

MICROCOMPUTER CONTROL TECHNOLOGY

微型计算机 控制技术

戴永 ©主编



湘潭大学出版社

微型计算机控制技术

主 编 戴 永

副主编 黄辉先 欧青立 胡俊达 袁松贵

湘潭大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

微型计算机控制技术 / 戴永主编. —湘潭: 湘潭大学出版社, 2008.12

ISBN 978-7-81128-075-3

I. 微… II. 戴… III. 微型计算机—计算机控制 IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 200371 号

微型计算机控制技术

戴 永 主 编

责任编辑: 朱美香

封面设计: 胡 瑶

出版发行: 湘潭大学出版社

社 址: 湖南省湘潭市 湘潭大学出版大楼

电话(传真): 0732-8298966 邮编: 411105

网 址: <http://xtup.xtu.edu.cn>

印 刷: 湖南新华印刷集团邵阳有限公司

经 销: 湖南省新华书店

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 18

字 数: 432 千字

版 次: 2009 年 3 月第 1 版 2009 年 3 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-81128-075-3

定 价: 32.00 元

(版权所有 严禁翻印)

前 言

微型计算机控制是集控制工程、微型计算机技术、电子技术、传感与检测技术、通信技术等多门学科于一体的综合型学科,具有很强的理论性和实践性。针对高等院校工科类专业培养应用型、复合型、创新型人才的工作目标,众多高等院校开设了专业微型计算机控制技术的必修或选修课。此外,各行各业的工程技术人员也希望能掌握这一既可开发新型智能产品,又能改造和提升旧产业的高技术。在湘潭大学的倡议下,湘潭大学、湖南科技大学、湖南工程学院、长沙理工大学等共同编著了本教材。

本教材是编著者们多年的教学和科研成果的总结,体现了微型计算机控制领域的最新研究动态。选材方面考虑到了内容的基础性、系统性、实用性、工程性和先进性。材料编排上注重理论基础与实际应用相结合,符合教学规律与人的思考习惯,突显由浅入深、由易到难、由一般到重点的教学理念。

全书共9章,可分成微型计算机控制系统的基础知识、经典技术、现代技术及设计实例等板块。第1章为绪论,介绍微型计算机控制系统的特征、组成与发展;第2章为微型计算机控制理论基础,介绍连续与离散系统数学基础等;第3章为接口与通道配置技术,介绍面向微型计算机控制系统的接口与过程通道软硬件技术基础;第4章为数据采集与处理技术,介绍模拟数据、开关数据的采集与前置、后期处理技术,典型数据采集系统等;第5章为数字控制器的设计,介绍数字PID、最少拍等控制技术及应用;第6章为顺序与数字程序控制技术,介绍两种控制的一般原理及实现方法、重要执行部件;第7章为智能控制基础,介绍模糊、神经网络、遗传算法等控制基础;第8章为总线技术,介绍工业控制用并行、串行及现场总线;第9章为微型计算机控制系统设计,通过实例,介绍微型计算机控制系统设计的基本要求、一般步骤、可靠性技术等。每章末尾附有习题。鉴于目前及今后智能卡在工业生产及人们的生活中将发挥越来越重要的作用,而很多专业又无法将其列入课堂教学内容,本书增加了关于智能卡基本原理与应用实验的附录。

本书由戴永教授任主编,黄辉先教授、欧青立教授、胡俊达教授、袁松贵副教授任副主

编。第1、7章由戴永、文其知编著；第2、5章由黄辉先编著；第3章由袁松贵编著；第4、6章由陈敏、欧青立编著；第8、9章由胡慧、黄峰、胡俊达编著；附录由胡洪波编著。

本书可作为高等院校控制类、电气类、电子类、通信类、计算机类、机电类、检测类等专业的微型计算机控制技术教材及非控制类、非电气类专业的研究生教材,也可供从事微型计算机控制工作的工程技术人员参考或作为培训教材。全书教学时数为48或64学时。

在编写过程中,刘任任教授、周少武教授等专家学者提出了宝贵意见,同时参考了许多学者的论著,引用了参考文献的部分内容,谨表衷心感谢。

由于微型计算机控制技术发展迅速及编者理论水平和实践经验有限,书中肯定会有不妥甚至错误之处,敬请读者提出批评和改进意见。

编者

2009年2月于湘潭大学

目 录

第1章 绪 论

1.1 控制系统基础	2
1.1.1 控制系统基本概念	2
1.1.2 控制系统工作特性	3
1.2 微型计算机控制系统体系结构与特征	5
1.2.1 微型计算机控制系统体系结构	5
1.2.2 微型计算机控制系统特征	9
1.3 微型计算机控制系统分类	12
1.3.1 经典微型计算机控制系统	12
1.3.2 新型微型计算机控制系统	13
1.4 微型计算机控制技术的发展	15
习 题	16

