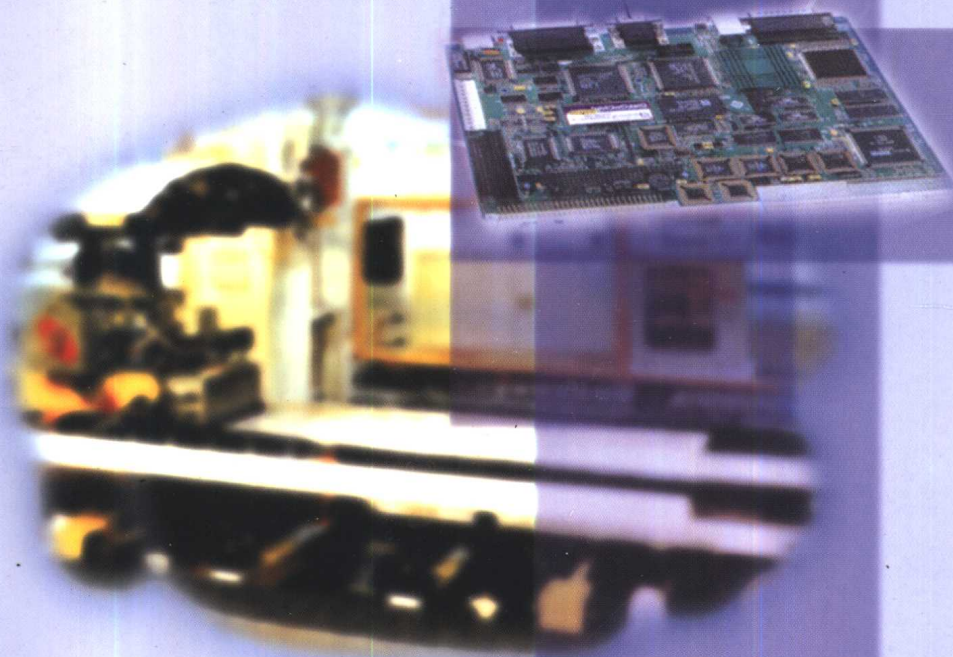


机械系统 计算机控制

钟约先
林 亨 编著



清华大学出版社
<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

机械系统计算机控制

钟约先 林 亨 编著

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

本书系统地讲述了机械系统计算机控制的基本原理、基本组成、系统设计和实现方法,并对数控加工技术、工业机器人和现代制造系统作了概要介绍。全书正文共分 8 章,内容分别是概论、工业控制计算机(包括 STD 总线工控机、工业 PC、可编程序控制器、单片机等),机械参数检测及与计算机接口电路,驱动元件及其计算机控制,机械系统计算机控制的设计,计算机数控加工技术,工业机器人,制造系统的控制与管理。有些章节带有附录,以便读者查阅。

本书可作为高等院校理工科机械类研究生或本科生的教材,也可供从事机电一体化工作的工程技术人员参考。本书作者另有一张光盘《工业控制机原理及应用》已由清华大学出版社出版,可与本教材配套使用。

书 名: 机械系统计算机控制

作 者: 钟约先 林亨 编著

出版者: 清华大学出版社(北京清华大学学研大厦,邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

印刷者: 世界知识印刷厂

发行者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 787×1092 1/16 **印张:** 31.75 **字数:** 753 千字

版 次: 2001 年 4 月第 1 版 2001 年 4 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-04224-1/TH·89

印 数: 0001~3000

定 价: 36.00 元

前 言

随着计算机技术、信息技术的迅速发展,以及它们在机械制造业的广泛应用,机电一体化技术以及新形成的现代制造技术和系统已成为我国机械制造业发展的方向和趋势。机、电、液的有机结合,大大提高了企业的产品质量和生产效率,增强了企业的市场竞争力。普及机电一体化的知识和技术,培养了解和掌握机电一体化技术的人才,促进我国机械制造业的发展,是编写这本书的宗旨。

本书是在作者总结大学中机械系统计算机控制课程多年的教学和科研经验,并收集了 90 年代以来大量的最新发展资料,以及参考有关这一方面最新书籍的基础上编写的。在编写过程中,力求做到内容安排上的系统性、先进性和实用性,编写方法上能够深入浅出、图文并茂和避免繁琐枯燥的理论公式推导,有些章节还提供了相关资料,以便实际使用时能够方便地查阅。

