

高等学校教材

# 微型计算机控制技术

(第2版)

上海交通大学 谢剑英 编著

国防工业出版社

435384

# 微型计算机控制技术

(第2版)

上海交通大学 谢剑英 编著

国防工业出版社

·北京·

## 内 容 简 介

本书对微型机在控制系统中的基本理论和应用技术进行比较全面系统、深入浅出的介绍。全书内容包括:微型机控制系统的一般概念、组成和典型应用方式,基本输入输出接口技术,过程通道和数据采集系统,数字程序控制和数值控制,数字PID控制算法,数字控制器的直接设计方法,模型预测控制算法,控制系统总体结构、设计要点和应用实例,集散控制系统及其基本控制器,应用程序设计及实例,共十章。书中有大量工程应用实例。每章附有习题和思考题。

本书除作为高等院校自动控制、工业电气自动化、计算机应用等专业教材外,还可供从事微型机应用和自动化工作的工程技术人员参考。

微型计算机控制技术

(第2版)

上海交通大学 谢剑英 编著

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号)

(邮政编码 100044)

北京怀柔新华印刷厂印刷

新华书店经售

\*

开本 787×1092 1/16 印张 24 $\frac{3}{4}$  572千字

1991年4月第2版 1997年3月北京第10次印刷 印数:81001—87000册

---

ISBN 7-118-00795-1/TP·105 定价:19.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

## 出版说明

根据国务院关于高等学校教材工作分工的规定,我部承担了全国高等学校、中等专业学校工科电子类专业教材的编审、出版的组织工作。由于各有关院校及参与编审工作的广大教师共同努力,有关出版社的紧密配合,从1978年至1985年,已编审、出版了两轮教材,正在陆续供给高等学校和中等专业学校教学使用。

为了使工科电子类专业教材能更好地适应“三个面向”的需要,贯彻“努力提高教材质量,逐步实现教材多样化,增加不同品种、不同层次、不同学术观点、不同风格、不同改革试验的教材”的精神,我部所属的七个高等学校教材编审委员会和两个中等专业学校教材编审委员会,在总结前两轮教材工作的基础上,结合教育形势的发展和教学改革的需要,制订了1986~1990年的“七五”(第三轮)教材编审出版规划。列入规划的教材、实验教材、教学参考书等近400种选题。这批教材的评选推荐和编写工作由各编委会直接组织进行。

这批教材的书稿,是从通过教学实践、师生反映较好的讲义中经院校推荐,由编审委员会(小组)评选择优产生出来的。广大编审者、各编审委员会和有关出版社为保证教材的出版和提高教材的质量,作出了不懈的努力。

限于水平和经验,这批教材的编审、出版工作还会有缺点和不足之处,希望使用教材的单位,广大教师和同学积极提出批评建议,共同为不断提高工科电子类专业教材的质量而努力。

电子工业部教材办公室

## 出版说明

根据国务院关于高等学校教材工作分工的规定,我部承担了全国高等学校、中等专业学校工科电子类专业教材的编审、出版的组织工作。由于各有关院校及参与编审工作的广大教师共同努力,有关出版社的紧密配合,从1978年至1985年,已编审、出版了两轮教材,正在陆续供给高等学校和中等专业学校教学使用。

为了使工科电子类专业教材能更好地适应“三个面向”的需要,贯彻“努力提高教材质量,逐步实现教材多样化,增加不同品种、不同层次、不同学术观点、不同风格、不同改革试验的教材”的精神,我部所属的七个高等学校教材编审委员会和两个中等专业学校教材编审委员会,在总结前两轮教材工作的基础上,结合教育形势的发展和教学改革的需要,制订了1986~1990年的“七五”(第三轮)教材编审出版规划。列入规划的教材、实验教材、教学参考书等近400种选题。这批教材的评选推荐和编写工作由各编委会直接组织进行。

这批教材的书稿,是从通过教学实践、师生反映较好的讲义中经院校推荐,由编审委员会(小组)评选择优产生出来的。广大编审者、各编审委员会和有关出版社为保证教材的出版和提高教材的质量,作出了不懈的努力。

限于水平和经验,这批教材的编审、出版工作还会有缺点和不足之处,希望使用教材的单位,广大教师和同学积极提出批评建议,共同为不断提高工科电子类专业教材的质量而努力。

电子工业部教材办公室

编写。编者借本次修订再版之机,对他们以及对本书提出过宝贵意见的同志表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点和错误,敬请读者批评指正。