第2章 微型计算机控制理论基础

2.1 连续系统数学基础	18
2.1.1 拉普拉斯变换	18
2.1.2 传递函数与方块图	21
2.1.3 线性定常系统的脉冲响应	25
2.2 离散系统数学基础	25
2.2.1 离散时间信号与采样信号的表示	25
2.2.2 差分与差商	26
2.2.3 Z变换	27
2.2.4 离散系统传递函数	34
2.3 采样周期的一般选择方法	39
2.3.1 香农(shannon)采样定理	39
2.3.2 采样周期的选择	40
习 题	42

第3章 接口与过程通道配置技术

3.1 概 述	44
3.2 面向过程通道的接口技术	46
3.2.1 接口的基本结构、任务和功能	46
3.2.2 接口的数据传送方式	47
3.2.3 接口扩展	48
3.2.4 接口实例	49

3.3	模拟输入过程通道配置	52
3.3.1	通道基本结构	52
3.3.2	信号的拾取方式	53
3.3.3	通道放大技术	54
3.3.4	模拟多路切换技术	57
3.3.5	采样保持技术	59
3.3.6	模/数转换技术	61
3.4	模拟输出过程通道配置	72
3.4.1	通道基本结构	72
3.4.2	D/A 转换原理	73
3.4.3	D/A 转换器及接口设计	75
3.5	开关量输入过程通道配置	81
3.5.1	通道基本结构	81
3.5.2	开关量采集技术	82
3.5.3	开关量信号规范技术	84
3.5.4	过程开关量输入接口设计	86
3.6	开关量输出过程通道配置	86
3.6.1	通道基本结构	86
3.6.2	开关量输出接口设计	86
3.6.3	典型开关量输出过程通道	87
	习 题	88

第 4 章 数据采集与处理技术

4.1	数据采集系统概述	90
4.1.1	数据采集系统概念	90
4.1.2	数据采集系统的功能	91
4.1.3	设计数据采集系统应考虑的一些问题	91
4.2	模拟数据采集技术	92
4.2.1	模拟数据采集电路	92
4.2.2	模拟数据采集软件的流程图	93
4.2.3	模拟量数据采集的预处理方法	97
4.3	模拟数据采集系统采集数据的后处理技术	100
4.3.1	工程量标度变换	100
4.3.2	线性化处理	102
4.3.3	上下限检查	103
4.4	开关量数据采集技术	104
4.4.1	开关量数据采集电路模型	104
4.4.2	开关量数据采集软件的一般结构	105
4.4.3	开关量数据的处理方法	106
4.5	虚拟仪器及其应用基础	106
4.5.1	虚拟仪器概述	106
4.5.2	虚拟仪器的一般结构	108
4.5.3	基于构件的虚拟仪器开发	110

4.5.4 虚拟仪器的发展趋势	112
习 题	113
第 5 章 数字控制器的设计	
5.1 PID 控制器设计	114
5.1.1 模拟 PID 控制规律	114
5.1.2 PID 控制规律的数字化实现算法	116
5.1.3 PID 控制算法改进	120
5.1.4 数字 PID 控制器参数整定	123
5.2 最少拍控制器直接设计	128
5.2.1 数字控制器直接设计步骤	128
5.2.2 最少拍无差系统的设计	129
5.2.3 最少拍控制器的可实现性和稳定性要求	132
5.2.4 最少拍快速有波纹系统设计的一般方法	133
5.2.5 最少拍控制系统的局限性	136
5.2.6 最少拍无波纹系统的设计	137
5.3 ω 变换与大林算法	140
5.3.1 ω 变换法设计	140
5.3.2 纯滞后对象的控制算法——大林算法	143
习 题	147
第 6 章 顺序与数字程序控制技术	
6.1 顺序控制技术	149
6.1.1 顺序控制概述	149
6.1.2 顺序控制工作原理及设计步骤	150
6.1.3 微型计算机剪板系统设计	152
6.2 数字程序控制技术	155
6.2.1 数字程序控制概述	155
6.2.2 逐点直线与圆弧插补原理	157
6.2.3 数字积分插补法	163
6.3 电机控制及其接口技术	166
6.3.1 小功率直流电机及控制	166
6.3.2 步进电机控制技术	170
习 题	173
第 7 章 智能控制基础	
7.1 模糊控制基础	174
7.1.1 模糊控制理论基础	174
7.1.2 模糊控制应用基础	180
7.1.3 模糊控制系统一般原理	188
7.2 神经网络控制基础	193
7.2.1 神经网络基础	194
7.2.2 神经网络的结构和学习规则	196
7.2.3 神经网络控制原理	198