全书共分 8 章,第 1 章概论;第 2 章工业控制机的工作原理,介绍了几种当前流行的工业控制机,包括 STD 总线工控机、工业 PC、可编程序控制器(PLC)、单片机;第 3 章机械参数检测及与计算机的接口电路;第 4 章常用的驱动元件及其计算机控制原理;第 5 章机械系统实现计算机控制的设计方法和抗干扰技术;第 6 章计算机数控加工技术;第 7 章是有关工业机器人及其控制的简要介绍;第 8 章在前面各章的基础上,介绍了现代制造系统的控制和管理。

本书可以作为高等学校机械类专业的研究生、本科生学习有关机械系统计算机控制的原理和应用内容的教材或教学参考书,也可作为从事该领域工作的工程技术人员自学提高的参考书。学习本书需要具备模拟电路、数字电路和微型计算机原理的预备知识。

本书第 1、4、5 章,第 8 章第 3 节由钟约先老师编写;第 2、3、6、7 章,第 8 章第 1、2 节由林亨老师编写。其中第 2 章和第 6 章的编程实例由袁守华老师提供。全书统稿由林亨老师完成。

由于作者水平有限,加上计算机更新换代很快,本书难免出现错误与不足,敬请读者批评指正。

作 者

2000 年 4 月

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 机电一体化的概念和发展概况	1
1.2 机电一体化的机械系统的组成	2
1.3 机电一体化的机械系统的评价	4
1.4 机械系统实现机电一体化的方法	5
第 2 章 工业控制计算机	6
2.1 概述	6
2.1.1 工业现场计算机控制的特点和要求	6
2.1.2 工业控制计算机的组成及工作原理	6
2.1.3 工业控制计算机的总线结构	7
2.1.4 工业控制计算机种类及其发展	12
2.2 STD 总线工业控制机	14
2.2.1 STD 总线工业控制机的特点	14
2.2.2 STD 总线工业控制机系统配置	17
2.2.3 STD 总线工业控制机模板介绍	19
2.2.4 控制系统软件	28
2.3 工业 PC	30
2.3.1 工业 PC 的发展	30
2.3.2 工业 PC 的特点	30
2.3.3 工业 PC 产品系列	31
2.3.4 工业控制组态软件	52
2.3.5 新一代嵌入式工业控制计算机——PC/104 工业 PC	53
2.4 可编程序控制器(PLC)	57
2.4.1 可编程序控制器概述及工作原理	57
2.4.2 OMRON C200H 可编程序控制器	70
2.4.3 OMRON CQM1 可编程序控制器	101
2.4.4 Square D 可编程序控制器	118
2.5 单片机	171
2.5.1 单片机概述	171
2.5.2 MCS-51 单片机	172
2.5.3 MCS-96 系列单片机	188
2.5.4 单片机系统扩展及应用	220

2.5.5 单片机开发系统简介	228
第3章 机械参数检测与接口电路	231
3.1 概述	231
3.2 传感器定义及分类	231
3.3 常用的传感器	233
3.3.1 机械式传感器	233
3.3.2 电阻式传感器	234
3.3.3 电感式传感器	236
3.3.4 压电式传感器	236
3.3.5 磁电式传感器	236
3.3.6 半导体敏感元件	237
3.3.7 其他类型检测技术	240
3.4 现代传感器——集成传感器与智能传感器	241
3.5 对传感器的要求	241
3.6 机械参数检测	242
3.6.1 位移的测量	242
3.6.2 速度的测量	247
3.6.3 力和压力的测量	249
3.6.4 流量的测量	252
3.6.5 温度的测量	254
3.6.6 开关型信号及其检测	256
3.7 检测传感器与计算机的接口技术	260
3.7.1 开关量接口电路	261
3.7.2 数字量接口电路	265
3.7.3 模拟量输入输出接口电路	267
第4章 驱动元件及其计算机控制	278
4.1 步进电机和驱动电源	278
4.1.1 步进电机的结构和工作原理	278
4.1.2 步进电机的基本特性	280
4.1.3 步进电机驱动电源	281
4.1.4 步进电机的计算机控制	289
4.1.5 步进电机的选择	291
4.2 直流伺服电机及其控制	292
4.2.1 伺服系统的要求	292
4.2.2 直流伺服电机结构和速度控制原理	293
4.2.3 直流伺服电机的基本特性	294

