

现代工业企业自动化丛书

工业控制 计算机实时操作系统

蔡德聪等 编著
周德泽 主审



清华大学出版社

TP316.2

C02

现代工业企业自动化丛书

443923

工业控制计算机实时 操作系统

蔡德聪 等 编著

周德洋 主审



清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

本书是全面介绍计算机实时操作系统的专著。书中从工业应用出发,论述了国内工业控制领域中各种已应用的和新近发展起来的实时操作系统。全书共五章,第1章概括各类实时操作系统原理和结构;第2章讨论可配置的实时多任务操作系统 iRMX;第3章讨论 iRMX for DOS/Windows;第4章讨论网络型实时操作系统 QNX 以及基于 PC 机的操作系统 AMX;第5章介绍了多种嵌入式实时操作系统以及新一代操作系统 Windows NT 在工业中的应用。各章列举一些应用实例以利于读者对本书的理解和帮助读者在实际工作中应用。

本书主要对象是自动化、计算机及相关领域的工程技术人员,特别是从事工业控制计算机应用的工程技术人员。本书也可作为大专院校自动化、计算机及相关专业的本科生、研究生及教师的教科书和教学参考书。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

工业控制计算机实时操作系统/蔡德聪等编著. —北京:清华大学出版社,1999

(现代工业企业自动化丛书)

ISBN 7-302-03680-2

I. 工… II. 蔡… III. 工业控制计算机-实时操作系统 IV. TP316.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 34946 号

出版者:清华大学出版社(北京清华大学学研楼,邮编 100084)

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

印刷者:北京大中印刷厂

发行者:新华书店总店北京发行所

开 本:787×1092 1/16 印张:14.5 字数:356 千字

版 次:1999 年 12 月第 1 版 1999 年 12 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-03680-2/TP·2048

印 数:0001~4000

定 价:20.00 元

《现代工业企业自动化丛书》编委会

名誉主任：张钟俊

顾问：吴钦炜

主任：白英彩

副主任：邵世煌 王行愚 吴启迪 孙廷才

编委：(按姓氏笔划)

于海川 王行愚 白英彩 孙振飞 孙廷才

江志道 刘元元 邵世煌 吴启迪 张兆琪

杨德礼 周德泽 柴天佑 虞孟起 魏庆福

序

当今世界先进工业国家正处于由“工业经济”模式向“信息经济”模式转变的时期,其中技术进步因素起着极为重要的作用,它在经济增长中占70%~80%。“以高新技术为核心,以信息电子化手段,提高工业产品附加值”已经成为现代工业企业自动化重要的发展目标。从我国经济发展史来看,其工业经济增长主要是依靠投入大量资金和劳动力来实现的,尚未充分发挥技术进步在工业经济增长中的“二次效益倍增器”的作用。“如何加快发展电子信息技术、调整产业结构,适应世界经济发展需求”,是当前我国工业企业自动化界研究的重要课题之一。

工业自动化是一门应用学科,它主要包括单机系统自动化、工业生产过程自动化和工业系统管理自动化等三个方面。企业自动化包括企业生产管理信息电子化、信息处理的自动化以及网络化。现代工业企业自动化涉及到自动化技术、计算机技术、通信技术、先进制造技术和管理学等诸多学科,它需要各学科的专家和工程技术人员通力合作,从而形成“多专业知识与技术集成”的现代工业自动化发展思路。目前工业企业自动化系统主要呈现开放性、集散性、智能性和信息电子化与网络化的特点。在现代工业企业自动化中,计算机控制技术充当了极为重要的角色,它是计算机技术和控制理论有机的结合。自动控制理论的发展是伴随着被控制对象的复杂性、不确定性等因素的研究成果而发展的,它由经典控制理论(频域方法)和现代控制理论(时域方法)发展到第三代控制理论——智能控制理论。计算机控制系统分为数据采集与处理系统、计算机在线操作指导控制系统、直接数字控制系统、监督控制系统、分级控制系统和集散控制系统以及分布式智能控制系统。从当前计算机技术和自动控制技术发展状况来看,高性能工业控制机系统、智能控制系统和基于网络系统的虚拟企业自动化系统将是未来工业企业自动化的重要发展方向。