7.3 遗传算法控制基础	202
7.3.1 遗传算法概述	202
7.3.2 遗传算法应用基础	206
7.3.3 基于遗传算法的模糊控制	209
习 题	212
第 8 章 总线技术	
8.1 并行总线	214
8.1.1 PC 总线	214
8.1.2 STD 总线	217
8.2 串行通信标准总线	217
8.2.1 RS-232-C	217
8.2.2 RS-422-A/RS-423-A 和 RS-485	221
8.2.3 通用外设接口标准	223
8.3 现场总线技术	228
8.3.1 现场总线的基本内容和发展概况	229
8.3.2 现场总线控制系统的特点	229
8.3.3 几种典型的现场总线	230
8.3.4 现场总线的应用	232
习 题	234
第 9 章 微型计算机控制系统设计	
9.1 微型计算机控制系统设计的基本要求与步骤	235
9.1.1 系统设计的基本要求	235
9.1.2 微型计算机控制系统设计的一般步骤	236
9.2 微型计算机温度控制系统设计	242
9.2.1 系统总体方案设计	242
9.2.2 硬件设计	243
9.2.3 数字控制器的设计	245
9.2.4 软件设计	245
9.3 模糊电冰箱系统设计	246
9.3.1 电冰箱的控制要求	246
9.3.2 模糊电冰箱系统结构	248
9.3.3 模糊控制规则	248
9.3.4 TMP86C846N 单片机介绍	252
9.3.5 控制系统的电路结构	254
9.3.6 软件实现	255
习 题	259
附录 IC 卡技术基础	
1 IC 卡分类	261
2 接触式 IC 卡技术基础	261
3 非接触式 IC 卡技术基础	268
参考文献	275

第1章 绪论

计算机控制技术是计算机应用理论与技术和自动控制理论与技术交叉而成的新兴学科,相关学科包括电子、通信、机电工程、自动检测、网络工程等。计算机应用理论与技术的发展拓宽了计算机的应用范围;自动控制理论与技术的发展提升了计算机在控制领域的应用水平;计算机控制理论与技术的发展,保障了控制系统的质量,推动着自动控制技术向新的高度跨越。从家庭用的普通智能电器到人类飞天的宇宙飞船,从农业、林业、牧业等的现代化进程到蓬勃发展的冶炼、交通、建筑、矿业、石油、化工等,无不是计算机控制技术的推动,可以说计算机控制技术是现代社会发展的重要技术支撑,计算机控制技术发达程度决定着现代社会生产力的发展水平。

计算机控制技术经历了如下的发展阶段:

(1) 局限决策型:又称启蒙型。由人通过与计算机不连通的检测设备或生产过程的态显示装置在生产过程中获取现场信息,把获取的信息经计算机输入设备送入计算机处理、决策,产生新的控制量,由计算机输出设备交给给人。人在计算机提供的数据指导下,对设计和生产过程进行调节。

(2) 单向参与型:有两种形式的单向参与,一是计算机只负责数据采集、处理,客观显示测量结果,由人根据测量结果进行决策、调节,或给出决策数据由人去执行,即人们通常所说的操作指导;二是由人通过与计算机不连通的检测设备或生产过程的态显示装置在生产过程中获取现场信息,将信息交计算机处理、决策,并由计算机控制执行机构进行调节。本阶段的代表性成果有 DPS 及计算机开环控制系统。

(3) 紧密联通型:又可称为双向参与型。计算机与生产过程通过信息检测通道和控制信息输出通道联成一个整体,计算机不但要控制信息检测通道从生产过程获取有关信息,还要通过控制信息输出通道将自己计算出的决策信息变成生产过程能接受的执行信号,进而调节控制对象。本阶段的代表性成果有 DDC 系统、SCC 系统等,尤其是 DDC 系统在计算机控制技术的发展中起着基石作用。

(4) 智能算法型:计算机控制系统发展到紧密联通型,其硬件的体系结构趋于稳定,控制算法基本来自模拟控制方法的离散应用。尽管由模拟控制方法推进到计算机离散控制,解决了一部分模拟控制方法难以解决的问题,但对于一些难度较大的模拟控制系统问题,如非线性、不确定性、时变性等,仅仅靠将传统模拟方法进行计算机离散实现已存在较大局限性。为使计算机能完成更复杂、难度更大的控制任务,在控制系统硬件的体系结构基本稳定的情况下,开展了新型决策理论的研究,涌现出以模糊控制算法为代表的一批智能控制算法。

(5) 网络互联型:随着总线和网络技术的迅猛发展,单计算机控制系统之间建立互联机制。这一机制的建立,使计算机控制技术发展到一个崭新的历史时期,出现的重要成果有集散控制系统、现场总线控制系统、基于互联网的管控一体集成控制系统等。

局限决策型阶段的起始时间可以认定为第一台计算机的发明时间,即计算机自问世起,它就注定要担当起发展自动控制技术的重担;单向参与型阶段的起始时间可追溯到 20 世纪 50 年代;紧密联通型阶段的起始时间为 20 世纪 60 年代初期;智能算法型阶段的起始时间为 20 世纪 60 年代后期;网络互联型阶段的起始时间为 20 世纪 70 年代中期。

1.1 控制系统基础

微型计算机控制技术是计算机技术对模拟控制技术的重大变革与发展,表现为信息传输通道的更新,驱动量产生方法的进步,且对象及控制性质不会因此发生变化,追求的是对同一个对象产生更好的控制效果。因此,微型计算机控制技术与模拟控制技术有着共同的控制系统基础。