4.2.4	直流伺服电机的种类和主要技术参数	296
4.2.5	直流伺服电机的速度控制	299
4.2.6	直流电机位置伺服控制系统	306
4.3	交流伺服电机及其控制	310
4.3.1	交流伺服控制的发展	310
4.3.2	交流伺服电机的结构和工作原理	311
4.3.3	感应式电机的速度控制	312
4.3.4	感应式电机的矢量控制	317
4.3.5	逆变器	321
4.4	液压、气动阀及其控制	327
4.4.1	液压系统的基本原理和液压阀的分类	327
4.4.2	开关型电动液压阀	329
4.4.3	模拟量型电动液压阀	330
4.4.4	液压阀的计算机控制	334
第5章	机械系统计算机控制的设计	336
5.1	计算机控制系统的组成	336
5.1.1	计算机控制系统的组成	336
5.1.2	计算机控制系统的基本要求	338
5.2	计算机控制系统的设计步骤	339
5.3	控制系统硬件设计	342
5.3.1	硬件设计	342
5.3.2	设计举例	345
5.4	控制系统软件设计	348
5.4.1	软件设计	348
5.4.2	设计举例	353
5.5	控制系统抗干扰设计	354
5.6	控制系统的故障检测和处理	360
第6章	计算机数控加工技术	366
6.1	机械系统的控制方式	366
6.2	数控制造系统的分类	366
6.3	数控机床的结构	368
6.4	计算机数控(CNC)系统	369
6.4.1	概述	369
6.4.2	CNC装置的硬件结构	370
6.4.3	CNC系统软件	371
6.4.4	CNC装置的插补算法	374

6.4.5	CNC 装置的工作过程	375
6.4.6	CNC 装置的功能	375
6.5	数控加工的程序编制	377
6.5.1	CNC 机床的坐标系和参考点	377
6.5.2	数控编程的工艺处理	380
6.5.3	手工编程	382
6.5.4	图形交互自动编程	403
第 7 章	工业机器人	408
7.1	概述	408
7.1.1	工业机器人定义	408
7.1.2	工业机器人的种类	408
7.1.3	工业机器人的系统组成及工作过程	409
7.2	工业机器人的机械结构	411
7.3	工业机器人的驱动系统及控制系统	414
7.3.1	驱动系统	414
7.3.2	控制系统	414
7.4	工业机器人实例	422
7.4.1	Mr. AROS 弧焊机器人	422
7.4.2	FANUC 工业机器人	426
第 8 章	制造系统的控制与管理	430
8.1	物流系统控制与管理	430
8.1.1	概述	430
8.1.2	物流设备	431
8.1.3	物流系统管理	437
8.2	柔性制造系统(FMS)	439
8.2.1	FMS 基本概念及其组成	439
8.2.2	制造单元	441
8.2.3	自动化仓库和运输系统	443
8.2.4	中央操作管理系统	444
8.3	计算机集成制造系统	446
8.3.1	CIMS 的基本概念	446
8.3.2	CIMS 的构成与控制结构	447
8.3.3	CIMS 管理信息系统	450
8.3.4	CIMS 网络系统和数据库	456
附录 1	C200H PC 指令系统一览表	463

附录 2	C200H PC 指令执行时间	479
附录 3	Square D PLC Model 400 指令一览表	484
附录 4	MCS-51 系列单片机的指令表	489
附录 5	MCS-96 指令表	493
附录 6	MCS-96 指令操作码与状态时间表	496

第 1 章 概 论

1.1 机电一体化概念和发展概况

随着计算机技术,特别是大规模集成电路制造技术的不断发展,计算机日益小型化,功能增强,抗干扰能力提高,而且价格日益便宜,这就为计算机应用于工业生产现场控制创造了条件。20 世纪 80 年代中期以来,计算机特别是微型计算机已日益广泛应用于机械产品和生产过程的控制,使机、电、液有机地结合,发展成机电一体化技术。机电一体化技术的应用,给机械行业带来了显著的效益,提高了生产率,提高了产品的性能和质量,降低了原材料消耗,节约了能源,减轻了操作工人的劳动强度,增强了企业在市场中的竞争力。

“机电一体化”在国外称为“机械电子学”。这一名称开始于日本,后来为欧美等国家所接受。对于机电一体化,目前国际上尚没有一个公认的、统一的定义,下面仅列举日本几个组织对其内涵的阐述。

