

工业控制计算机系统 ——设计与应用

王常力 编著



电子工业出版社

工业控制计算机系统

——设计与应用

王常力 编著

电子工业出版社

(京)新登字 055 号

内 容 提 要

本书旨在向读者介绍计算机应用系统的一大类——工业控制计算机系统,重点讨论该系统的组成、体系结构和设计方法。全书的内容包括:基本概念、接口信号的处理技术、系统的硬件组成与体系结构、系统软件体系结构,以及控制系统的工程化设计方法和程序实例,最后一章较为详细地介绍了 80386 的软件体系结构和多任务编程。

本书适合于从事计算机工业控制系统的设计与开发人员,维护与使用人员,以及高校有关专业的学生。

2931/09

工业控制计算机系统 ——设计与应用

王常力 编著

责任编辑 秦 梅

*

电子工业出版社出版(北京市万寿路)

电子工业出版社发行 各地新华书店经售

电子工业出版社计算机排版室排版

北京市燕山联营印刷厂印刷

*

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:20.625 字数:528 千字

1993 年 6 月第 1 版 1993 年 6 月第 1 次印刷

印数:8000 册 定价:16.00 元

ISBN 7-5053-2045-9/TP·524

前 言

自从微型计算机问世以来,计算机控制系统得到了飞速的发展。目前,从简单的工业自动控制装置,到大型的工业生产过程和装置,都希望采用计算机进行自动控制和管理。作者一直从事工业控制计算机系统的设计和应用工作,在认真总结了工作中的经验和常见问题的处理方法的基础上,同时参考了若干有关的技术资料和文献,编写了本书。

本书主要目的在于,为用板级产品自行集成系统并开发软件的设计人员提供一些指导或帮助。因此,本书将重点讨论工业控制计算机系统的组成、体系结构和设计方法。本书的内容安排如下:第一章介绍工业控制计算机系统的基本概念。第二章简要介绍各种接口信号的处理技术,包括模拟量、开关量、脉冲量以及中断量信号的输入调理和接口技术。第三章系统地讨论工业控制计算机系统的硬件组成与结构体系。包括总线技术、集中式和集散型计算机控制系统的体系结构。第四章详细地讨论工业控制计算机系统的软件体系结构,包括实时多任务操作系统的概念和结构及其应用,较通用的计算机控制系统软件的组成部分及其实现方法,以及分布式计算机控制系统组态软件的概念和常用功能。第五章讨论工业控制计算机系统的工程化设计方法,包括一些常用的系统设计技术,如结构化设计技术、技术文档的编制、系统的开发设计周期和软件的一些常用调试技术等。第六章给出了几个程序实例,包括热电偶的线性化处理、快速开平方方法、常用浮点运算程序(浮点加、减、乘、除算法,以及浮点数与 ASCII 码之间的转换算法等)、扩展内存的使用和汉字显示技术等。第七章较为详细地介绍了 80386 的软件体系结构和多任务编程,并给出一个实例程序。

工作以来,作者得到了机电部六所的领导和老一辈技术人员的支持,并跟他们学到了很多书本中学不到的知识,在此谨向他们表示衷心的感谢。作者还要特别感谢六所分布式控制系统工程部的全体人员,在大家的通力合作下,我们成功地开发研制了 DCS-1000 分布式控制系统,促使作者完成了本书。

由于本人才疏学浅,加上工作繁忙,时间仓促,书中难免存在不当之处,作者真诚地欢迎读者的批评和指教。

王常力

1992.10 写于六所

目 录

第一章 绪论	(1)
1.1 什么是实时计算机系统	(1)
1.2 实时工业控制计算机系统的主要特点	(2)
1.2.1 实时性	(2)
1.2.2 现场信号的输入与控制输出能力	(2)
1.2.3 高可靠性	(2)
1.2.4 可维护性	(2)
1.2.5 其它特点	(3)
1.3 实时工业控制计算机系统的结构与类型	(3)
1.3.1 实时工业控制计算机系统的组成结构	(3)
1.3.2 实时工业控制计算机系统的类型	(4)
1.4 实时工业控制计算机系统的开发与设计	(4)
1.4.1 实时工业控制计算机系统的设计开发人员与设计水平	(4)
1.4.2 板级产品的硬件	(6)
1.4.3 系统软件和应用软件	(7)
1.5 本书各章内容安排	(8)
第二章 微机接口技术	(10)
2.1 序言	(10)
2.2 输入系统	(10)
2.2.1 输入传感器	(10)
2.2.2 输入信号的调理技术	(14)
2.3 输入/输出接口	(21)
2.3.1 概述	(21)
2.3.2 并行输入接口	(22)
2.3.3 并行输出接口	(23)
2.3.4 数/模(D/A)转换接口	(23)
2.3.5 模/数(A/D)转换接口	(25)
2.3.6 实时时钟和脉冲量输入接口	(28)
2.4 输出系统	(29)
2.4.1 两种状态(ON/OFF)执行机构的输出系统	(29)
2.4.2 连续执行机构的输出系统	(36)
2.4.3 脉冲宽度调制放大器 PWM(Pulse-Width-Modulator)	(36)
2.5 人-机接口技术	(37)
2.5.1 输入技术	(37)
2.5.2 工业控制计算机系统的显示技术	(40)
2.5.3 打印技术	(45)
第三章 实时工业控制计算机系统的硬件体系结构	(46)