从系统工程的角度来看,工业自动化技术研究与应用过程分为三个阶段:自动化技术研究阶段、科研成果向实用转化阶段和产品应用阶段。经过我国科技工作者半个世纪卓有成效的研究,在自动化技术研究与应用方面取得可喜的成绩,并给我国的工业自动化事业带来了深刻影响和变革,产生了巨大的社会效益,其中有的技术已经接近或达到世界先进水平,但从应用以及成果向产品的转化的总体发展角度来看,仍存在着一些问题,仍需花大力气进一步探索和研究。例如,我国在工控机及其配套设备的生产方面尚需进一步构成规模经济;建立并发展企业网络及其协议和数据库集成技术,为全面实现我国“金企工程”提供技术和手段;开发系列的工控机软件包、实时操作系统,以提高工控机系统的总体水平;充分运用以工控机为核心的电子信息技术来改造我国各类传统工业的工装设备及产品;在我国的部分现代企业中大力倡导推行MIS,MRP-Ⅱ和CIMS/CIPS以及信息网络系统,以提高企业管理水平和竞争能力等。在20世纪40年代,计算机刚问世不久,它的应用除在军事、政要部门之外,主要是在各传统工业领域的应用。在60年代~70年代,各国的工业计算机应用极为普遍,促进了其工业企业自动化高速发展,而我国的工业企业自动化非但没有大踏步前进,反而停滞不前。到了90年代这个问题就显得十分严重了,因此我们必须“补上这一课”。

我们编写了《现代工业企业自动化丛书》(目前暂定 42 册,并根据实际需要不断增加新的书目),该《丛书》内容既包括工业生产过程自动化,又包括现代企业管理自动化技术,如基于总线工控机系统、工程数据库、CIMS/CIPS 以及企业网络技术等。其编写原则为:“理论与实践紧密结合,为实现工业企业自动化提供典型示范系统”。编委会特邀请了国内在该领域有扎实理论基础和富有实践经验的专家分别承担各分册的编审任务,以期在向读者展示国内外相关技术的最新成果和发展动态的同时,提供解决现代企业自动化的思路、方法、技术和设备等。

该《丛书》以工程技术人员为主要读者对象。我们相信该《丛书》的出版必将在推动我国工业企业自动化应用的普及和发展进程中起到积极的作用,为进一步提高我国工业企业自动化水平做出贡献。

清华大学出版社颇具魄力和眼光、高瞻远瞩,及时提出组稿这套《丛书》的任务,他们为编好《丛书》做了认真、细致的准备工作,并为该丛书的出版提供了许多有利的条件,在此深表谢意。同时对于参加各分册编审任务的专家、学者所付出的艰辛劳动表示衷心感谢。编审《丛书》的任务十分繁杂而艰巨,加之时间仓促,书中出现疏漏、欠妥之处也是难免的,希望广大读者不吝赐教,以使我们逐步完善这个《丛书》系列。

中国科学院院士、上海交通大学教授

張鍾緩
1995年5月

前 言

随着电子技术发展,微型计算机应用迅速渗透到各领域。工业控制领域中计算机应用从编程器、单板机、微机系统到工业网络,由简单到复杂,对软件的要求越来越高。经过二十年的发展和应用,人们从自己接触到的产品中,选取某种软件,成功地开发过不少应用系统。本书以工业控制为出发点,将国内应用较多的工业实时操作系统做了全面、系统的阐述,并将一些成功的实例介绍给读者,使读者对不同工业实时操作系统的原理、结构、发展及应用有更多的认识、更深的理解,在应用系统设计时有更多的参考和选择。

工业实时操作系统按硬件支持环境可分为三类:单机系统、网络系统(包括分布式系统)、嵌入式系统。不同的系统有各自的特点,适用于不同的应用环境。本书内容包括了广泛用于工业、能源、交通、航空、航天、通信的各种实时操作系统及嵌入式实时系统。

关于操作系统一般原理,读者可以在已出版的许多书籍中找到这方面的材料。本书侧重于讨论实时操作系统,特别是在工业中有所应用的实时操作系统。全书共五章,第1章作为基础,简要概括了各类实时操作系统原理、结构;第2章至第4章具体讨论在我国有较广泛应用的几类实时操作系统;第2章讨论可由用户配置组合的实时多任务操作系统 iRMX;第3章讨论可与 DOS 和 Windows 联合使用的实时多任务操作系统 iRMX for DOS/Windows;第4章讨论网络型实时多任务操作系统 QNX 以及基于 PC 机的实时多任务操作系统 AMX;第5章介绍了新近发展起来的嵌入式操作系统 VRTX、iRMX EMB、Windows CE 和分布式操作系统,并介绍了新一代多任务操作系统 Windows NT 在工业领域里的应用。各章中列举了一些应用实例以帮助读者理解各种操作系统在实际工作中的应用。由于上述系统本身都是一个完整的体系,而本书篇幅有限,不能全面详尽地介绍其编程和操作。