编者 于上海交通大学

1990年3月

# 目 录

|                                        |    |
|----------------------------------------|----|
| 第一章 微型计算机控制系统概述 .....                  | 1  |
| § 1.1 计算机控制的一般概念 .....                 | 2  |
| § 1.2 微型计算机控制系统的一般组成 .....             | 4  |
| 1.2.1 硬件组成 .....                       | 4  |
| 1.2.2 软件组成 .....                       | 6  |
| § 1.3 微型计算机在控制中的典型应用方式 .....           | 6  |
| 1.3.1 数据采集和数据处理 .....                  | 7  |
| 1.3.2 直接数字控制系统 DDC .....               | 7  |
| 1.3.3 监督控制系统 SCC .....                 | 8  |
| 1.3.4 集散控制系统 .....                     | 9  |
| 第二章 基本输入输出接口技术 .....                   | 10 |
| § 2.1 输入输出数据的管理方式 .....                | 10 |
| 2.1.1 I/O 数据信号的种类 .....                | 10 |
| 2.1.2 I/O 接口的编址方式 .....                | 11 |
| 2.1.3 微处理器管理 I/O 的方式 .....             | 13 |
| § 2.2 通用输入输出接口 .....                   | 16 |
| 2.2.1 可编程并行接口的应用实例 .....               | 16 |
| 2.2.2 Intel 8251A 通用可编程串行接口 .....      | 20 |
| § 2.3 键盘、显示器与微型机的接口 .....              | 22 |
| 2.3.1 键盘的基本结构和键的识别 .....               | 23 |
| 2.3.2 Z-80A 与键盘的接口 .....               | 24 |
| 2.3.3 8051 单片机串行接口的键盘和静态显示器 .....      | 27 |
| 2.3.4 8051 单片机串行接口的键盘和动态显示器 .....      | 30 |
| 2.3.5 8051 单片机用 8155 并行接口的键盘和显示器 ..... | 32 |
| 2.3.6 CRT 显示器接口 .....                  | 36 |
| § 2.4 打印机接口 .....                      | 42 |
| 2.4.1 打印机串行接口 .....                    | 43 |
| 2.4.2 打印机并行接口 .....                    | 44 |
| 习题与思考题 .....                           | 46 |
| 第三章 过程通道和数据采集系统 .....                  | 47 |
| § 3.1 概述 .....                         | 47 |
| 3.1.1 过程通道的组成和功用 .....                 | 47 |
| 3.1.2 信号变换中的采样、量化和编码 .....             | 48 |
| § 3.2 模拟量输入通道 .....                    | 50 |
| 3.2.1 模拟量输入通道的一般组成 .....               | 51 |
| 3.2.2 多路转换器 .....                      | 51 |
| 3.2.3 可编程序放大器 .....                    | 53 |

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 3.2.4 采样与保持器 .....             | 54  |
| § 3.3 数/模与模/数转换技术 .....        | 56  |
| 3.3.1 数/模转换原理 .....            | 56  |
| 3.3.2 模/数转换原理 .....            | 57  |
| 3.3.3 模/数与数/模转换器的主要技术指标 .....  | 60  |
| § 3.4 单片模/数转换器及其与微处理器的接口 ..... | 62  |
| 3.4.1 8位模/数转换器及其接口 .....       | 62  |
| 3.4.2 12位模/数转换器及其接口 .....      | 66  |
| 3.4.3 程序逐次逼近法实现模/数转换 .....     | 67  |
| § 3.5 数据采集系统 .....             | 68  |
| 3.5.1 数据采集系统的结构方案 .....        | 68  |
| 3.5.2 数据采集系统实例 .....           | 69  |
| § 3.6 模拟量输出通道 .....            | 74  |
| 3.6.1 多路模拟量输出通道的结构形式 .....     | 74  |
| 3.6.2 8位数/模转换器及其接口 .....       | 75  |
| 3.6.3 12位数/模转换器及其接口 .....      | 77  |
| 3.6.4 双极性模拟量输出的实现 .....        | 78  |
| § 3.7 过程通道的抗干扰措施 .....         | 80  |
| 3.7.1 干扰的来源和干扰的分类 .....        | 80  |
| 3.7.2 常态干扰的抑制 .....            | 82  |
| 3.7.3 共模干扰的抑制 .....            | 83  |
| 3.7.4 其它抗干扰措施 .....            | 85  |
| § 3.8 小结 .....                 | 87  |
| 习题与思考题 .....                   | 88  |
| 第四章 程序控制和数值控制 .....            | 89  |
| § 4.1 微型计算机顺序控制器 .....         | 89  |
| 4.1.1 专用微机顺序控制器 .....          | 90  |
| 4.1.2 可编程微机顺序控制器 .....         | 100 |
| § 4.2 开环数值控制 .....             | 122 |
| 4.2.1 数值控制的基本原理 .....          | 122 |
| 4.2.2 逐点比较法插补原理 .....          | 123 |
| § 4.3 步进电机的控制 .....            | 138 |
| 4.3.1 步进电机的工作方式 .....          | 139 |
| 4.3.2 步进电机的脉冲分配程序 .....        | 139 |
| 4.3.3 步进电机的速度控制程序 .....        | 142 |
| § 4.4 小结 .....                 | 144 |
| 习题与思考题 .....                   | 144 |
| 第五章 数字PID控制算法 .....            | 145 |
| § 5.1 准连续PID控制算法 .....         | 145 |
| 5.1.1 模拟PID调节器 .....           | 145 |
| 5.1.2 数字PID控制算法 .....          | 147 |
| § 5.2 对标准PID算法的改进 .....        | 149 |
| 5.2.1 “饱和”作用的抑制 .....          | 149 |
| 5.2.2 干扰的抑制 .....              | 153 |
| 5.2.3 其它修改算法 .....             | 155 |