日经产业新闻:“电子技术的电子学与机械技术的机械学相结合的技术进步的总称。”

富士通法纳克公司:“将机械学和电子学有机结合而提供的更为优越的技术。”

日本机械技术研究所:“机械电子学一词,意味着机电一体化技术或者机电、机信一体化技术。由于把电子学应用到机械系统中,可望从硬件和软件两方面实现高度化的机械功能,甚至达到赋予全新功能的目的。”

上述这些定义因出发点和着重点不同而有所区别,但总的来说,机电一体化的基本概念应包括如下两个方面的含义。

(1) 机电一体化技术是机械技术和电子技术有机结合而形成的一种高技术。这里强调机械技术和电子技术的有机结合,不是简单地用电子设备代替部分机械结构,或孤立地发挥两种技术各自的长处,而是两种技术有机结合产生的新的思维方法和技术手段。

例如,如何提高机床进给系统的定位精度问题,如图 1.1-1 所示。

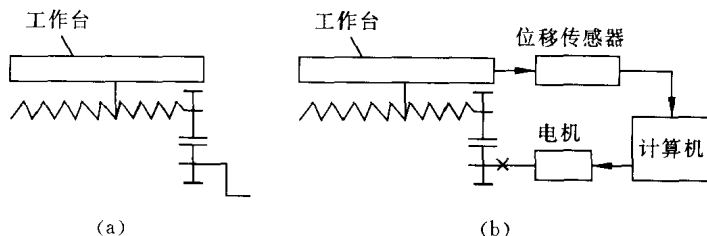


图 1.1-1 机床进给系统的定位

工作台的移动是通过齿轮、丝杠螺母来驱动的,由于齿轮、丝杠螺母之间存在的间隙,要提高机床进给系统的定位精度,传统的机械方法是靠提高齿轮、丝杠螺母的加工精度和

安装精度来实现(图 1.1-1(a)),导致机床制造成本大大的提高。采用机电结合的方法,如图 1.1-1(b)所示,用位移传感器实时检测工作台的实际位置,将位移信息输入到计算机,计算机对定位误差进行修正或补偿,然后发出控制命令,启动电机驱动工作台移动,实现进给系统的准确定位。这样,在齿轮、丝杠螺母的加工精度不变的情况下,却大大提高了进给系统的定位精度。

(2) 信息处理技术是机电一体化技术中必不可少的部分。一个机械系统实现计算机控制,例如 NC、CNC 控制(computerized numerical control,计算机化数字控制),由于其具有信息自动处理功能,才能对生产过程出现的各种情况,按照预先规定的控制规律,自动地实时地进行分析处理,发出相应的控制指令,达到预定的目标,实现生产过程的自动化。

例如,对驱动元件直流电机的速度控制问题,如图 1.1-2 所示,速度传感器实时检测直流电机的实际转速,然后输入到计算机,通过计算机的分析和处理,根据预先确定的控制方法,发出控制指令,改变直流电源的输出电压和电流,使直流电机的速度保持恒定。在这里,计算机的信息分析和自动数据处理起着核心的作用。



图 1.1-2 直流电机的速度控制

传统的机械制造技术与计算机技术、信息技术相结合,不仅促使生产经营模式的发展和变革,而且促进开发性能优越的、机电相结合的机械产品,创造新的制造工艺和加工手段,大大提高企业的市场竞争力。机电一体化技术在机械制造业中的应用,大致经历了参数数显、硬件数控(NC 控制),计算机数控(CNC 控制),柔性生产系统(FMS),计算机集成制造系统(CIMS),虚拟制造系统(VMS)等过程,使加工制造技术与生产经营模式紧密结合,形成现代制造技术和系统。

1.2 机电一体化的机械系统的组成

机电一体化的机械系统一般由 5 个部分组成,如图 1.2-1 所示。各个部分的功能和作用如下:

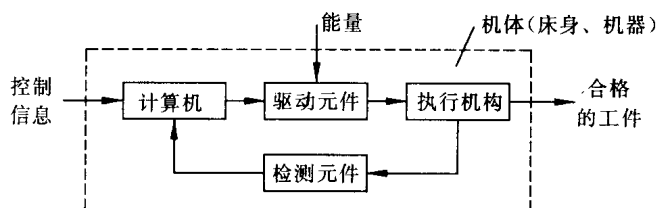


图 1.2-1 机电一体化机械系统的组成框图

① 执行机构 完成特定的加工任务,如零件的加工或物料的输送。执行机构直接与加工对象接触。根据不同的用途,执行机构具有不同的工作原理、运动规律、性能参数和结构形状,如车床、铣床、压力机、送料机械手等,结构上千差万别。