本书作者都是多年从事工业控制工程应用开发的工程师。蔡德聪编著第1,2,3,5章及附录;丁焱编著第4章的4.1~4.6节;张庆军编著第4章的4.7与4.8节。此外,林子健先生为 Windows NT 部分提供了充分的书面材料,Intel 中国公司和何小庆先生为本书编写提供了有价值的资料,在此深表感谢。

感谢清华大学出版社为本书的出版提供了机会和良好的条件。白英彩教授在本书的编写过程中自始至终给予了热情的帮助和指导,并主持了本书的审校工作。周德泽教授对全书作了悉心的审校,并提出了许多宝贵意见。在此一并表示感谢。

由于作者水平有限,书中不足或缺点在所难免,恳请读者批评指正。

作者

1999年7月

目 录

第 1 章 计算机实时操作系统概论	1
1.1 计算机实时系统	1
1.1.1 计算机系统.....	1
1.1.2 计算机实时系统.....	2
1.2 计算机实时操作系统	2
1.2.1 操作系统.....	2
1.2.2 实时操作系统.....	4
1.3 实时操作系统的应用形式	7
1.3.1 集中式实时操作系统.....	7
1.3.2 网络型实时操作系统.....	8
1.3.3 嵌入式实时操作系统.....	9
1.4 实时操作系统的实现	9
1.4.1 实时性的实现.....	9
1.4.2 可靠性的实现	12
第 2 章 iRMX 实时多任务操作系统	14
2.1 iRMX 概述	14
2.2 iRMX 操作系统结构	15
2.2.1 iRMX 操作系统内部结构	15
2.2.2 iRMX 系统的配置	16
2.2.3 iRMX 操作系统文件与文件保护	22
2.3 iRMX 操作系统的核	26
2.3.1 核心程序管理的目标类型	26
2.3.2 目标管理方法	28
2.3.3 iRMX 核中的处理程序	30
2.3.4 iRMX 系统中的作业	31
2.3.5 iRMX 系统中的任务	34
2.3.6 iRMX 任务间的通信	38
2.3.7 iRMX 核对中断的管理	49
2.4 基本 I/O 子系统	61
2.4.1 概述	61
2.4.2 基本 I/O 子系统及设备	62
2.4.3 基本 I/O 子系统文件	63
2.4.4 基本 I/O 子系统系统调用	69
2.4.5 基本 I/O 子系统配置	71

2.5	扩展 I/O 子系统	71
2.5.1	缓冲区	71
2.5.2	逻辑名	72
2.5.3	I/O 作业	74
2.6	iRMX 的使用和应用程序开发	75
2.6.1	iRMX 系统人机接口和程序通用开发接口	75
2.6.2	应用系统开发	76
2.6.3	iRMX 系统的编程支持	76
2.6.4	程序编译模式	78
2.6.5	程序连接与定位	78
2.6.6	应用程序调试	80
2.6.7	应用程序加载引导	82
2.7	300MW 火电机组培训模拟装置的计算机系统	82
2.7.1	系统整体设计	82
2.7.2	软件结构设计	83
2.7.3	通信软件设计	85
2.7.4	数据采集与控制软件设计	86
2.7.5	人机接口软件设计	88
第 3 章	iRMX For DOS/Windows 系统	90
3.1	概述	90
3.2	RFW 操作系统特点	90
3.3	VM86 调度程序与 DOS 实时扩展	93
3.3.1	VM86 对中断的管理	94
3.3.2	VM86 支持的文件服务	94
3.3.3	DOS 的实时扩展 RTE	95
3.3.4	VM86 保护模式扩展	98
3.4	iRMX 应用程序中的 DOS/ROM BIOS 调用	99
3.5	iRMX 系统中的网络作业 iRMX_NET	102
3.5.1	iRMX_NET 特点	103
3.5.2	网络安全性管理	105
3.5.3	网络系统配置	107
3.6	RFW 系统中的动态数据交换 (DDE)	111
3.6.1	DDE 概述	111
3.6.2	DDE 路由器的配置与启动	112
3.6.3	在不同环境下运行 DDE 应用程序	113
3.6.4	DDE 中常用术语及信息名称	113
3.7	iRMX DDE 库功能调用	115
3.7.1	iRMX 客户和 Windows 服务器	115
3.7.2	Windows 客户和 iRMX 服务器	129