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| § 5.3 PID 调节器参数选择 .....         | 157        |
| 5.3.1 凑试法确定 PID 调节参数 .....      | 158        |
| 5.3.2 实验经验法确定 PID 调节参数 .....    | 159        |
| 5.3.3 采样周期的选择 .....             | 160        |
| § 5.4 小结 .....                  | 162        |
| 习题与思考题 .....                    | 163        |
| <b>第六章 数字控制器的直接设计方法 .....</b>   | <b>164</b> |
| § 6.1 参数优化的低阶控制算法 .....         | 165        |
| § 6.2 最少拍随动系统的设计 .....          | 166        |
| 6.2.1 最少拍系统的设计 .....            | 167        |
| 6.2.2 最少拍系统的局限性 .....           | 174        |
| § 6.3 最少拍无纹波随动系统的设计 .....       | 177        |
| § 6.4 惯性因子法 .....               | 178        |
| § 6.5 非最少的有限拍控制 .....           | 181        |
| § 6.6 达林算法 .....                | 183        |
| § 6.7 小结 .....                  | 186        |
| 习题与思考题 .....                    | 187        |
| <b>第七章 模型预测控制算法 .....</b>       | <b>188</b> |
| § 7.1 概述 .....                  | 188        |
| § 7.2 动态矩阵控制 .....              | 189        |
| 7.2.1 动态矩阵控制的原理和算法 .....        | 189        |
| 7.2.2 设计参数的选择 .....             | 195        |
| 7.2.3 动态矩阵控制设计举例——温度控制 .....    | 199        |
| § 7.3 动态矩阵控制算法的进一步讨论 .....      | 200        |
| 7.3.1 时滞对象的动态矩阵控制 .....         | 200        |
| 7.3.2 带有前馈的动态矩阵控制 .....         | 202        |
| 7.3.3 动态矩阵——PID 串级控制 .....      | 204        |
| 7.3.4 有约束时的动态矩阵控制算法 .....       | 206        |
| 7.3.5 多变量系统的动态矩阵控制 .....        | 209        |
| § 7.4 模型算法控制 .....              | 212        |
| 7.4.1 模型算法控制的基本原理 .....         | 212        |
| 7.4.2 模型算法控制的一步和多步算法 .....      | 216        |
| § 7.5 小结 .....                  | 221        |
| 习题与思考题 .....                    | 222        |
| <b>第八章 微型计算机控制系统设计 .....</b>    | <b>224</b> |
| § 8.1 微型计算机控制系统设计的基本要求和特点 ..... | 224        |
| 8.1.1 系统设计的基本要求 .....           | 224        |
| 8.1.2 系统设计的特点 .....             | 226        |
| § 8.2 微型计算机控制系统设计的一般步骤 .....    | 226        |
| 8.2.1 确定控制任务 .....              | 227        |
| 8.2.2 选择微处理器和外围设备 .....         | 227        |
| 8.2.3 建立数学模型,确定控制算法 .....       | 228        |
| 8.2.4 系统总体方案设计 .....            | 228        |
| 8.2.5 硬件和软件的具体设计 .....          | 229        |