② 驱动元件 与执行机构相连接、给执行机构提供动力的部件,并控制执行机构启动、停止和换向。驱动元件的作用是完成能量的供给和转换。常用的机电一体化机械系统的驱动元件有步进电机、直流伺服电机、交流伺服电机和液压(气动)油缸、油马达及其控制阀。

③ 检测元件 对执行机构的运动参数、加工状况进行实时检测的元件。参数的检测是选用合适的传感器来完成的,被检测的机械参数通常有位移、速度、加速度、转角、压力、流量、温度等。

④ 计算机 机电一体化机械系统的核心部件,其作用是完成加工过程的控制,协调机械系统各部分的运动,具有分析、运算、实时处理功能。目前用于工业现场控制的计算机有:可编程控制器(PLC)、STD 总线工业控制机、工业微机(PC)、单片微机以及专用控制计算机。

⑤ 机体 将以上各个部分组装成一个有机整体的支撑构架,如机床床身。由于各种机械系统的目的和用途不同,其机体的形状、尺寸也不同。

机电一体化机械系统的基本工作原理是,操作人员将加工信息(如尺寸、形状、精度等)输入到控制计算机,计算机发出启动命令,启动驱动元件运转,带动执行机构进行加工。检测元件实时检测加工状态,将信息反馈到计算机,经计算机分析、处理后,发出相应的控制指令,实时地控制执行机构运动,如此往复进行,自动地将工件按输入的加工信息完成加工。

机电一体化机械系统各组成部分之间的连接匹配部分,称为接口。接口分为两种,机械与机械之间的连接称为机械接口。电气与电气之间的连接称为接口电路。如果两个组成部分之间相匹配,则接口只起连接作用。如果不相匹配,则接口除起连接作用外,还须起某种转换作用,如连接机床主轴和电机的减速箱,连接传感器输出信号和模数转换器的放大电路,这些接口既起连接又起匹配的作用。

由于不同的工件,其被加工制造的原理和工艺过程不同,执行机构的结构、形状和尺寸存在很大差别,但由执行机构组成的机械系统实现计算机控制的原理和组成却是基本相同的,且具有共同点,其组成框图如图 1.2-2 所示,由检测元件(输入信号部分)、计算机(分析、处理和输出控制部分)、驱动元件(输出控制部分)三部分组成。以下各章将对工业控制计算机的种类和工作原理、检测传感器及接口电路、驱动元件及驱动电源、计算机控制系统的设计、现代制造系统作详细的阐述,使读者能基本掌握机械系统计算机控制的基本原理和实现方法。

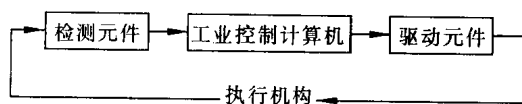


图 1.2-2 计算机控制系统的组成

1.3 机电一体化的机械系统的评价

对一个机电一体化的机械系统的性能评价,主要看其是否能满足工作要求、工作的可靠性和稳定性、生产率的高低、自动化程度,以及可制造性、可维护性和可操作性等方面,评价指标一般分为3类。

1. 基本指标

基本指标是指一个机电一体化的机械系统完成对原材料的加工制造、生产出合格工件所必须具备的性能参数指标,具体内容有:

(1) 运动参数指标:根据加工原理和工艺过程所必须达到的速度、行程、运动轨迹、运动方向和启停位置等。

(2) 动力参数指标:根据加工原理、工艺过程和加工工件的尺寸所必须达到的输出动力的大小,如力、转矩、功和功率等。

(3) 表征运动参数和动力参数的品质指标:如运动轨迹的精度、行程精度、速度的稳定性、力和转矩的可调性或恒定性等。

基本指标以能满足用户的使用要求为度,以能加工制造出合格的工件为标准,不是越高越好。基本指标的提高,将导致投资的增加。

2. 优化指标

优化指标是同类产品对比中的评价指标。主要有生产率、柔性度、自动化程度、设备的可靠性和稳定性、成本等。通常是在满足基本指标的前提下,优化指标越高,而且制造成本越低,则表明该机械系统具有较高的性能价格比。优化指标一般可采用数学规划论的方法进行评估。