3.1	总线结构的工业控制计算机系统的组成结构	(47)
3.2	总线结构	(48)
3.2.1	总线结构的工业控制计算机系统	(49)
3.2.2	底板总线	(49)
3.3	总线标准的形成	(57)
3.3.1	总线结构的工业控制计算机系统的发展趋势	(57)
3.3.2	总线标准的形成过程	(57)
3.4	几种常用的总线标准	(58)
3.4.1	PC(AT)总线	(58)
3.4.2	STD 总线	(61)
3.4.3	VME 总线	(62)
3.4.4	MULTibus I 总线	(68)
3.4.5	几种常用总线的模板尺寸比较	(72)
3.4.6	如何选择总线	(72)
3.5	分布式计算机控制系统体系结构	(72)
3.5.1	概述	(72)
3.5.2	分布式计算机控制系统的体系结构	(75)
3.5.3	分布式计算机控制系统的组成单元及其功能	(78)
3.5.4	分布式控制系统的拓扑结构	(89)
3.5.5	网络传输媒体	(91)
3.5.6	总线网的传输方式	(92)
3.6	其它问题	(93)
第四章	实时工业控制计算机系统的软件结构	(94)
4.1	概述	(94)
4.2	单任务软件结构	(94)
4.2.1	单任务查询式结构	(94)
4.2.2	单任务中断式结构	(95)
4.2.3	单任务软件的开发环境	(96)
4.3	操作系统	(97)
4.3.1	基本概念和术语	(97)
4.3.2	实时多任务操作系统	(99)
4.4	工业控制计算机系统的通用软件结构	(115)
4.4.1	概述	(115)
4.4.2	任务的划分	(116)
4.4.3	实时数据的存储管理	(117)
4.4.4	数据采集和控制输出任务	(131)
4.4.5	趋势和历史数据库	(134)
4.4.6	图形管理软件的设计	(139)
4.4.7	报警管理任务设计	(147)
4.4.8	控制算法的实现	(149)
4.4.9	人-机对话任务	(152)
4.5	工业控制计算机系统的功能组态和配置软件	(154)
4.5.1	概述	(154)

4.5.2	实时数据库生成系统	(155)
4.5.3	历史数据库生成	(156)
4.5.4	顺序控制功能	(158)
4.5.5	连续控制功能	(163)
第五章	工业控制计算机系统的设计与开发	(168)
5.1	概述	(168)
5.1.1	几种设计途径	(168)
5.1.2	几个例子	(168)
5.2	工业控制计算机系统的开发周期	(168)
5.3	系统设计技术	(170)
5.3.1	规范化的设计技术	(170)
5.3.2	结构化的设计技术	(172)
5.3.3	系统的功能规范	(174)
5.3.4	系统的总体设计方案	(179)
5.4	工程研制阶段	(191)
5.4.1	概述	(191)
5.4.2	软件开发研制	(192)
5.5	系统测试验收	(203)
第六章	程序设计举例	(205)
6.1	概述	(205)
6.2	热电偶线性化	(206)
6.3	流量测量中的快速开方运算	(208)
6.4	浮点运算和转换算法集	(211)
6.4.1	浮点数加法、减法运算子程序 ADDF,SUBF	(211)
6.4.2	浮点数乘法子程序 MULF	(212)
6.4.3	浮点数除法子程序 DIVF	(212)
6.4.4	浮点数转换成整数 CVTFI	(212)
6.4.5	整数转换成浮点数 CVTIF	(212)
6.4.6	ASCII 码转换成整数 CVTAI	(212)
6.4.7	整数转换成 ASCII 码 CVTIA	(212)
6.4.8	ASCII 码数转换成浮点数 CVTAF	(213)
6.4.9	浮点数转换成 ASCII 码 CVTFA	(213)
6.4.10	ASCII 码表示的 HEX 数与整数间的转换	(213)
6.4.11	程序清单	(213)
6.5	PC 机扩展内存的使用	(243)
6.5.1	概述	(243)
6.5.2	INT 15H 的调用格式	(245)
6.5.3	调用实例	(246)
6.6	工业控制计算机系统的汉字处理	(254)
6.6.1	概述	(254)
6.6.2	国标字库的管理和编码技术	(254)
6.6.3	汉字库的安装	(256)
6.6.4	在 VGA 显示系统上显示汉字	(258)