|                                            |     |
|--------------------------------------------|-----|
| § 8.3 微型计算机控制系统设计 .....                    | 230 |
| 8.3.1 系统的选择和配置 .....                       | 230 |
| 8.3.2 总线负载的考虑 .....                        | 231 |
| 8.3.3 专用微型计算机系统设计 .....                    | 234 |
| § 8.4 温度控制系统应用实例 .....                     | 237 |
| 8.4.1 一个简单的温度控制系统 .....                    | 238 |
| 8.4.2 程序升温控制系统 .....                       | 249 |
| § 8.5 单片机 8031 实现的具有智能自适应控制功能的通用控制系统 ..... | 260 |
| 8.5.1 设计目的与要求 .....                        | 260 |
| 8.5.2 系统硬件设计 .....                         | 261 |
| 8.5.3 智能自适应控制算法 .....                      | 265 |
| 8.5.4 应用程序设计 .....                         | 269 |
| 8.5.5 通用控制系统的应用 .....                      | 271 |
| § 8.6 小结 .....                             | 273 |
| 习题与思考题 .....                               | 273 |
| 第九章 集散控制系统及其基本控制器 .....                    | 274 |
| § 9.1 概述 .....                             | 274 |
| 9.1.1 集散控制系统与分级分布控制 .....                  | 274 |
| 9.1.2 集散控制系统的特点 .....                      | 276 |
| 9.1.3 集散控制系统发展的概况及展望 .....                 | 278 |
| § 9.2 集散控制系统的组成 .....                      | 279 |
| 9.2.1 基本控制器 .....                          | 279 |
| 9.2.2 就地操作员接口 .....                        | 283 |
| 9.2.3 数据通信系统 .....                         | 285 |
| 9.2.4 CRT 操作台和上级计算机控制 .....                | 290 |
| § 9.3 基本控制器设计实例 .....                      | 293 |
| 9.3.1 系统硬件设计 .....                         | 293 |
| 9.3.2 控制程序设计 .....                         | 295 |
| 9.3.3 数据操作面板设计 .....                       | 299 |
| 9.3.4 系统管理程序设计 .....                       | 304 |
| 9.3.5 基本控制器应用举例 .....                      | 321 |
| § 9.4 小结 .....                             | 323 |
| 习题与思考题 .....                               | 324 |
| 第十章 微型计算机控制系统应用程序设计 .....                  | 325 |
| § 10.1 应用程序设计的基本任务 .....                   | 325 |
| 10.1.1 应用程序设计的基本步骤 .....                   | 325 |
| 10.1.2 问题的定义 .....                         | 326 |
| § 10.2 程序设计技术 .....                        | 326 |
| 10.2.1 模块程序设计 .....                        | 327 |
| 10.2.2 自顶向下程序设计 .....                      | 327 |
| § 10.3 数字滤波方法 .....                        | 327 |
| 10.3.1 算术平均值法 .....                        | 328 |
| 10.3.2 中值滤波法 .....                         | 332 |
| 10.3.3 防脉冲干扰平均值法 .....                     | 335 |
| 10.3.4 惯性滤波法 .....                         | 335 |

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| 10.3.5 程序判断滤波 .....                    | 336 |
| § 10.4 线性化处理 .....                     | 341 |
| 10.4.1 平方根数字实现方法 .....                 | 341 |
| 10.4.2 温度与热电势的线性化 .....                | 352 |
| § 10.5 测量值与工程量转换 .....                 | 353 |
| § 10.6 越限报警处理 .....                    | 357 |
| § 10.7 控制算法的程序设计 .....                 | 364 |
| 10.7.1 带一阶滤波的增量式数字 PID 算法程序 .....      | 364 |
| 10.7.2 增量式 PID 比率算法 .....              | 371 |
| 10.7.3 增量式 PID 偏置算法 .....              | 372 |
| 10.7.4 微分先行 PID 算法 .....               | 372 |
| § 10.8 小结 .....                        | 374 |
| 习题与思考题 .....                           | 374 |
| 附录 .....                               | 376 |
| 附录 A Z-80A 和 8080A/8085A 基本指令对照表 ..... | 376 |
| 附录 B 采样系统的 Z 变换 .....                  | 378 |
| 参考文献 .....                             | 385 |

# 第一章 微型计算机控制系统概述

1946 年世界上第一台电子数字计算机 ENICA 的问世,开始了人类智力解放的新时代。70 年代初诞生的微型计算机,标志着计算机的发展和应用进入了新的阶段。计算机在控制领域中作为一个强有力的控制工具,极大地推动着自动控制技术的发展。

计算机发展的初期,由于计算机结构庞大、价格昂贵、可靠性不高,所以,它主要用在科学计算方面。随着计算机技术的不断发展和完善,它在信息处理及工业控制方面已得到越来越广泛的应用。

生产技术的发展,使生产规模越来越大,相关因素越来越复杂,自动化和最优工况的要求成为必不可少。40 年代发展和逐步成熟起来的经典控制理论,在解决较简单的自动控制系统设计方面是很有力的理论工具。在这个基础上发展起来的模拟式自动控制系统也达到了相当完善的程度,直到现在,它仍然在许多工业部门占有相当重要的地位,许多元件和系统都已经形成标准化和系列化产品。尽管这种模拟式控制系统对单输入单输出系统是很有效的,对一些较复杂的多输入和多输出的参数相互耦合的系统也曾起过积极的作用。但是,它的进一步发展受到了限制,在控制规律的实现、系统的优化、可靠性等方面越来越不能满足更高的要求。