3.7.3	Windows 客户和 Windows 服务器	133
3.8	RFW 在运动调度系统中的应用	134
3.8.1	计算机系统设计	134
3.8.2	应用软件设计	135
第 4 章	QNX 和 AMX 操作系统	151
4.1	QNX 概述	151
4.1.1	QNX 的特点	151
4.1.2	QNX 系统的引导	151
4.2	QNX 系统结构	152
4.2.1	虚拟计算机	152
4.2.2	任务	153
4.2.3	文件	154
4.2.4	设备	157
4.2.5	局域网	157
4.2.6	内部任务通信	158
4.2.7	名字	160
4.3	开发环境	160
4.3.1	问题的提出	160
4.3.2	几个基本概念	161
4.3.3	环境变量	163
4.3.4	测试和诊断	164
4.4	QNX 基本系统调用	165
4.4.1	任务函数	165
4.4.2	文件输入/输出函数	167
4.4.3	消息和信号函数	168
4.4.4	屏幕和键盘函数	173
4.4.5	时间函数	174
4.5	QNX 的命令	175
4.5.1	概述	175
4.5.2	安装控制台命令	176
4.5.3	shell 程序	176
4.5.4	文本命令	178
4.5.5	文件命令	178
4.5.6	任务命令	179
4.5.7	网络命令	180
4.5.8	打印	181
4.5.9	初始化文件	182
4.6	诊断与测试	182
4.6.1	概述	182

4.6.2	源码诊断 QDB	183
4.6.3	查看文件	186
4.7	AMX 实时操作系统	186
4.7.1	AMX 系统概述	186
4.7.2	任务、中断和定时器	187
4.7.3	AMX 内部资源	188
4.7.4	重新启动与退出过程	188
4.8	AMX 系统的应用	189
第 5 章	嵌入式实时操作系统及 Windows	191
5.1	嵌入式实时操作系统概述	191
5.2	VRTX 嵌入式实时操作系统	192
5.2.1	VRTX 的任务调度	192
5.2.2	任务间通信与同步	193
5.2.3	中断支持	194
5.2.4	内存管理	194
5.2.5	VRTX 配置与初始化	195
5.2.6	VRTX 软件运行环境	195
5.2.7	VRTX 系统支持的开发环境	196
5.2.8	开发平台 Spectra	196
5.2.9	VRTX 常用调试工具 RTscope	196
5.2.10	XRAY 支持的多任务调试	198
5.3	DCX 嵌入式实时操作系统	198
5.3.1	分布式操作系统 DCX	198
5.3.2	DCX 应用程序接口	200
5.3.3	DCX 应用程序开发环境	201
5.4	嵌入式操作系统 iRMX EMB	202
5.4.1	iRMX EMB 特征	202
5.4.2	嵌入式应用软件开发工具	202
5.5	Windows CE 嵌入式系统	203
5.5.1	功能概述	203
5.5.2	Windows CE 系统结构	204
5.5.3	Windows CE 应用软件开发工具	206
5.6	Windows 在工业中的应用	207
5.6.1	Windows 和实时控制	207
5.6.2	Windows NT 简介	207
5.6.3	Windows NT 在工业控制上的应用	211
5.6.4	人机界面的设计	212
5.6.5	与实时应用有关的 Internet 技术	213
	参考文献	214
	附录 名词和缩略语	215

