功能是提供对 DCS 进行组态、配置工作的工具软件;在系统运行时,工程师可根据各个节点的运行情况,通过工程师站及时调整系统配置及一些系统参数的设定,使 DCS 随时处在最佳的工作状态。

在实际应用系统中,工程师站必须对 DCS 本身的运行状态进行监视,一旦发现异常,系统工程师必须及时采取措施,进行维修和调整,以及对组态进行线性修改,如上下限设定值的改变,控制参数的调节,对某个检测点或若干个检测点甚至某个现场 I/O 站的离线直接操作,以使 DCS