1.1.1 控制系统基本概念

1. 常用概念术语

为完成特定动作,由机械、电气、电子等零部件有机组成的装置或设备,称之为**对象**。被控制的运行状态,称之为**过程**。过程分为**自然过程**和**人为过程**。自然过程指一种自然的逐渐进行的运转或发展,其特征是在运转或发展状态中以相对固定的方法相继发生一系列的渐进变化,并最终导致一个特定的结果或状态。人为过程是指按照人的意愿连续进行的运行状态,这种运行状态由一系列被控制的动作和一直进行到某一特定结果或状态的有规则的运动构成。**过程特征**表现为以相对固定的方式导致一个特定结果或状态。为完成相应任务,一些元件、部件等按一定规则的组合称之为**系统**。系统是动态现象的抽象,不同的领域有不同的组合内容。对系统输出量产生相反作用的信号称之为**扰动**,扰动分为**内扰**和**外扰**两大类,内扰产生在系统内部,外扰来自系统外部,和输入量叠加在一起进入系统。通过消除扰动因素影响保持被控量按预期要求变化的过程称之为**控制过程**。不需要人直接参与,而使被控量自动地按预定的规律变化的控制过程称之为**自动控制**。被控系统的输入量或给定量称之为**控制量**,用 $r(t)$ 表示。被控系统的输出量称之为**被控量** $y(t)$,如被控电机的转速,温控系统的温度等。与被控量成比例的反馈信号称之为**反馈量**,用 $y_{CF}(t)$ 表示。控制量与反馈量之间的差值称之为**偏差量**,用 $e(t)$ 表示, $e(t) = r(t) - y_{CF}(t)$ 。

2. 常用系统术语

开环控制系统 被控量只能受控于控制量,而对控制量不能反施任何影响的系统。

闭环控制系统 利用负反馈,将被控量影响控制量作用的系统,又叫反馈控制系统。

随动系统 是一种反馈系统,随着 $r(t)$ 的变化,被控量在前一 $r(t)$ 对应的位置进行变化,其特性如图 1-1 所示。随动系统多出现于机械位移、速度、加速度等对象的控制,所以常称之为位置控制系统。

稳定系统 又称自动调整系统,是一种反馈系统,当 $r(\infty)$ 为常量时,也要求被控量保持在常量上,如图 1-2 所示。常见的稳定系统有恒温、电压、电流、频率、压力等控制系统。

过程控制系统 以变化过程作为控制对象的控制系统,在控制过程中,给定量按照预先制定的规律,在程序运行中变化,所以又叫**程序控制**。这类系统多见于温度、压力、流量等控制系统。

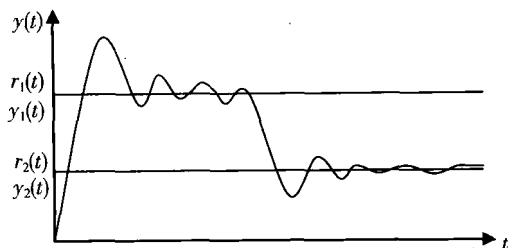


图 1-1 随动系统特性示意图

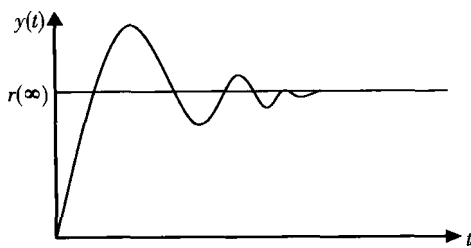


图 1-2 稳定系统特性示意图

1.1.2 控制系统工作特性

1. 控制系统的一般结构及其工作特性

图 1-3 所示为闭环控制系统的抽象结构图。虚线框内结构是系统的控制装置。控制装置包括比较、校正或控制器、执行及反馈四个环节。比较环节的计算控制量 $r(t)$ 与反馈量 $y_{CF}(t)$ 的偏差量 $e(t)$ ；校正环节依据 $e(t)$ 产生控制执行环节的驱动量 $u(t)$ ；执行环节输出操作量调整被控对象，使被控量朝着 $r(t)$ 逼近；是否达到逼近要求，由反馈环节对被控量 $y(t)$ 进行检测产生反馈量 $y_{CF}(t)$ 。检测的内容包含扰动成分的影响，控制装置的重要任务就是在消除随反馈量进入控制装置的扰动信号的过程中，使 $y(t)$ 达到或逼近 $r(t)$ 。模拟控制系统四个环节的电路及功能均由模拟方法完成，即电路由模拟器件组成，信号是连续信号，驱动量 $u(t)$ 由连续性数学模型计算。一种模拟算法对应一套模拟电路实现。比较环节与校正环节共同构成系统控制装置中的控制器。