第 1 章 计算机实时操作系统概论

1.1 计算机实时系统

1.1.1 计算机系统

计算机系统由硬件和软件两大部分组成,软件又可分为系统软件、支撑软件和应用软件。各类软件都包含多种细目。它们的主要内容及分类、相互关系可用图 1.1 表示。

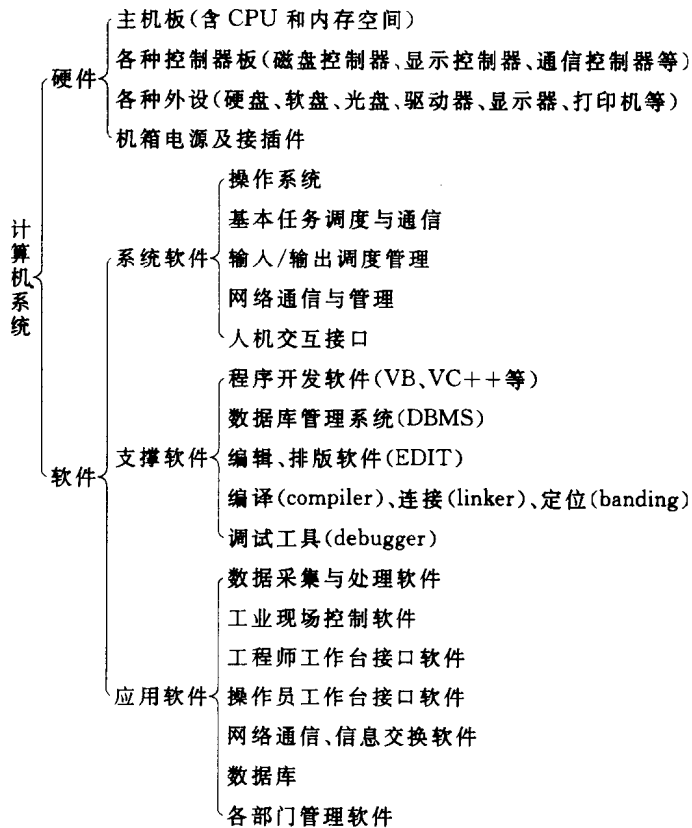


图 1.1 计算机系统组成

以上列出的只是可用通用性名词表示的基本部件。不同的用户可根据自己的需求选配不同的部件,如工业计算机实时监测系统中,用户增加数据采集用的 A/D 模数转换控制器等 PIO (processor input/output) 外部过程输入输出控制器。用户对应用支持软件也可作选择,如需要对大量数据进行管理的用户可选数据库软件、网络管理与监测软件等。人们把计算机系统称为电脑确实很形象,硬件是躯壳,是软件赖以生存的资源;软件是神经系统,而操作系统是神经中枢。

1.1.2 计算机实时系统

计算机实时系统除了具有一般计算机系统的特点和功能外,还有两个重要特性:实时性和可靠性。

实时性标准常用“系统响应时间”来衡量。即当一外部事件发生,系统能在多少时间内响应事件。工业环境中,有些信号变化频率非常快,要求计算机系统在几毫秒甚至几微秒内采集一个数据,并记录保存它;某些重要的状态如发生突变,表明有事故发生,也要求计算机系统在几毫秒内对它的相关部件发出控制信号,并记录当时时间及各相关量的状态或数值,以便分析事故发生原因。在航空航天领域,要实现了对导弹、卫星的跟踪测试与控制;电力测控系统中,要实时测量多处的电力负荷,分析故障并进行保护,都必须选用实时性非常好的实时操作系统。“系统响应时间”一方面与 CPU 的时钟频率、字长、指令有关,更主要取决于操作系统对程序运行的调度方法。下一节将详细阐述实时操作系统的调度算法。

工业或军事领域对计算机系统的可靠性要求是不言而喻的。工业生产在连续运行,计算机系统也必须同步连续运行,以保证任何时刻、任何事件发生时,系统能做出实时响应并记录完整的数据。可靠性标准常用系统平均无故障运行时间,即平均的故障间隔时间 MTBF (mean time between failure) 来衡量。当今的工业 PC 机 (IPC) 都给出主机板的 MTBF 指标。注意,主机板的 MTBF 指标并不是指整个系统的 MTBF。这一指标是厂家在一种标准测试条件下测得,然后按标准算法转换到标准工业环境而获得的。所谓工业环境相对来说条件恶劣些,它包含有高低温、振动、冲击、腐蚀、尘埃等因素。工业计算机生产厂家为了给出系统的可靠性,通常还在结构上采取措施,如选用好的钢板做机箱,接口板安装时加固等等。一般商用计算机与工控计算机相同配置时,价格相差甚远,就是因为从元器件选型开始,工业计算机的结构与质量标准就设定在更高层次上。

电子技术的发展使计算机硬件性能提高、成本降低,为系统实时性和可靠性改善创造了有利条件。与此同时,工业实时操作系统的开发者们根据不同的工业环境、不同的控制对象、不同的应用需求研制出了适应于不同硬件结构的实时操作系统。