计算机技术的发展给控制系统开辟了新的途径。现代控制理论的发展又给自动控制系统增添了理论支柱。经典和现代的控制理论与计算机结合,出现了新型的计算机控制系统。

计算机在工业自动化领域中的应用,经历了逐步发展的过程。就国外情况看,大体上经历了三个阶段。1965 年以前是试验阶段。50 年代初,首先在化工生产中实现了自动测量和数据处理。1954 年开始用计算机构成开环系统。1959 年工业上第一台闭环计算机控制装置在美国一个炼油厂建成。1960 年美国的一个氨厂用 RW-300 实现了计算机监督控制。1962 年 3 月,在一个乙烯工厂实现了工业装置中的第一个直接数字控制 (DDC) 系统。同年 7 月,英国的一个制碱厂也实现了一个 DDC 系统。

1965~1969 年是计算机控制进入实用和开始逐步普及的阶段。由于小型计算机的出现,使可靠性不断提高,成本逐年下降,计算机在生产控制中的应用得到了很大的发展,但这个阶段仍然主要是集中型的计算机控制系统。在高度集中控制时,若计算机出现故障,将对整个生产装置和整个生产系统带来严重影响。虽然采用多机并用方案可以提高集中控制的可靠性,但这样就要增加投资。

1970 年以后进入了大量推广和分级控制阶段。现代一些工业的高度连续化、大型化的特点,仅仅实现局部范围内的孤立的控制,是难以取得显著效果的,必须使用系统工程方法实现综合管理和最优控制。这种控制方式称为分级分散型计算机控制系统。特别是微型计算机具有高可靠性、价格便宜、使用方便灵活等特点,为分散型计算机控制系统的发展创造了良好的条件。

目前,计算机的应用已使自动化发展到一个高级的阶段,一些新型的设备和生产方式

正在逐步推广应用,像工业机器人、柔性生产系统(FMS)等,必将带来更加显著的经济和社会效益。

### § 1.1 计算机控制的一般概念

计算机控制系统由计算机和被控制对象两大部分组成。工业生产中的自动控制系统,随控制对象、控制规律和所采用的控制器结构的不同而有很大的差别。一般的自动控制系统中,为了获取控制信号,要将被控制量  $y$  与给定值  $W$  相比较,以构成误差信号  $e=W-y$ 。直接利用误差  $e$  进行控制,使系统趋向减小误差,以至使误差为零,从而达到使被控制量  $y$  趋于给定值  $W$  的控制目的。这种控制,由于被控制量是控制系统的输出,被控制量的变动着的值又反馈到控制系统的输入端,与作为系统输入量的给定值相减,所以称为闭环负反馈系统,如图 1-1(a)所示。

从图 1-1(a)可知,该系统通过测量元件对被控对象的被控参数(如温度、压力、流量、转速、位移等)进行测量,由变换发送单元将被测参数转换成一定形式的电信号,反馈给控制器。控制器将反馈回来的信号与给定信号进行比较,如有误差,控制器就产生控制信号驱动执行机构工作,使被控参数的值与给定值保持一致。这种负反馈控制,是自动控制的基本形式。

图 1-1(b)是开环控制系统,它与闭环控制系统不同的是不需要被控对象的反馈信号。它的控制器直接根据给定信号去控制被控对象工作。这种系统不能自动消除被控参数偏离给定值带来的误差。控制系统中产生的误差全部反映在被控参数上。它与闭环控制系统相比,控制性能要差。

由图 1-1 可以看出,自动控制系统的基本功能是信号的传递、加工和比较。这些功能是由检测变送装置、控制器和执行装置来完成的。控制器是控制系统中最重要的部分,它从质和量的方面决定了控制系统的性能和应用范围。