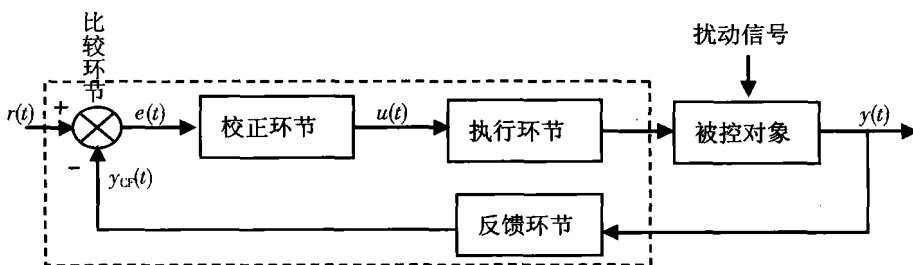


图 1-3 闭环控制系统抽象结构图

实际控制系统除存在内外扰动外，还有系统自身存在的逻辑死区、响应惯性等影响系统的控制效果。因此，当输入信号作用到系统之后，在系统的输出端并不能马上得到响应，而只有当偏差信号大到一定程度时，系统才有输出。输出结果根据各环节的品质状况及系统所处环境有多种多样。系统工作状态过渡过程的测试是通过系统响应特定输入信号（或叫试验信号）来进行的。阶跃信号是常用的测试信号，如图 1-4 所示。在图 1-4 所示信号阶跃输入作用下，系统进入稳态的过渡过程，其工作特性如图 1-5 所示。

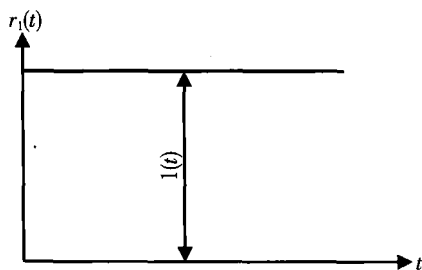


图 1-4 单位阶跃输入信号

$y(t)$ 是系统的输出(被控制)信号; $y(\infty)$ 为系统输出达到新的平衡状态时的稳态值。

t_r 称作启动时间。当系统经过 t_r 后,一般是不会直接稳定在稳态值,而是要经历若干次上下穿越稳态值,直至变化幅值降到一个允许范围,则认为系统过渡到了稳定工作状态。系统在稳定工作状态有 $|y(t) - y(\infty)| \leq \Delta$

Δ 为给定微量,一般取 $\Delta = 0.02$ 或 0.05 。在过渡过程中 $y(t)$ 穿过 $y(\infty)$, 出现 $y(t) > |y(\infty)|$, 表示系统出现了超调现象。在 $0 \sim t_r$ 不算超调。用 σ_P 表示超调的严重程度, σ_P 越小,系统的阻尼性能越好,过渡过程越平稳。

$$\sigma_P = \frac{|y_{\max}(t) - y(\infty)|}{y(\infty)}$$

式中 $y_{\max}(t) = \sup |y(t)|, 0 \leq t < \infty$ 。有时也直接用

$$\sigma_P = |y_{\max}(t) - y(\infty)|$$

超调现象严重的系统,不仅使组成系统的各个相关元件处于恶劣的工作条件下,而且过渡过程在长时间内不能结束,致使系统的误差不能很快地减小到允许范围之内。

t_p 是超调时间,从 $t=0$ 到 $y(t)$ 上升至 $y_{\max}(t)$ 的时间, $y_{\max}(t)$ 通常处在第一个峰值。 t_p 表征闭环控制系统反应输入信号的快速性能或控制灵敏度,越小灵敏度越高。

t_s 是系统的过渡过程时间,表征系统反应输入信号的速度。 t_s 越小,说明系统从一个稳定状态过渡到另一个稳定状态所需的时间越短,反之则越长。

上下穿越稳态值次数的 $1/2$ 称为振荡次数,用 N 表示,它是评价闭环控制系统过渡过程的重要指标之一。 N 越小,说明闭环控制系统的阻尼性能越好,过渡过程越短。

当系统完成过渡过程后, $|y(t) - y(\infty)|$ 为稳态误差。稳态误差是表征系统控制精度的一项性能指标。

2. 控制系统典型工作状态特性

在阶跃输入的情况下,不同的系统品质及系统运行环境,会使系统出现不同的状态响应过程,以下介绍典型状态响应及其过渡过程曲线。

1) 单调逐渐逼近

系统从一个平衡状态平稳转入另外一个平衡状态,过渡过程曲线单调上升,逐渐逼近被控制信号的稳态值 $y(\infty)$, 如图 1-6 曲线①所示。从特性曲线可以看出,这类系统 $\sigma_P = 0, N = 0, y(t) = y(\infty)$ 。要实现这种特性,必须对系统的结构形式和元件参数进行严格要求。某种意义上讲这是一种理想的系统响应状态。

2) 等幅振荡

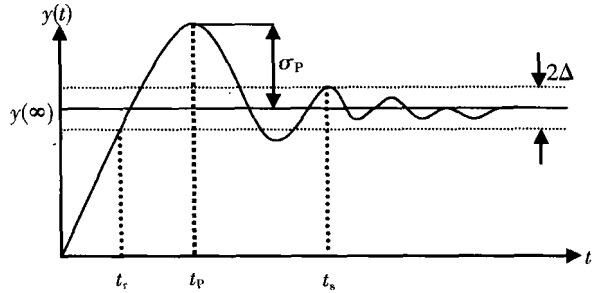


图 1-5 单位阶跃信号作用下闭环控制系统的过渡过程

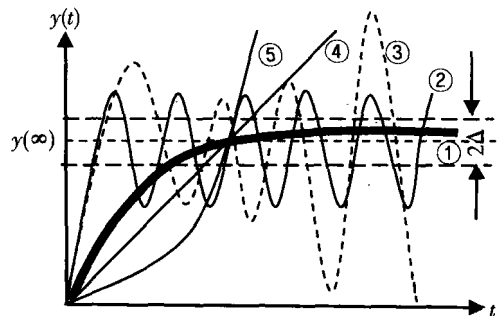


图 1-6 系统典型工作状态特性曲线

由于系统自身的固有特性,导致系统自振荡,这种自振荡表现出来的特性为等幅振荡波形,如图 1-6 曲线②所示。这类系统的动态参数特点是 $N \rightarrow \infty$, 振荡幅值虽然大于 2Δ , 但收敛于某值。如果自振荡的幅值能限制在某一允许的范围内,那么这类系统在工程实际中还是可用的。