第七章 高级程序设计——80386 多任务体系应用	(266)
7.1 80386 的寄存器	(266)
7.1.1 通用寄存器	(266)
7.1.2 系统状态寄存器	(267)
7.1.3 段寄存器	(268)
7.1.4 指令寄存器	(268)
7.1.5 控制寄存器	(268)
7.1.6 调试寄存器	(269)
7.1.7 测试寄存器	(270)
7.1.8 80386 的寄存器的可访问性	(270)
7.2 80386 的描述符和选择符	(270)
7.2.1 段描述符	(270)
7.2.2 描述符表	(271)
7.2.3 系统地址寄存器	(272)
7.2.4 选择符	(272)
7.2.5 段描述符寄存器	(273)
7.2.6 保护方式下的物理地址计算	(273)
7.3 特权保护和任务结构	(274)
7.3.1 特权	(274)
7.3.2 保护	(275)
7.3.3 控制转移	(279)
7.5 多任务和任务切换	(282)
7.5.1 80386 的多任务功能	(282)
7.5.2 任务状态段	(282)
7.5.3 TSS 描述符	(283)
7.5.4 任务切换	(283)
7.6 80386 的虚拟 86 方式	(285)
7.6.1 虚拟 86 方式	(285)
7.6.2 V86 任务	(285)
7.7 程序举例	(286)
参考资料	(320)

第一章 绪 论

编写本书的目的是向读者介绍计算机应用系统的一个大类:工业控制计算机系统。此类系统现已在各个行业得到了应用。目前,不论是新建工业控制系统还是对过去工业控制系统进行改造,应用计算机来取代常规控制仪表已普遍为人们所接受。

设计一个工业控制计算机系统往往需要除计算机本身以外的很多知识。由于绝大多数的工业控制计算机系统是实时计算机系统,所以,我们首先介绍一下实时计算机系统的一些基本术语、概念和组成环节等。当然,这些概念和方法在后序的章节中还会作详细的介绍和讨论,但本章可以给读者一个关于实时工业控制计算机系统的粗略全貌。

1.1 什么是实时计算机系统

实时计算机系统是指在限定时间内对外来事件能够作出反应的系统。也就是说如果一个计算机系统需要在确切的时间内从外部环境输入数据,并向它发送数据,或者进行一些其他的处理,那么该系统就称为一个实时计算机系统。

与实时系统相对应的是分时系统。在分时系统中,系统的各种操作是按平分时间片的方法来进行处理的。

在实际生活中,作为分时系统的一个例子,我们来看一下火车票售票窗口的工作情况。不管买票的人有多少,队列有多长,售票员总是一个接一个地按排队的顺序卖。而实时系统就不同了,一般情况下,一些安排好了的工作得到处理,但同时还要经常中断这些顺序工作而去处理一些比较重要的事情。例如,在一个医务室里,有几个病人等着看病。医生一个接一个地看。但这时如果来了一个急诊,则医生要中断顺序首先处理这个急诊,然后再接着给其他等着的人看病。

在计算机应用系统中,校园的公共计算机系统可以看作是分时计算机系统的例子。该系统带有若干个操作终端,可供几个或几十个人同时上机。主机系统的工作是将若干时间片分给工作着的终端,每个终端的优先级一样。所以,如果同时上机的人多,每个人所得到的时间片就少,反映出来的是每个终端的工作较慢;相反,如果同时上机的人较少,则每个人所得到的时间片就多,反映出来的是每个终端的工作较快。

而实时计算机系统就不同了。例如,在一个锅炉计算机控制系统中,计算机按照一定的频率巡回采集各个过程变量。同时在显示屏幕上显示操作画面。首先应该保证信号采集的实时性:即不论正在显示什么画面,复杂还是简单,信号的采集和输出都不应该受影响。同时,如果有重要的信号越过报警极限,例如锅炉的主蒸汽压力越限,则处理机要及时中断屏幕上的画面,而把报警信息显示在屏幕上,以防止恶性事故的发生。