1.2 计算机实时操作系统

1.2.1 操作系统

1. 操作系统的概念

操作系统 OS (operation system) 是一组计算机程序的集合,用来有效地控制和管理计算机的硬件和软件资源,即合理地对资源进行调度,并为用户提供方便的应用接口。它为应用支持软件提供运行环境,即对程序开发者提供功能强、使用方便的开发环境。主要包括对用户编程、调试的支持和对用户文件的管理。

为了较好地了解操作系统的功能,首先要说明几个基本概念:

(1) 作业、任务、进程、线程

在不同的文献中,对进程、任务和作业的理解不尽相同。本书作者认为,作业由一个或多个

个相关任务及运行这些任务所需的资源所组成,也可以说作业是一种运行环境。这种环境是在系统初始化时确定的。任务是指一个程序分段,这个分段被操作系统当作一个基本工作单位来调度。任务是在系统运行前已设计好的。进程是指任务在作业环境中的一次运行过程,它是动态过程。有些操作系统把任务和进程等同看待,认为任务是一个动态过程,即执行任务体的动态过程。

80年代中期,人们提出了比进程更小的能独立运行和调度的基本单位即线程,并以此来提高程序并发执行的程度。近些年,线程的概念已广泛应用,新推出的操作系统,如 Windows 就使用了线程的概念。

(2) 多用户及多任务

多用户的含义是,允许多个用户通过各自的终端使用同一台主机,共享同一个操作系统及各种系统资源。每个用户的应用程序可以设计成不同的任务,这些任务可以并发执行。多用户及多任务系统可以提高系统的吞吐量,更有效地利用系统资源。

从资源管理的角度来划分,操作系统主要包含下述功能:

(1) 处理器管理

对处理器进行分配,并对其运行进行有效地控制和管理。在多任务环境下,合理分配由任务共享的处理机,使 CPU 能满足各程序运行的需要,提高处理器的利用率,并能在恰当的时候收回分配给某任务的处理器。处理器的分配和运行都是以进程为基本单位进行的,因而,对处理器的管理可以归结为对进程的管理,包括进程控制、进程同步、进程通信、作业调度和进程调度等。

(2) 存储器管理

存储器管理的主要任务,是为多道程序的运行提供良好的环境,包括内存分配、内存保护、地址映射、内存扩充。如为每道程序分配必要的内存空间,使它们各得其所,且不致因互相重叠而丢失信息;不因某道程序出现异常情况而破坏其它程序的运行;方便用户使用存储器;提高存储器的利用率;并能从逻辑上来扩充内存等。

(3) 设备管理

完成用户提出的设备请求,为用户分配 I/O 设备;提高 CPU 和 I/O 的利用率;提高 I/O 速度;方便用户使用 I/O 设备。设备管理包括缓冲管理、设备分配、设备处理、形成虚拟逻辑设备等。

(4) 文件管理

在计算机中,大量的程序和数据是以文件的形式存放的。文件管理的主要任务就是对系统文件和用户文件进行管理,方便用户的使用,保证文件的安全性。文件管理包括对文件存储空间的管理、目录管理、文件的读写管理以及文件的共享与保护等。

(5) 作业管理

作业管理负责给将要执行的作业设立操作环境,如建立作业的数据基、分配资源、设定状态等。作业环境一旦建立,就为作业中的任务所使用。对于多任务系统,还必须具有任务管理即任务调度功能。

(6) 用户接口

用户与操作系统的接口是用户能方便地使用操作系统的关键所在。用户通常只需以命令形式、系统调用即程序接口形式与系统打交道。近代出现的图形接口,可以将文字、图形和

图象集成在一起,用非常容易识别的图标将系统的各种功能、各种应用程序和文件直观地表示出来,用户可以通过鼠标来取得操作系统的服务。

2. 操作系统的分类

按程序运行调度的方法可以将计算机操作系统分为以下几种类型:

(1) 顺序执行系统

即系统内只含一个运行程序,它独占 CPU 时间,按语句顺序执行该程序,直至执行完毕,另一程序才能启动运行。DOS 操作系统就属于这种系统。

(2) 分时操作系统

系统内同时可有多道程序运行。所谓同时,只是从宏观上说;实际上系统把 CPU 的时间按顺序分成若干片,每个时间片内执行不同的程序。这类系统支持多用户,当今广泛用于商业、金融领域,如 UNIX 操作系统。