3) 振荡发散

在过渡过程中, $y(t)$ 多次穿越稳态值, 随着穿越次数的增加, 振荡幅值越来越大, 如图 1-6 曲线③所示。过渡过程无收敛点, 动态参数表现为 $N \rightarrow \infty, \sigma_p \rightarrow \infty$ 。在此种工作状态下控制系统无平衡状态, 显然这类系统在实际中是不能使用的, 因为它不满足闭环控制系统工作时必须稳定的基本条件。

4) 单调发散

控制系统在过渡过程中 $y(t)$ 随着时间的推移而发散, 特性曲线如图 1-6 曲线④、⑤所示。发散轨迹有多种多样, 图中画出的是按直线和指数单调发散的两种情况。系统处于单调发散时, 无稳定状态, $\sigma_p \rightarrow \infty, N = 0$, 无确定 $y(t)$ 值。这种系统是无法使用的故障系统。

5) 欠阻尼振荡

工作正常的二阶闭环控制系统(运动方程可用二阶微分方程描述的系统)的过渡过程特性一般呈现欠阻尼振荡规律, 过渡过程的工作特性如图 1-5 曲线所示。动态参数的特点为振荡波形的峰值按指数规律下降, $y_{\max}(t)$ 出现在第一个峰值, N 值很小, t_s 过后 $|y(t) - y(\infty)| \leq \Delta y(\infty)$ 。

阻尼系统的过渡过程分为三种工作状态, 即欠阻尼、临界阻尼和过阻尼。过阻尼工作状态相似于单调逐渐逼近或一阶系统工作状态, 启动速度变慢。临界阻尼工作状态使系统处于等幅振荡状态。关于二阶系统的阻尼特性讨论请读者参阅相关论著。

1.2 微型计算机控制系统体系结构与特征

从模拟控制系统过渡到微型计算机控制系统, 虽然对象不会因此发生变化, 信号传输的路径结构也不会有大的变化, 但数据获取、传输、处理等的装置、设备、方法发生了重大变化, 信号形式、驱动量的产生方法、控制系统的组成观念等也发生了重大变化, 导致微型计算机控制系统的体系结构与模拟控制系统的体系结构有重大区别, 并在许多方面表现出完全不同的特征。

1.2.1 微型计算机控制系统体系结构

1. 微型计算机控制系统一般结构

微型计算机控制系统体系由数字硬件、模拟硬件、系统软件、应用软件四大系统组成。数字硬件既是系统软件、应用软件等的载体, 又是产生和发挥软件功能的主体。图 1-7 是微型计算机闭环控制系统的体系结构抽象图。与图 1-3 所示的控制系统抽象结构比较, 信号传输的路径结构没有发生变化, 控制装置即大虚线框外以右的内容相同。不同的地方是控制装置的四个环节均有重大变化: (1) 控制器和比较环节由微型计算机取代, 这是划时代的进步; (2) 执行环节在模拟控制系统中只有执行机构, 而在微型计算机控制系统中于执行机构前增加 D/A 转换环节; (3) 反馈环节在模拟控制系统中只有检测装置, 而在微型计算机控制系统中于检测装置后设置 A/D 转换环节。由于微型计算机处理的是离散信息, 因此微

型计算机控制系统中控制装置内的时间变量均采用人们公认的离散时间变量符号 k 。

为方便叙述,通常以工业生产过程中需调节的参数作为被控对象(也可以是非工业生产过程,如家庭的温度、湿度测控等),将 A/D 转换器和检测装置构成的信息传送路径称为模拟输入过程通道或前向模拟通道;将 D/A 转换器与执行机构形成的信息传送路径称为模拟输出过程通道或后向模拟通道;微型计算机接收人提供 $R(k)$ 的信息路径及微型计算机向人传递信息的路径合称为人机交互通道。