实时计算机系统的例子很多。如化工过程的计算机控制系统,冶金过程的计算机控制系统,各种数控机床的计算机控制系统,程控交换机的计算机控制系统,各种家用电器的电脑控制系统等等。在本书中,我们将着重讨论实时工业控制计算机系统的设计与应用情况。

1.2 实时工业控制计算机系统的主要特点

1.2.1 实时性

这是实时计算机系统区别于其它普通计算机系统的关键特点。实时性有几层意思,首先是系统的各种操作的优先级是不同的。高优先级的操作应该首先得到处理。此外有的系统还具有抢占调度功能,即在正常的工作情况下,如果高优先级的任务条件得到满足,系统将中断正常的运行而去执行高优先级的任务。

1.2.2 现场信号的输入与控制输出能力

在实时工业控制计算机系统中,计算机系统需要直接从工业现场采集各种信号,对这些信号变量进行处理,然后再把结果输出到显示器上或输出给执行机构进行直接控制。

1.2.3 高可靠性

一般的实时工业计算机控制系统总是直接控制着工业过程的操作。一旦计算机系统发生故障,如果没有相应的冗余措施,将会造成重大的损失。

高可靠性指标是在系统设计时就产生的固有特性。它要求我们在设计系统时,要充分考虑硬件结构的合理性,器件的筛选,高水平的生产工艺和提前老化等问题;而在软件的设计时,则要作到结构清楚,无错误(即 BUG _ FREE)且稳定性好,抗干扰性强。

计算机系统的可靠性指标一般用平均无故障时间 MTBF(MEAN-TIME-BEFORE-ERROR)来描述。根据国标《微型数字电子计算机通用技术条例》(GB9813-88),一般通用微机的 MTBF 不得低于 2000 小时,板级产品的 MTBF 不得低于 4000 小时。而在实时工业计算机系统中,PRO-LOG 公司的 STD 产品 SYSTEM II 的主机系统的 MTBF 大于 12 年,INTEL 公司新生产的工业 PC 机 302I 的主机系统的 MTBF 是 160000 小时。

1.2.4 可维护性

这也是实时工业控制计算机系统的一个比较重要的特点。因为实时工业计算机控制系统的故障会影响工业过程的正常操作,所以一般要求在设计工业用实时计算机系统时,要考虑以下几个因素:

(1) 系统的结构合理,便于维修。例如工业控制计算机中常用的 STD 总线系统、VME 总线系统、MULTIBUS 总线系统等。这些系统都是把各种模板从侧面插入机笼,然后把机笼固定在机柜中,机柜从侧面开门。如果系统出了故障,只要打开机柜侧门,拧开固定螺丝,就可以把模板抽出来,再把好的模板换上去,只用一两分钟到几分钟的时间。相反,普通 PC 机的机构就不便于维修。

(2) 系统所用的板级产品的一致性。即更换模板后,系统的运行状态和精度不受影响。

(3) 最好能够带电拔插模板。

(4) 软件和硬件的诊断功能强,这样可以大大减少故障查找时间。

1.2.5 其它特点

除了以上四个主要特点之外,实时工业控制计算机系统一般要求容许的工作环境比较恶劣,如工作温度高、湿度大、抗冲击和振动性强等。此外,实时工业控制计算机系统的软件功能比较专用,软件开发难度大。要求设计人员既要懂得计算机软件语言,如 BASIC、C 和汇编语言,又要对计算机系统的硬件接口比较熟悉。

1.3 实时工业控制计算机系统的结构与类型

一般的实时工业控制系统可以有多种方法来实现,如过去常用的模拟电路组成的闭环控制系统,用数字逻辑所组成的顺序逻辑控制系统等等。在 60 年代初期,英国的 ICI 公司首次将计算机应用到工业过程。在以后的几十年中,随着计算机产业的迅速发展,使得计算机具有了很高的性能价格比。现在,实时工业控制计算机系统正在逐步取代其它的常规实时控制系统。这是因为:

- 计算机经过几代发展之后,已经形成功能很强的系列芯片产品。特别是各种 OEM(O-RIGINAL EQUIPMENT MANUFACTURER) 板级产品和各种成套系统的形成,使得计算机控制系统的可靠性大大提高,而且用户的选择范围很广。

- 大量的实时系统支持软件,特别是各种成熟的组态软件的形成使得计算机应用系统很容易开发。

- 使用计算机来控制工业系统,可以方便地用软件来表示和修改系统的功能、操作和各种控制。即使系统在在线运行之中,也可以通过调整软件参数来修改复杂的控制功能。

- 系统容易适应各种模拟量的输入、输出以及各种逻辑开关量的输入和输出。

1.3.1 实时工业控制计算机系统的组成结构

一个典型的实时工业计算机控制系统的组成结构如图 1.1 所示。当然,并不是所有的实时工业控制计算机系统都具有该图中所示的全部,而且图中的计算机表示一个广义的“计算机”,它可以是一个很简单的处理机系统,或一个共总线的多处理机系统,还可以是一个用通讯网络所联结构成的分布式计算机系统。