3. 其他指标

其他指标是指除基本指标、优化指标以外的评价指标,涉及的有机械系统的加工工艺性、可操作性、可维护性等方面内容,具体如下:

(1) 工艺性指标:是表征产品制造的加工工艺性和可维护性指标,设计的机电一体化产品应容易制造、便于维修。

(2) 人类工程学指标:是表征人与机器之间关系的指标,指人类在生产和生活过程中所表现出来的卫生学、体型测量学、生理学和心理学等方面对机械产品提出的综合性要求。人在操作使用机械产品过程中,往往要求安全舒适、操作简便和容易。

(3) 美学指标:是表征产品外观的指标。

(4) 标准化指标:是表征机械产品中元部件的标准化程度。一个机械产品,其标准化程度越高,则加工制造、装配和维护越容易,所需的费用就越低。

对机电一体化机械系统的评价,是一个综合评估过程,其评估结果因用户的使用要求、强调的侧重面不同而有所不同。

1.4 机械系统实现机电一体化的方法

在改造旧机械产品或设计新的机械产品中,充分利用机械技术和电子技术有机结合而提供的新的技术手段,可以收到简化机械结构、扩充产品功能、提高加工质量、提高机械产品的自动化程度和生产率的效果。对机械系统实现机电一体化的方法,归纳起来有如下3种方法:

1. 取代法

这种方法常应用于利用电子技术、计算机技术改造旧的机械设备中。旧的机械设备通常是以机械结构、强电控制为基础的。在改造中,可以用适当的通用或专用的电子设备来取代其中某些功能部件或功能子系统。

最容易取代的功能部件是控制器,通常用工业控制计算机来取代凸轮、离合器、脱落蜗杆等机械式控制机构,以及取代步进开关、程序鼓、时间继电器等继电器接触器控制逻辑的强电控制器,再配上适当的传感器进行参数检测,与计算机相配合,组成反馈式闭环控制系统,不但简化了机械结构,而且提高了产品的产量和质量,提高了设备的自动化程度。由于加工工艺过程是由计算机软件来控制的,从而大大增强了设备的生产柔性。

2. 融合法

这种方法常用于新的机械产品的设计。在新产品的设计中,要充分利用机械技术和电子技术有机结合的新的思维方法和新的技术手段,设计出机电融合的全新结构。目前,国际上许多公司如德国 SIEMENS 公司、日本的 FANUC 公司等,已将某一功能部件或几个功能部件合成一个部件,推出商品化、标准化、系列化的产品。如针对不同用途的系列化的计算机控制器;将直流伺服电机与检测元件作为一个整体,配上相应的驱动电源,形成系列化的直流伺服单元;将电机与减速器作为一个整体,形成电机驱动及减速单元,等等。新产品设计时,选用这些商品化产品,使得设计的新产品结构紧凑、精度得到保证、接口简单、安装和维修方便。

3. 组合法

在融合法的基础上,将功能部件或模块,像搭积木一样,根据不同的工作要求,组合成不同的机电一体化的机械产品。如设计机器人,可以将机器人的关节驱动元件、检测元件和控制器做成一个驱动功能模块。根据所设计的机器人的运动的轴数要求,选用与其轴数相同数量的驱动功能模块,就可以实现机器人的动作要求,这一方法可以缩短产品的设计与研制周期,节约工装设备费用,保证精度,而且便于使用和维修。

第 2 章 工业控制计算机

2.1 概 述

2.1.1 工业现场计算机控制的特点和要求

计算机尤其是微型计算机在各行各业的应用日益普及,工业控制领域也不例外。最初,计算机仅用于科学计算、数据处理和办公自动化。随着工业生产现代化的需要和微电子技术的迅速发展,应用微型计算机来进行工业生产过程控制成为提高生产自动化水平,提高生产率,实现工业现代化的重要途径和标志。然而,工业控制系统往往要求长期连续运行,工业生产现场的环境常常很恶劣:高温、高湿、高寒、大振动、强冲击、强电磁干扰、大粉尘等。因此,适应工业现场应用而开发的工业控制计算机必须满足以下几点要求:

- ① 高可靠性,以适应工业现场十分恶劣和复杂的工作条件;
- ② 具有实时响应处理能力,以满足工业生产过程实时控制要求;
- ③ 有丰富的可与工业生产现场信号相连接的工业接口;
- ④ 控制系统结构应能组配灵活,易于扩展;
- ⑤ 有先进的系统软件和应用软件,便于开发。

20 世纪 60 年代开始,尤其是 70 年代以来,各种类型的适用于工业生产过程控制的工业控制计算机应运而生。

2.1.2 工业控制计算机的组成及工作原理

用计算机来实现工业生产过程控制的系统,包括两大部分,即工业控制计算机和工业生产设备。其组成框图如图 2.1-1 所示。

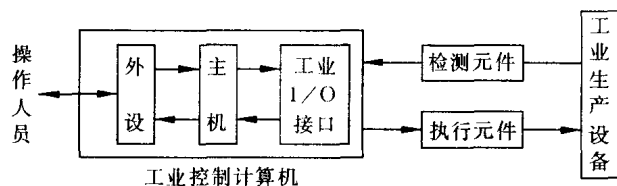


图 2.1-1 计算机控制系统组成框图

图中,工业输入输出(I/O)接口在计算机和工业生产过程之间起着联系和桥梁的作用,它完成以下两个基本功能:

- ① 输入接口把生产过程的各种参数和执行机构的运行状态,转换成计算机能够识别和接收的信号,并输入给计算机,以便计算机进行运算处理;
- ② 输出接口把计算机根据算术和逻辑运算的结果发出的各种控制命令,转换成操作执行机构的控制信号,以便通过执行机构去控制生产过程。

工业 I/O 接口,包括数字量(如拨码开关、数字显示器)的 I/O 接口,模拟量(如压力、行程、温度等)的 I/O 接口和开关量(如开关、按钮、指示灯)的 I/O 接口。

外设包括计算机专用的 I/O 设备(键盘、显示器、磁盘驱动器、打印机等)。外设可以实现人机交互作用,并通过此来实现对生产过程控制的人工干预,如启停操作、查询结果、修改程序等。

主机是计算机控制系统的核心,其主要任务是:将由工业输入接口送来的生产过程工况参数和操作人员通过外设送来的控制信息按照预先确定的数学模型和控制算法,进行分析、计算和判断;然后将数学运算和逻辑判断的结果向输出接口发出控制命令,以便控制工业对象的生产过程,并向外设发出系统信息,与操作人员通讯联系。

主机、外设和工业 I/O 接口构成了计算机控制系统的硬件部分。此外,还必须配备功能完善的软件。软件系统是计算机控制系统的灵魂,是实现生产过程控制的关键。计算机控制系统的软件可分为系统软件和应用软件两个部分。系统软件包括计算机本身的操作系统和监控系统等系统程序,它带有一定的通用性,由计算机生产厂家提供。应用软件就是实现生产过程控制的应用程序(用户程序),它具有专用性,由用户根据控制要求研制。

2.1.3 工业控制计算机的总线结构

目前,用于工业生产过程控制的工业控制计算机主要有 STD 总线工业控制机,工业 PC,可编程序控制器(PLC)以及 90 年代才推出的 PC/104 总线嵌入式工控机等。近年来,工业控制机的发展几乎都采用了开放式、标准化总线结构,这些总线在电气和机械结构方面有明确的定义和标准公之于众(如 STD 总线标准为 IEEE961,PC 总线标准为 IEEE996)。在介绍各种工业控制微机之前,先对微型计算机的总线作一概要介绍。

1. 微型计算机的总线

计算机总线是计算机模块间传递信息的通道。任何系统的研制和外围模块的开发,都必须服从一定的总线规范。

按照总线的规模、用途及应用场合,总线可分为片总线、内总线和外总线三类。

① 片总线 即元件级总线。如 Z80 系统中的地址总线、控制总线和数据总线就是片总线。

② 内总线 又称系统总线或板级总线,也就是通常所说的微型机系统总线。在微型计算机机箱中,除了一块主板(主要是 CPU 主板)外,往往还有一些插入主板的扩展槽中的插件卡,如扩展存储器卡、CRT 接口卡、磁盘驱动器接口卡、打印机接口卡等。为了通用及扩展方便,对这些插槽中每一个引脚的信号名称及电气特性都作了统一规定,即通常所说的总线标准。例如 S-100 总线,STD 总线,IBM-PC/XT 总线及 PC/AT 总线等都属于这个类型。这种总线用于微机系统内各插件板之间的通讯。由于连线数目多而且距离近,因此采用并行总线。不仅同一系统总线上各插件卡的位置可以互换,而且符合统一总线标准的任何插件卡,都允许插入机箱来扩充系统的功能,因此说它具有开放性。