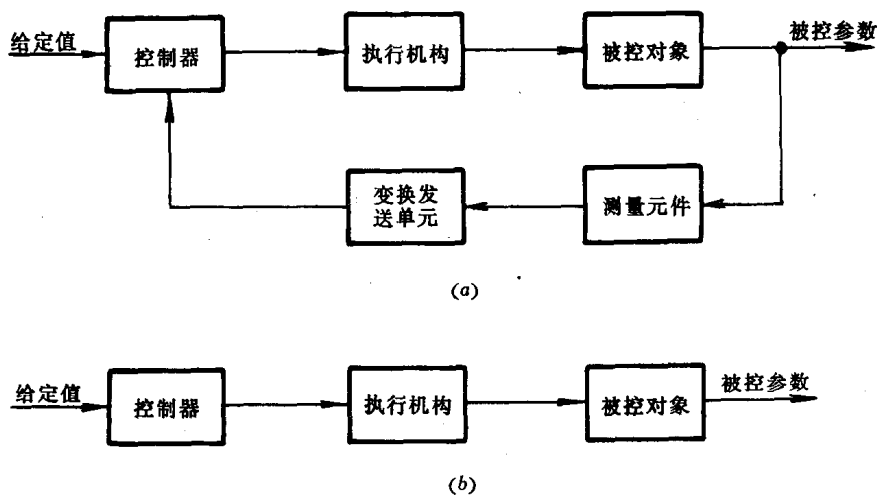


图 1-1 控制系统的一般形式

(a) 闭环控制系统框图; (b) 开环控制系统框图。

如果把图 1-1 中的控制器用计算机来代替,这样就可以构成计算机控制系统,其基本框图见图 1-2。如果计算机是微型计算机,就组成微型计算机控制系统。计算机控制系统和一般自动控制系统一样,也有开环和闭环两种。

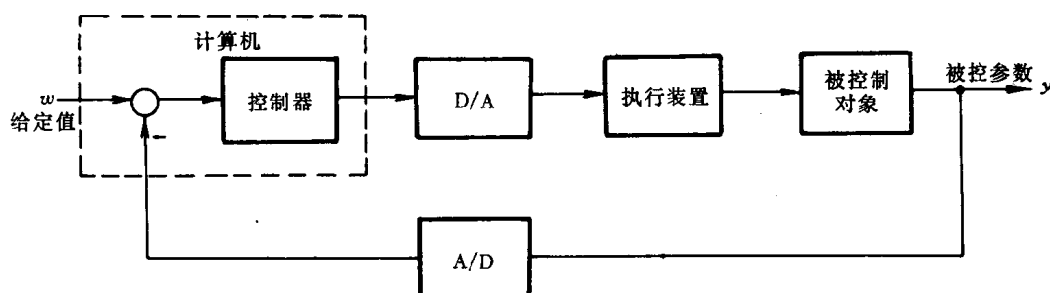


图 1-2 计算机控制系统基本框图

控制系统中引进计算机,就可以充分运用计算机强大的计算、逻辑判断和记忆等信息加工能力。只要运用微处理器的各种指令,就能编出符合某种控制规律的程序。微处理器执行这样的程序,就能实现对被控参数的控制。而在一般的控制系统中,系统的控制规律是由硬件电路产生的,改变控制规律就要改变硬件电路。而在计算机控制系统中,控制规律的改变只要改变程序就可以了。

在计算机控制系统中,计算机的输入和输出都是数字信号,因此,在这样的控制系统中,需要有将模拟信号转换为数字信号的 A/D 转换器,以及将数字控制信号转换为模拟控制信号的 D/A 转换器。

计算机控制系统,从本质上来看,它的控制过程可以归结为以下三个步骤:

- 1) 实时数据采集 对被控参数的瞬时值进行检测,并输入。
- 2) 实时决策 对采集到的表征被控参数的状态量进行分析,并按已定的控制规律,决定进一步的控制过程。
- 3) 实时控制 根据决策,适时地对控制机构发出控制信号。

上述过程不断重复,使整个系统能够按照一定的动态品质指标进行工作,并且对被控参数和设备本身出现的异常状态及时监督并作出迅速处理。对微处理器来讲,控制过程的三个步骤,实际上只是执行算术、逻辑操作和输入、输出操作。

上面所讲的计算机控制系统的一般概念中,计算机直接连在系统中工作,而不必通过其它中间记录介质,如磁带、磁盘、穿孔带/卡等来间接对过程进行输入/输出及决策。生产过程设备直接与计算机连接的方式,称为“联机”方式或“在线”方式;生产过程设备不直接受计算机控制,而是通过中间记录介质,靠人进行联系并作相应操作的方式,称为“脱机”方式或“离线”方式。离线方式不能实时地对系统进行控制。

所谓“实时”是指信号的输入、计算和输出都要在一定的时间内完成,亦即计算机对输入信息以足够快的速度进行处理,并在一定的时间内作出反应或进行控制,超出这个时间,就失去了控制的时机,控制也就失去了意义。实时的概念不能脱离具体过程。如炼钢炉的炉温控制,延迟 1s,仍然认为是实时的。而一个火炮控制系统,当目标状态量变化时,一般必须在几毫秒或几十毫秒之内及时控制,否则就不能击中目标了。实时性的指标,