一般情况下,实时计算机系统首先从工业现场的各种输入信号传感器得到输入电信号。这些输入信号经过信号调理部分得到滤波、整形、放大和隔离;然后通过输入接口与转换部分被转换成计算机可以处理的数字量;计算机对各种输入量进行处理、运算,进而产生一些输出结果。这些输出有的是控制输出,用以控制各种执行机构。另外还有大量的结果输出到各种显示设备、记录仪、打印机等外设上。

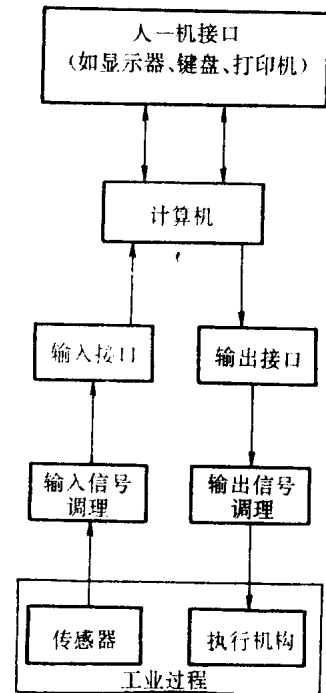


图 1.1 实时工业计算机控制系统的组成结构

1.3.2 实时工业控制计算机系统的类型

实时工业控制计算机系统的应用范围很广,几乎包括工业生产的各个领域以及很多的日常生活用品中。

(1) 按用途分类

按照用途,实时工业计算机控制系统可分为两类:

- 专用的实时计算机控制系统

专用的实时计算机控制系统一般用在大批量定型产品中。例如,许多专用的智能设备和仪表中都采用了计算机来进行控制,如各种智能化的数字测量仪表、电子称量仪,以及各种家用电器的电脑控制系统。当然也有一些批量生产的大中型设备中也采用了专用的实时计算机控制系统。

这类系统的特点是功能固定,因此系统的软件和硬件一经开发完成,投入生产就不能再进行改动。而且,计算机系统的软硬件规模完全根据应用系统的要求进行配置,使得系统的性能价格比较高。

专用的实时计算机控制系统一般采用单片机系统或者采用集中式的计算机系统实现。

- 通用的实时计算机控制系统

这里的通用是相对于专用的实时计算机控制系统而言,与普通的管理机和 PC 机相比,这类系统还是专用型的。这类系统一般应用于工业过程的实时监测与控制。规模小的系统由 8 位机所组成,用于采集几个到几十个点,控制一个到几个回路。规模大的由分布式计算机系统所组成,用来对大型的工业过程进行数据采集、闭环控制和优化管理。

这类系统一般具有以下特点:

- 计算机系统一般采用工业用的总线式计算机,或者利用这些计算机通过各种计算机通讯网络形成大的分布式计算机系统。
- 计算机及其 I/O 大都采用标准化的 OEM 产品来实现。
- 系统有较强的软硬件支持,计算机系统的所有硬件和软件资源都可以用来支持应用系统的开发。
- 系统的功能扩充和修改容易。
- 系统一般采用人们较熟悉的计算机系统来实现,并且采用一个较方便的操作系统来作为开发环境。此外系统一般配有 CRT 显示终端,打印机和键盘等人机接口以及磁盘系统,所以开发较为方便。

在本书中,我们将着重介绍这类系统。

1.4 实时工业控制计算机系统的开发与设计

1.4.1 实时工业控制计算机系统的设计开发人员及设计水平

实时工业控制计算机系统的设计与开发通常在以下几种情况下进行:

A. 设计开发者本身是最终使用者,即用户。在这种情况下,开发设计者对应用系统过程很熟悉,但对计算机系统却不一定很熟。

B. 设计开发者是与最终用户属于同一单位的工作人员。他们一般是从事仪表和控制的

技术人员。这一类工作人员一般对生产工艺过程较熟悉,并且计算机系统有一定程度的应用水平。他们一般可以编一些不太复杂的应用程序。

C. 设计开发者是与系统最终用户属于同一工作单位的计算机管理人员。他们一般多数是学习计算机出身,因此对计算机系统很熟,但对工业工艺过程并不太熟悉。他们可以设计和编制一些较为复杂的程序,也可以从计算机厂家购买一些板级产品来构成不太复杂的整机系统。