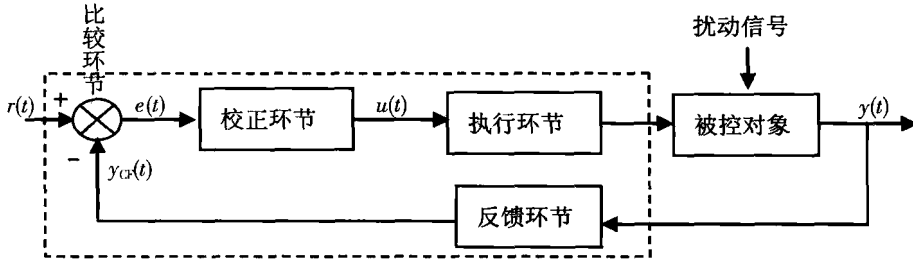


图 1-7 微型计算机闭环控制系统体系结构抽象图

图 1-7 表明微型计算机闭环控制系统在工作过程中,由检测装置将被控对象的模拟参数送至 A/D 转换环节,微型计算机把从 A/D 转换环节获得的数据 $Y_{cr}(k)$ 与给定值 $R(k)$ 比较,然后对其偏差 $E(k)$ 按某种控制算法进行计算,得出新的驱动量 $U(k)$,经 D/A 转换后驱动执行机构调节被控对象。整个过程可归纳为三个步骤,即数据采集、数据处理与决策、控制输出。当被控对象处于动态时,如果不能及时获得信息,及时作出决策,及时输出调节量,就有可能失去控制效果和意义。

微型计算机闭环控制系统抽象的体系结构可衍生出多种微型计算机控制系统的体系结构。剪去由 A/D 转换器和检测装置构成的信息反馈路径,系统成为微型计算机开环控制系统;取消 D/A 转换器和执行机构,系统成为微型计算机数据采集系统;不设置 A/D、D/A 转换器,系统成为纯开关量或闭环或开环或采集的微型计算机控制系统,相应的信息路径称为开关量输入、输出过程通道; $R(k)$ 不由人提供,而由另外一台计算机根据被控对象的状态产生,系统成为计算机监督控制型微型计算机控制系统;利用微型计算机的总线通信技术,可以将多台单计算机的微型计算机控制系统组成多微型计算机控制系统、分布式微型计算机控制系统;利用微型计算机的互联网通信技术,可以构建管控一体的网络微型计算机控制系统;微型计算机控制系统的硬件系统基本不变,引入新型决策理论可形成新一代微型计算机控制系统等等。

2. 微型计算机控制系统硬件组成

图 1-8 所示是基于微型计算机闭环控制系统抽象体系结构的典型微型计算机控制系统硬件结构示意图,它包括工业生产过程、模拟输入输出过程通道,开关量输入输出通道、人机交互通道、微型计算机系统与外设、控制台及各类接口等。

1) 工业生产过程

工业生产过程是指在生产现场把原材料变成成品或半成品,或通过原材料获得某些所需参数的工序实现。参与工序实现的内容包括工艺规则、技术范畴、参与设备、人员数量与作用、结果指标、质量检验、安全保证等。被控对象来源于工业生产过程。在工业生产过程

中,被控对象可以是一个,也可以是多个。如数控钻床的被控对象主要是钻头的定位,而炼钢过程的被控对象包括炉温、配料计量、加料传送等。被控对象的信息通过在生产现场的适当位置安设相应的传感器获得。