(3) 实时操作系统

系统内同时有多道程序运行。每道程序各有不同的优先级。操作系统按事件触发使程序运行。多个事件发生时,系统按优先级高低确定哪道程序在此时此刻占有 CPU,以保证优先级高的事件实时信息及时被采集。实时操作系统是操作系统的的一个分支,也是最复杂的一个分支。

1.2.2 实时操作系统

实时操作系统主要是用于计算机实时系统中,实时操作系统除具有通用操作系统的特性和功能外,其主要特点是实时性强。它在任何时刻,总是保证优先级最高的任务占用 CPU。系统对现场不停机地监测,一旦有事件发生,系统能即刻做出相应的处理。这除了由硬件质量作为基本保证外,主要由实时操作系统内部的事件驱动方式及任务调度来决定。

通常实时操作系统具有以下特点:

1. 多作业环境

实时操作系统具有多作业功能。系统的作业管理功能为作业建立数据基、分配资源,即建立作业环境。应用系统可包含多个作业,每个作业环境如何设置并非实时性的,它是在系统初始化时执行的。这些初始化信息由应用系统设计员确定。一个作业环境下,可运行多个任务。系统初始化后,即作业环境建立后,任务的运行由任务调度程序管理。

在资源分配方面,实时系统的多作业、多任务引起的并发性、实时性要求操作系统对资源分配具有更强的控制能力。通常的工业测控系统采取设立前台与后台两个作业的分配办法。前台作业中包含实时采集、控制、处理有关的任务,任务优先级较高;后台作业包含对数据进行分析的任务和响应操作员请求,输出数据的任务,任务优先级较低。例如在工业生产控制中,前台作业中的任务实时控制着生产过程;后台作业对获得的实时数据进行分析、分类并将分析结果报告操作员。后台作业中的任务只能在前台任务运行的间隙期间内运行。

前台作业与后台作业并非完全孤立的,作业之间通过共享的存储区进行数据交换。即后台作业所需的数据由前台作业存储在设计时商定的内存区域内,或者记录在外存储器上。

在资源分配方面,以及在设置与调整前台与后台作业的功能方面,两个作业必然发生争

用计算机资源的矛盾。因此,在设计前、后台任务时应充分利用实时操作系统的其它特性,诸如任务的优先级调度方法,通信中的同步与互斥等,既不能损害前台作业的实时工作,还要保证前台收集的实时数据能准时、准确地输出。因此实时操作系统具有动态地调度资源的能力。

在实时操作系统中,前台作业在系统一开机后立即投入执行,无需进行作业调度,便不停地运行。而后台作业是在前台任务运行的间隙时间内运行。

2. 任务的事件驱动

在实时操作系统中,不同的任务有不同的驱动方式。实时任务总是由事件或时间驱动,可用图 1.2 表示。

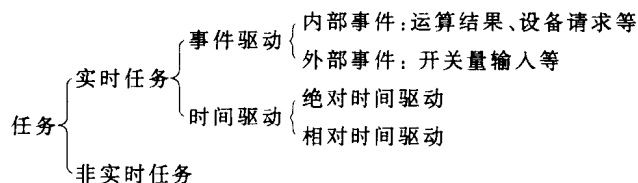


图 1.2 任务及其驱动方式

实时任务总是由于某事件发生或时间条件满足而被激活。事件有两种——内部事件和外部事件。内部事件驱动是指某一程序运行的结果导致另一任务的启动。运行结果可能是数据满足一定条件或超出一极限值;也可能是释放了某一资源,例如得到了某一设备而使任务得到运行环境。内部事件驱动的任务一般属于同步任务范畴。

最典型的实时任务是由外部事件驱动的。外部事件驱动常指工业现场状态发生变化或出现异常,立刻请求 CPU 处理。CPU 将中断正在执行的任务而优先响应外部请求,立即执行系统设计时设定的对应于该请求的中断任务。在实时系统中,外部事件发生是不可预测的,由外部事件驱动的任务是最重要的任务,它的优先级最高。在工业应用中,工程师、操作员键入命令也是一种外部事件,但比起现场状态变化来,它的实时性要求低得多;所以系统响应它们、执行命令的任务优先级也较低,通常把这类任务安排在后台作业中。