D. 设计开发者本身是从事计算机系统设计和应用开发人员。他们的工作单位一般是以设计和推广各种计算机应用系统的大公司或大的研究所。他们本身有力量设计和开发计算机应用系统,本单位也可以设计 OEM 板级产品。有的单位可以自己制作和加工这些板级产品,但也有的单位要委托其他单位来制作和加工。他们一般对应用对象的过程特性并不熟悉。

E. 设计开发者属于大的计算机系统公司或研究所。他们具有很高的计算机系统设计和应用水平。既可以设计系统软件和应用软件,也可以设计和开发硬件。同时本单位还可以加工制作各种 OEM 板级产品。他们只从别的公司购买半导体芯片。

F. 设计开发者属于大的计算机生产和制造公司,如 INTEL 公司、MOTOROLA 公司等。他们既可以生产芯片产品,又可以生产各种 OEM 板级产品,还可以研制成套的计算机系统。

对于不同的设计开发者,他们所采用的设计水平是不同的。

A. 购买交钥匙系统水平。“设计者”基本上是从其他公司购买一套完整系统来完成应用功能。上面所说的 A 和 B 类人员一般属于这一水平。整个计算机系统的设计与开发由计算机系统厂家完成。用户只是配合工作。最后他们要学会使用和维护计算机系统的工作。

B. 应用软件设计开发水平。系统设计开发人员从一个计算机系统工程公司购买一整套的硬件系统和系统软件。但是他们需要设计和开发应用软件。设计者一般是上面所说的 C 类人员。

C. 板级产品设计开发水平。系统开发设计者从计算机厂家购买到所需要的各种板级产品,自己集成系统。这类设计人员一般是 C 类和 D 类人员。他们往往有较强的计算机应用水平,但是单位小或开发人员少。所以他们从别的计算机厂家购买半成品,然后他们自己组装系统并开发和研制软件。

D. 器件级设计开发水平。在这一水平,设计开发者除了完成板级设计水平需要作的各种工作以外,还必须自行设计系统所用的各种印制电路板。但印制电路板的加工制作不一定在本单位进行。

E. 芯片级设计水平。在这一水平,系统设计开发者不仅需要完成上面的各种工作,就连某些特殊芯片也要自行设计。自己可能加工,也可能委托别人加工。

在开发设计中,究竟采用哪一种水平的设计,取决于几个因素。除了上面所说的人员素质与单位能力以外,还有几个其他因素需要考虑。例如系统的预备投资的多少,最终系统的维护水平,最终用户的操作水平等等。

分析以上五等开发设计水平,其中大部分的开发设计在第 B,C,D 级上进行。特别是在第 C 和第 D 级上进行。因为相当多数的企业里没有特别高的计算机开发设计人员,而社会上有相当的一批公司和研究所具有很高的计算机开发设计能力和应用水平。这些公司和研究所通常和应用单位合作,共同开发和研制实时工业控制计算机系统。一般情况下,这些公司和研究所可以设计和加工一些 I/O 板等板级产品以降低系统成本。但也有相当的一些单位和小公司,他们有较强的计算机软件设计开发能力和系统成套组装能力。例如我们上面所说的第 C

类设计人员,他们通常是购买各种板级产品,自行组装并设计开发系统软件和应用软件。这形成了实时工业控制计算机系统最广泛的设计开发水平。因此我们在本书中将主要介绍板级产品的组装成套和软件开发与设计。

1.4.2 板级产品的硬件

在这一小节中,我们将概要地介绍以下由板级产品来构成一个实时工业控制计算机系统所需要的各种主要部件。

(1) 机箱,机架,底板和电源

机箱或机柜用来安装电源,固定机架和完成一些其它保护功能。机柜上一般装有接线端子,排风扇等。机架用来插放各种计算机模板。机架的后面或底面上安装有总线底板(又叫母板)。

(2) 系统总线

总线底板是一块印制电路板。底板上的电路通过底板连接器与各模板相连。系统的电源和各种控制信号通过总线提供给系统上的各个模板。处理机通过总线与其它各模板交换信息。现在各计算机厂家所生产和销售的各种总线主要有 STD、PC、AT、VME、MULTIBUS I、MULTIBUS II 等几种类型。它们主要区别在下面几个方面:

- 物理尺寸和结构
- 引线的功能定义
- 信号的电气特性

我们在第三章中将较详细地介绍几种常用总线的特点。

在设计开发实时工业控制计算机系统时,选择哪一种总线,主要由以下几个因素决定:

- 该总线所构成的系统能否满足目标系统的要求。
- 该总线所构成的系统的价格。
- 开发设计人员对该类总线产品的熟悉程度。
- 开发设计人员对总线支持的处理机系统的软件的熟悉程度。
- 开发设计人员对该总线所支持的开发手段(环境)的熟悉程度。

在总线上一般插有以下几种模板:

(3) 处理机板

在板级产品的选型中,最关键的选择是对处理机的选择。随着超大规模集成电路的迅速发展,各种高性能的处理机芯片的价格不断下降。芯片的集成度也越来越高。过去几个甚至几十个芯片所完成的功能现在可以容易地集中到一个芯片上。由此导致计算机模板的功能也越来越强。过去几块板的功能如处理机,存储器,算术浮点处理,中断处理,键盘控制等如今可以方便地作在一块板上。除了性能和价格因素外,选择哪一种处理机主要决定于开发设计人员对该处理机,特别是该处理机所支持的软件的熟悉程度。处理机系统选择的合适可以大大地缩短开发周期,并且可以提高系统的可靠性。因为很多故障在以前的应用中已经遇到过,在此可以避免再发生。

(4) 辅助板

有些总线的处理机板,如 STD 和单宽的 VME 板,由于物理尺寸的限制,板上不可能装太多的器件,而系统又需要较高的性能如需要有算术浮点处理器,需要较大的存储器容量等。这时系统需要配一些辅助板如存储器板等。

(5) 接口板

另一类是接口板。它们用来控制通讯,外存,外设,和实时信号的输入与输出。这里可以把它们分为以下四种:

- 外存控制接口板如磁盘控制板,磁带机控制板,半导体盘板和速闪(FLASH)存储器板等这类板一般能实现 DMA 数据传送。

- 通讯接口板。通讯接口板有许多种类型,例如,我们熟悉的 RS-232 通讯接口板, IEEE-488 并行通讯接口板,以及各种远程和近程网络通讯控制接口板。

- 显示器控制板。例如 PC 兼容机的 TVGA 卡、CGA 卡等。

- 实时控制接口板。它们包括以下几种:

- 模拟量信号输入板;

- 开关量信号输出板;

- 模拟量信号输出板;

- 脉冲量信号输入输出板;

- 开关量信号输入板;

- 中断量信号输入板;

以及各种信号调理板。

1.4.3 系统软件和应用软件

在选择和设计一个实时工业控制计算机系统中,软件的比重是比较大的。特别是在选择 OEM 产品时,除了要考虑所选择的系统和各模板能够满足性能和精度外,一个主要的因素是要考虑设计开发者对该系统所支持的软件系统的熟悉程度。而且,通过仔细地综合硬件和软件的功能,还可以实现一些折中方案。因为在许多情况下,某一功能既可以通过购买某些模板来实现,也可以通过软件的方法来实现。例如,在工程处理中,常常要运算浮点数。我们可以在系统中增设一个算数浮点处理器。使得软件设计和编程都很简单,而且,运算的速度也很快。但是,算数浮点处理器是一个很昂贵的器件,如果系统对处理速度没有很高的要求,我们也可以采取用软件的方法来实现浮点运算。还例如,在热电偶温度信号的采集中,我们可以购买高性能高精度的专用智能模板,板上带有自动非线性补偿和冷端补偿功能。我们还可以购买普通的小信号放大转换模板,然后通过软件技术来处理非线性和冷端补偿问题。这样增加了软件设计和编程的难度,但却降低了硬件成本。总的来说,系统成本,性能和功能要求以及对系统开发时间的要求是平衡硬件和软件 and 选择系统软件时要考虑的主要因素。

在系统软件的选择和应用软件的设计开发中,还要考虑以下几个方面:

1. 操作系统和应用程序

操作系统是协调所有计算机软件任务的主控程序。它通常提供一些系统资源供应用程序利用,如存储器管理功能,事件(也叫邮箱)管理功能,中断管理功能,时间管理功能以及很多功能调用等等。在第四章中,我们还要详细地介绍各种实时多任务操作系统。

操作系统软件一般是从大的软件公司购买的,但这些操作系统往往与硬件系统有关。例如,CP/M 一般只适用于 8080,8085,Z80 等处理机系统;OS-9 适用于 MC6809 的系统上;RMX86 实时多任务操作系统是 INTEL 公司为 INTEL 80X86 系列处理机系统而开发的;VER-SADOS 实时多任务操作系统是 MOTOROLA 公司为 MC680XX 系列系统而开发的。这些实时多任务操作系统的功能不同而且相互不兼容。