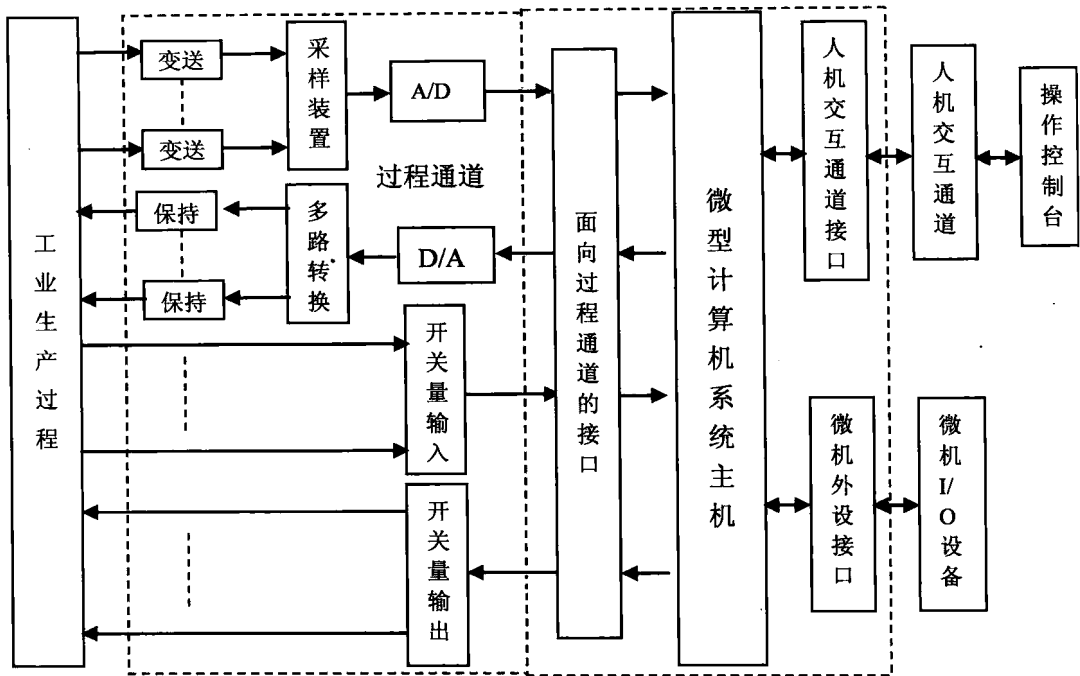


图 1-8 微型计算机控制系统硬件典型结构图

2) 过程通道

主机与工业生产过程之间需要传递三类信息,即互传数据,主机向工业生产过程发布控制信息,主机从工业生产过程接收状态信息。互传数据有模拟、开关量两种数据形式,而控制、状态信息均为开关量。因此,过程通道包括模拟过程输入、输出通道,开关量过程输入、输出通道。过程通道处于工业生产过程与主机接口之间,担负着生产过程与主机交换信息的任务。当被控对象为模拟对象时,由变送器将被控对象的能量存在形式转变为采样装置所能接收的电能形式,然后由采样装置规范成 A/D 转换器所能接收的电量,最后由 A/D 转换器变成微型计算机能够接收的数据送接口。如果被控参数是非电物理量,则变送器为传感器;如果被控参数为电量,则变送器或为放大器,或为衰减器。工业生产过程的被控参数以连续变化的非电物理量居多。如果执行机构需要连续的模拟量操纵,则微型计算机输出的数字控制量必须进行 D/A 转换;当用一个 D/A 转换器为多个控制点提供控制信号时要设置保持器。当工业生产过程有数字数据信号或数字状态信号要送主机时,可通过开关输入过程通道传送;主机有数字数据信号或数字控制信号等要送工业生产过程时,可通过开关输出过程通道传送。

3) 接口

在微型计算机控制系统中一般存在三类不同功能的接口,第一类介于主机与过程通道之间,用于主机与过程通道交换数字信息;第二类介于主机与交互通道之间,用于主机与交

互通道交换数字信息;第三类介于主机与微型计算机 I/O 设备之间,用于主机与微型计算机 I/O 设备交换数字信息,在多微型计算机互联的微型计算机控制系统中,多微型计算机可互按 I/O 设备管理。接口种类主要分为并行、串行两大类。接口电路可分为三大类,一类是单独的通用可编程接口器件,另一类是与 CPU 集成在一起可编程固化接口,再一类是用基本逻辑部件根据需要搭接的可编程接口。

4) 主机

根据微型计算机控制系统的功能、性能、使用场地等的要求,主机采用的微型计算机可有不同选择。主机选定后,开发者将相关程序存入系统的非易失性存储器。系统启动后,通过输入过程通道从生产现场获得过程参数,并由控制程序进行处理、决策等得出相应的控制信息,经输出过程通道把控制信息送回生产过程,进而调节被控参数,使之达到并维持预计目标。控制程序是依据控制算法,结合主机的指令系统和过程通道对应的端口地址而设计的,不但要反映控制参数与被控参数之间的数学关系,还要满足控制的实时性要求。

在工业生产过程中,处于在线的主机又称为工业控制计算机,简称工业控制机或工控机,其特点表现为可靠性高、可维修性好、环境适应性强、控制实时性好、输入输出过程通道完善及软件丰富等。本书中的主机均指工控机。

5) 人机交互通道与操作控制台

人机交互通道与操作控制台是相互依存的,操作控制台因人机交互通道而设置,人机交互通道通过操作控制台使得人机交互更方便。面向工业生产过程的微型计算机控制系统,特别是规模较大的微型计算机控制系统,一般都专设操作控制台嵌装人机交互通道部件及相关微型计算机 I/O 设备,可使工作人员既可看到来自工业现场的运行状态及被控参数的直接显示和记录,又可观察到由计算机提供的显示内容。当系统出现故障报警时,操作人员可在控制台上及时获得信息,及时进行处理,如根据操作台提供的故障信息对现场设备进行快速处理、检修,或在控制台对计算机程序、控制参数、试验参数等进行修改和调整等。就一般而言,操作控制台应具有以下功能:

① 操作。操作装置或设备是人向微型计算机控制系统提供操作信息的重要通道。在操作台除了微型计算机键盘外,还应配有相应的可直接操作控制系统的开关、按钮、扳键等,遇到紧急情况可在操作台直接强制处理,或在操作台可对系统相关部分进行直接操作、实验。

② 显示。显示装置或设备是计算机向人提供控制系统信息的重要通道。显示范围应尽量涵盖工业生产过程中各重要环节、过程通道各关键部位、辅助及供电设备等。显示装置根据具体情况选用,如希望有图文显示,可配置 CRT、LCD、LED、等离子屏幕显示器等;如只需显示参数,可配置 LED、LCD 数码管显示器等;如果希望脱机分析数据,可配置打印机、记录仪等;如需及时显示状态或报警,可配置相应的指示灯及发声器。

③ 数据保存。如果微型计算机控制系统的海量数据,控制台可增设光盘刻录机、磁带机、U 盘口、移动硬盘口等用于扩展存储容量的设备。

④ 远程信息交换。随着计算机网络技术的普及,对微型计算机控制系统实行联网管理的技术渐趋成熟,因此,操作控制台应设置远程信息交换口,随时可使本系统加入到大规模集散系统中。