由时间驱动的任务有两种。一种是按绝对时间驱动,另一种是按相对时间驱动。

绝对时间驱动是指在某指定时刻执行的任务。例如监测系统中报表打印任务,一般是在操作员交接班时(班报告)、或夜间零点(日报告)、或每月末(月报告)执行,也就是在自然时钟的绝对时间执行。在网络系统中,绝对时间更重要,系统中有些数据交换、控制命令是以绝对时间为基准执行的。监控系统需要与卫星、电视台对时,就是为了与外部绝对时间同步。

相对时间驱动是指周期性执行的任务,总是相对上一次执行时间计时,执行时间间隔一定。除了周期性任务外,还有一些同步任务也可能由相对时间驱动,如等待某种条件到来,等待时间是编程设定的,例如认为被挂起一段时间。相对时间可用计算机内部时钟或软时钟计时。

实时操作系统中也包含一些无实时性要求的任务,如系统初始化任务,只是在系统启动时执行一次即可。

实时操作系统内任务有数量限制,不同系统允许的任务数量不同。每个任务对应一个任

务号。有些系统任务号与优先级数是一致的,有些却不一致,而是具有一种固定的对应关系。实时系统内任务按优先级排列,操作系统按优先级调度任务。有的实时系统还允许多个任务有相等的优先级,对同优先级任务再采取分时方式调度。应用任务的任务号和优先级,由应用系统设计人员根据现场需求在程序设计时指定,应用系统初始化程序执行分配。

3. 中断与中断优先级

中断是计算机中软件系统与硬件系统共同提供的功能。它包括中断源、中断优先级、中断处理程序及中断任务等相关概念。实时操作系统充分利用中断来改变 CPU 执行程序的顺序,达到实时处理目的。

通用的计算机主板上有一个或两个中断控制器,一个中断控制器可以与 8 个外部信号相连,见图 1.3。一旦外部信号变化,会有一个脉冲信号输入到中断控制器的状态寄存器中,并使控制器立即通知 CPU。系统中所有中断控制器共可以连几个外部信号则称系统有几个中断源。CPU 通过读中断状态寄存器,判别出哪个信号有变化,则认为该信号对应的外部事件发生,正在请求 CPU 处理。CPU 接到请求后,先仲裁该中断源的优先级是否比当前正在执行的任务优先级更高,若更高,则中断当前正在执行的程序而转向执行对应于该外部信号的中断处理程序。中断处理程序的长度是有限的,因此有些系统中,每个中断处理程序还可对应一个任务入口,使中断发生时执行任务中的代码,以便得到更多处理。这一任务提交给操作系统作为任务调度。这种与中断级对应、由外部事件驱动的任务又称为中断任务。

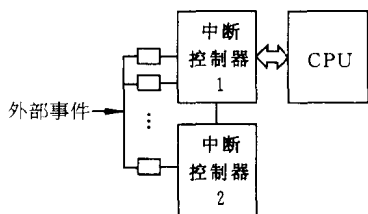


图 1.3 中断控制器与 CPU

系统内中断控制器能提供的中断源可通过增加硬件来扩充,但因为每个中断对应一个中断级,可扩充的数量是有限的。操作系统对每个中断级指定了优先级,称之为中断优先级。在多个中断源同时发出申请时,CPU 按优先级大小顺序处理。

这种总是保证优先级最高的任务占用 CPU 的方式,称为按优先级抢占式调度。中断源及中断优先级是实时系统赖以工作的基础。

有些中断源已由系统占用,对应的中断处理程序由系统提供。留给用户的中断源由用户自行确定与哪个外部信号相连、中断处理程序代码、是否设定中断任务及任务内容。应用程序设计前应明确了解系统中断优先级安排及已被占用的中断源,以保证按应用的轻重缓急要求,合理安排中断源及中断处理的优先权。

4. 同步与异步

实时系统中常用同步或异步来说明事件发生的时序或任务执行的顺序关系。由于事件 1 停止而引起事件 2 发生,或者必须有事件 2 发生,事件 3 才可能发生,如此类推,这一系列时间相关事件称为同步事件。由同步事件驱动的任务称为同步任务。使任务同步的目的是使相关任务在执行顺序上协调,不至于发生时间相关的差错,以保证任务互斥地访问系统的内存、外设等共享资源。

异步事件是指随机发生的事件。异步事件发生的因素很复杂,往往与工业现场有关,难以预测其发生的时间,因此异步事件又称随机事件。由异步事件驱动的任务称为异步任务。