③ 外总线 又称通讯总线,用于各微机系统间的通讯(如 RS-232C 串行接口总线),和微机与其他系统(仪器设备等)之间的通讯(如 IEEE-488 总线)。

总线的性能指标有如下几方面：

① 总线宽度 即数据总线的数量,用位(bit)表示,有 8 位、16 位、32 位和 64 位之分。
② 标准传输率 在总线上每秒钟传输的最大字节量,用 MB/s 表示,即每秒多少兆字节(1 字节是 8 位)。若总线工作频率 8MHz,总线宽度 8 位,则最大传输率为 8MB/s。若工作频率为 33MHz,总线宽度为 32 位,则最大传输率为 132MB/s。

③ 时钟同步与异步 总线上的数据与时钟同步运行的总线,称同步总线;与时钟不同步的总线称异步总线。这取决于数据传输的两个模块的约定,即源模块和目标模块间的协议约定。

④ 信号线数 表明总线所需信号线数的多少,是地址总线数 A-BUS、数据总线数 D-BUS、控制总线数 C-BUS 的总和。

⑤ 数据总线与地址总线的多路复用和非多路复用 STD 总线、ISA 总线的地址总线和数据总线是物理上分开的两条总线。地址总线传输地址码,数据总线传输数据命令。为了提高总线性能,优化设计,采用了地址线 and 数据线共用一条物理线路,即在某一时刻该线路上传输的是地址信号,而另一时刻传输的是数据信号或总线命令。这种一条总线多种用途的技术,称为多路复用。其总线写作 AD-BUS。

⑥ 负载能力 指可连接的扩增电路板数。

计算机总线从性能上区分可分为高端总线和低端总线。高端总线是指支持 32 位、64 位处理器的总线,倾向于提高处理能力。低端总线一般支持 8 位、16 位处理器,其重点是 I/O 处理,组合灵活。在总线技术方面,可分为传统总线和现代总线。传统总线依赖 CPU 处理器芯片,有的总线实际上就是 CPU 处理器引脚的延伸。而现代总线对 CPU 的依赖性减弱,如 PCI 总线可以不依赖任何 CPU,而且有很好的兼容性,还支持多处理器。STD、IBM-PC/XT 属于低端传统总线,PCI 总线属于高端现代总线。

下面介绍目前流行的几种工业标准总线。

1. STD 总线

STD 总线是 1978 年美国普洛(Pro-Log)公司推出的总线标准,是根据工业控制机的特点和要求设计的。STD 总线共有 56 根,模板为小板结构,模板尺寸为 165mm×114mm。有关 STD 总线的详细说明将在后面有关章节中介绍。

2. IBM-PC/XT 总线和 IBM-PC/AT 总线

以 Intel 公司的 8088 为 CPU 的微型机 IBM-PC/XT 主机采用大板结构,该板又称为系统板,水平放置在机箱内。IBM-PC/XT 机箱内有 7 个扩展插槽,通称为 I/O 通道。每个插槽有 62 芯,分 A(元件面)和 B(焊接面)双面排列,每面各 31 芯。IBM 公司对各总线信号作了明确规定。IBM-PC/AT 总线又称 ISA(industry standard architecture)总线,与 PC/XT 总线向上兼容。图 2.1-2(a)中列出了 IBM-PC/XT 总线信号,而(b)则是 IBM-PC/AT 总线与 PC/XT 兼容的部分,两者不仅插槽完全相同,而且各对应端的信号也兼容。因此 PC/XT 系列的插件卡可以插到 PC/AT 机中使用。PC/AT 总线在 62 芯插槽之外还扩展了一个 36 芯的插槽,也分元件面(C 面)和焊接面(D 面)并排,如图 2.1-3 所示。其主要作用是将 PC/XT 的 8 位数据总线扩展到 16 位。许多 286,386,486 微型计算机都采用 PC/AT 总线。工业 PC 采用的总线标准就是 PC/XT 和 PC/AT 总线标准(ISA