应用软件是系统设计开发者为实现本系统的特定功能而开发的软件。这些软件可以自行独立执行,也可以由操作系统来激活执行。

在应用软件的设计中,应用程序所占整个软件系统的比例也是一个值得仔细考虑的问题。

在相当一部分小型的或专用的控制计算机系统中,整个系统的软件只用一个程序就可以完成,所以操作系统是不必要的。例如,在电子称重仪和电脑控制的家用电器中,就没有操作系统。

当前人们广泛应用的实时多任务操作系统一般都很复杂。如 RMX86,VERSADOS,以及最近人们比较推崇的 UNIX 操作系统,都是相当复杂,一般人很难达到熟练应用的水平。因此,对操作系统的熟悉程度是选择操作系统的—个相当重要的因素。

2. 高级语言和汇编语言

现在,一般人们在开发和设计一个应用系统的软件时,很少再使用机器语言。我们选择的编程语言大致可分为两种:高级语言(例如 BASIC,FORTRAN,C,PASCAL 等)和汇编语言。

汇编语言的优点是代码效率高,执行速度快,直接控制硬件方便。其缺点是一种汇编语言只与一种处理机(或一种处理机系列)相对应。因此它的可移植性极差,而且所支持的库函数很少。与此相反,高级语言的可移植性好,一般支持很强的库函数功能。例如 MACROSOFT C,TURBO C,以及 QUICK BASIC 都具有很强的文件管理功能,图形处理功能,以及初等函数的处理功能等。高级语言的缺点是它们的效率都较低,处理速度较慢,另外还有一般不能直接控制系统的硬件。但是,近几年来,人们对高级语言的性能作了很多改善,例如现在的 BASIC 语言可以直接进行输入/输出操作,C 语言不但支持输入和输出操作,而且还支持位操作。这样就使得人们已开始计算机控制系统的软件设计和编程中,应用到高级语言。更多的情况下是利用高级语言来编一些大的软件,而用汇编语言来编一些要求较高的子程序(例如中断处理子程序,和一些执行很快的输入/输出子程序)。然后把它们同高级语言子程序连接在一起形成整个软件系统。

3. 开发系统

软件的开发需要一个开发环境。大部分的实时多任务操作系统本身就构成一个开发环境。它们可以支持软件的编辑,存储,打印,编译(或汇编),以及调试等手段。我们上边所列举的 RMX86,VERSADOS 等就属这种。但在另外一些情况下,我们不需要一个很复杂的操作系统,而只是编一个或购买一个占内存很小的监控程序,那么我们就必须借助一个辅助的开发环境。这个开发环境就是开发系统,它包括硬件系统和软件系统。

1.5 本书各章内容安排

本书目的主要在于为从别的单位购买板级产品而自行集成系统开发软件的设计人员提供一些指导。因此,在内容上我们不去讨论计算机的原理,而是重点介绍工业控制计算机系统的组成,体系结构和设计方法。本书的内容将安排如下:

第二章将简要地介绍一下各种接口信号的处理技术,包括模拟量信号,开关量信号和脉冲量信号以及中断量信号的输入调理和接口技术;模拟量信号,开关量信号的输出接口与输出驱动系统的设计技术。并简要地介绍了人-机接口技术,包括显示技术,键盘输入技术和打印技术等。

第三章系统地讨论工业控制计算机系统的硬件组成与结构体系。包括总线技术,特别介绍了几种工业控制计算机系统中常用的总线如 PC(/AT)总线,STD 总线,VME 总线和 MULTibus I 总线。介绍了分布式计算机控制系统(也叫集散型控制系统)的组成和体系结构,特别介绍了采集控制站和操作管理站的组成及其功能,以及分布式计算机控制系统常用的网络拓扑结构。

第四章详细地讨论工业控制计算机系统的软件体系结构。较详细地介绍了实时多任务操作系统的概念和结构及其应用；仔细地介绍了一个较通用的计算机控制系统软件的组成部分及其实现方法。最后介绍了分布式计算机控制系统组态软件的概念和常用功能。

第五章讨论工业控制计算机系统的工程化的设计方法，包括一些常用的系统设计技术如结构化的设计技术，技术文档的编制，系统的开发设计周期，和软件的一些常用调试技术等。

第六章介绍几个程序实例，包括热电偶的线性化处理，快速开平方方法，常用浮点运算程序（浮点加法，减法，乘，除，以及浮点数与 ASCII 码之间的转换算法等），扩展内存的使用，和汉字显示技术等。

第七章较为详细地介绍了 80386 的软件体系结构和多任务编程，并给出了一个实例程序。