涉及到如下一系列的时间延迟：一次仪表的延迟，过程量输入的延迟，计算和逻辑判断的延迟，控制量输出的延迟，数据传输的延迟等等。一个在线的系统不一定是一个实时系统，但一个实时控制系统必定是在线系统。例如，一个只用于数据采集的微型机系统是在线系统，但它不一定是实时系统，而计算机直接数字控制系统，则必定是一个在线系统。

## § 1.2 微型计算机控制系统的一般组成

工业生产过程是连续进行的，应用于工业控制的微型机系统必定是一个实时控制系统，它应该包括硬件和软件两部分。

### 1.2.1 硬件组成

微型计算机(简称微型机)控制系统的硬件一般包括：微处理器(CPU)，内存储器(ROM、RAM)，以模/数转换和数/模转换为核心的模拟量输入/输出通道，开关量输入/输出通道，I/O及人-机联系设备，运行操作台等几部分。它们通过微处理器的系统总线(地址总线、数据总线和控制总线)，构成一个完整的系统，其框图见图 1-3 所示。下面对各部分作简要说明。

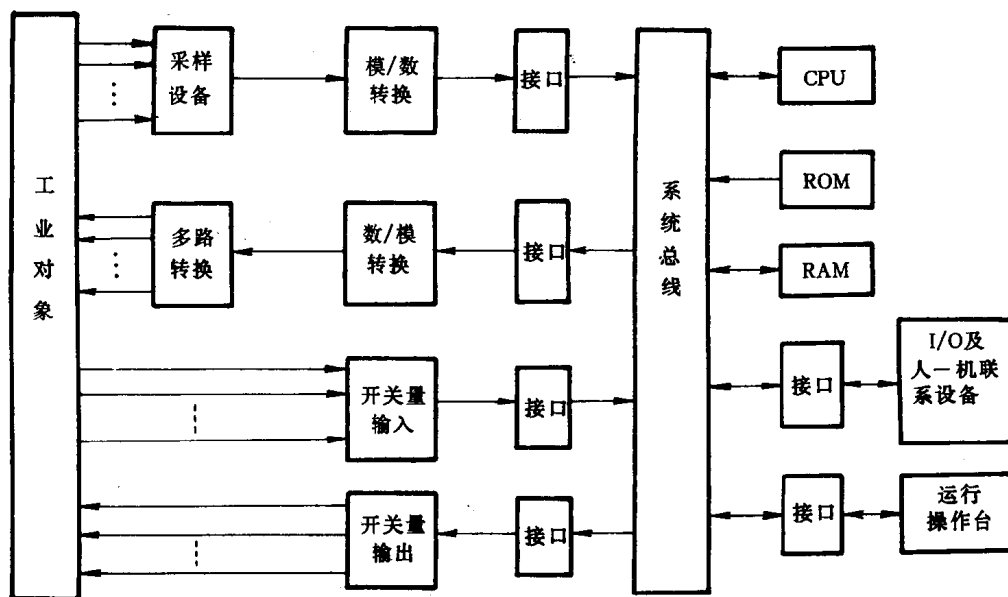


图 1-3 微型机控制系统硬件一般组成框图

### 1. 主机

微处理器是控制系统的核心，它和内存储器一起通常又称为主机。主机根据过程输入通道发送来的工业对象的生产工况参数，按照人们预先安排的程序，自动地进行信息的处理、分析和计算，并作出相应的控制决策或调节，以信息的形式通过输出通道，及时发出控制命令。主机中的程序和控制数据是人们事先根据控制规律(数学模型)安排好的。系统启动后，微处理器就从内存储器中逐条取出指令并执行之。于是，整个系统就按人们事先

设定的规律,一步步地工作。

## 2. 常规外部设备

常规外部设备,按功能可分成三类:输入设备、输出设备和外存储器。外部设备配备多少,要视具体情况而定。

常用的输入设备有键盘、纸带输入机等。输入设备主要用来输入程序和数据。

常用的输出设备有打印机、记录仪、显示器(数码显示器或 CRT 显示器)、纸带穿孔机等。输出设备主要用来把各种信息和数据按人们容易接受的形式,如数字、曲线、字符等提供给操作人员,以便及时了解控制过程的情况。

外存储器,如磁带装置、磁盘装置,兼有输入、输出功能,它们主要用来存储系统程序和有关数据。

## 3. 输入输出通道

过程输入输出通道,又称过程通道。工业现场的过程参数一般是非电量的,需经传感器(称一次仪表)变换为等效的电信号。为了实现计算机对生产过程的控制,必须在计算机和生产过程之间设置信息的传递和变换的连接通道,这就是过程输入输出通道。它是生产过程控制特殊要求的。

过程通道一般分为:模拟量输入通道、模拟量输出通道、开关量输入通道、开关量输出通道。它们的详细情况将在后面用专门章节叙述。

检测变送单元和执行单元,归属于自动化仪表,系统设计人员对它们应当有一般的了解 and 选用的知识。

## 4. 接口电路

外部设备和过程通道是不能直接由主机控制的,必须由“接口”来传送相应的信息和命令。

微型机控制系统的接口,根据应用不同,有各种不同的接口电路。从广义上讲,过程通道属于过程参数和主机之间的专用接口。这里讲的接口是指通用接口电路,一般有并行接口、串行接口和管理接口(包括中断管理、直接存取 DMA 管理、计数/定时等)。

对微型机控制系统的设计人员来说,应能在众多的集成化、标准化可编程序接口电路中,熟练地选择接口电路并配上简单的硬件,组成完整的符合要求的接口。

## 5. 运行操作台

每台微型机原来都有一套键盘控制台,它是用来直接与 CPU 进行“对话”的。程序员可用这个控制台来检查程序;当主机硬件发生故障时,维修人员可以利用这个控制台判断故障。生产过程操作人员若不了解该控制台的使用细节,一旦出现差错就会造成不良后果。

过程控制的操作人员必须与微型机控制系统进行“对话”以了解生产过程状态,有时还要修改控制系统的某些参数,以及在发生事故时进行人工干预等等。

所以,微型机控制系统一般要有一套专供运行操作人员使用的控制台,称为运行操作台,其基本功能如下:

1)要有一个显示屏幕或荧光数码显示器,以显示操作人员要求显示的内容或报警信号。

2)要有一组或几组功能扳键(或按钮),扳键旁应有标明其作用的标志或字符,扳动扳键,主机就能执行该标志所标明的动作。

3)要有一组或几组送入数字的扳键,用来送入某些数据或修改控制系统的某些参数。

4)运行操作人员即使应用错误,也不应造成严重后果。对于运行控制台,也可以设计成键盘式的,或者把主机的控制台适当扩充,与主机控制台结合在一起。

但不论是哪种形式,都要有适当的硬件和接口,再配上人一机联系程序才能实现。

### 1.2.2 软件组成

微型机控制系统的硬件,只是控制系统的躯体,而各种程序则是控制系统的大脑和灵魂,通称为软件。它是人的思维与机器硬件之间的桥梁。软件的优劣关系到计算机的正常运行、硬件功能的充分发挥和推广应用。程序系统一般包括操作系统、监控程序、程序设计语言、编译程序、检查程序及应用程序等。软件通常分为两大类:一类是系统软件,另一类是应用软件。由于计算机系统硬件的迅速发展和应用领域的不断扩大,故系统软件和应用软件发展也很快,且种类繁多。

不同的控制对象和不同的控制任务在软件组成上有很大的区别。在均衡系统硬件和软件功能,确定系统硬件后,才能确定如何配置软件。在微型机控制系统中,每个控制对象或控制任务都一定要配有相应的控制程序,用这些控制程序来完成对各个控制对象的不同要求。这种为控制目的而编制的程序,通常称为应用程序。应用程序一般是由用户自己来编写的。用户到底采用哪一种语言来编写应用程序,主要取决于控制系统软件配备的情况和整个系统的要求。

在控制系统中,应用程序是一个直接的控制程序,而其它的程序往往是为它服务的。所以,应用程序的优劣将会给系统的精度和效率带来很大的影响。

从系统功能角度来分,除作为核心的监控程序外,可分为前沿程序、服务性程序和后沿程序三部分。前沿程序是指那些直接与控制过程有关的程序,即这些程序直接参与系统的控制过程,这是保证系统完成基本工作的部分;服务性程序是指微型机对所有外围设备控制和人一机联系等工作的程序。这些程序有时也归属监控程序,它和控制过程没有直接关系,但它承担的工作是系统所不可少的;后沿程序是指那些与系统控制过程完全无关的部分,如对系统各种硬件和软件进行考核的程序,它们的工作只是保证系统能可靠地运行,而且这些程序只是利用系统控制过程所留下的空隙时间来运行的,不和其它程序一起参与对微型机资源的竞争。一个小规模的控制系统,至少包括最初级的监控程序和一个前沿程序。

### § 1.3 微型计算机在控制中的典型应用方式

工业用微型机控制系统与所控制的生产过程的复杂程度密切相关,不同的控制对象和不同的要求,应该有不同的控制方案。现从应用特点、控制目的出发,简述几种典型应用。