

譯 序

随着我国计算机事业的蓬勃发展，微处理机已由研制阶段进入了工业生产和应用日益广泛的新时期。一个以微处理机广泛应用为标志的电子时代，在我国已经到来。为了适应这种电子时代新的发展趋势，满足广大读者对微处理机应用日益增长的需求，我们特意选译了这本书。我们希望通过本书使读者能了解当前国外微处理机的应用情况，掌握其应用技术，有助于微处理机在我国工业和生活领域中的普遍应用。

本书系1982年由几个国家的大学教授和各研究机构的专家所著，内容丰富充实，不仅从理论上，而且主要是从工程实践上较全面地阐述了微处理机在国防、工业生产、电机、化工、交通、电力和造纸等领域中的广泛应用，并附有应用实例。因此，本书不仅对我国正在或即将从事于微机工作的科研人员、工程技术人员，而且对各大专院校有关专业的师生，无疑也是一本很有实用价值的参考书。

本书共分为十九章。第一、二、三、四、五和八章由方振翻译，第一、二、三、四、五章由孟汉城校对，第八章由田宏甫校对。第六和七章由徐景方翻译，赵世范和田宏甫校对。第九和十章由孟汉城翻译，方振校对。第十一章由唐佑君翻译，沈秀存校对。第十二章由沈秀存翻译，唐佑君校对。第十三章和十五章由李高风翻译，李连仲校对。第十四章由李连仲翻译，李高风校对。第十六章由田春庭翻译，叶文达校对。第十七章由叶文达翻译，田春庭校对。第十八和十九两章则由孟庆元翻译，张锡平校对。

在此，我们对参加校对工作的同志，表示诚挚的感谢。

由于译校者水平有限，加之时间仓促，书中难免有错译或不妥之处，希望广大读者批评指正。

序 言

近几年来,大规模集成技术(LSI)得到了迅猛发展,从而使数字逻辑电路的体积大幅度减小,价格大跌。计算机系统部件已从分立元件发展到在一块单片上含有许多逻辑电路的复杂的集成电路。微处理机的诞生及其广泛的应用已改变了信号处理、测量和控制工程等领域的基本原理。以微处理机为基础的数字信号处理系统和控制器已取代了以标准的模拟和数字计算设备为基础的常规的数字信号处理系统和控制器。到了1971年末和1972年初已经出现了第一批微处理机和“单片”计算机。自那以后,微处理机的进展及其应用数量的猛增,引起了人们极大的注目。日前,人们正在不断地探索系统新的概念和研制新的硬件和软件工具,以有助于微处理机来完成其复杂的多任务。

本书的目的是要向读者提供一系列内容有内在联系且又互为补充的论文,这些论文叙述了微处理机在各个重要方面及其在信号处理、测量和控制系统中的应用。大多数论文的内容都非常充实,且全面地阐述了各个课题。虽然在一本书内难以详述微处理机在信号处理、测量和控制等领域中的所有应用,但读者仍可在这里发现大多数应用中所采用的主要处理方式、工具和技术。第一章概述了本书的内容,并一般介绍了微处理机及其应用。

这里,假设读者在阅读本书之前已对微处理机的基本知识有所了解,因此,本书不打算对微处理机及其所涉及的应用领域作泛泛的介绍。当然,本书每一章的内容都是独立完整的,读者可以很容易地根据自己特殊的兴趣来研究有关章节。由于本书汇集了许多从事于各个不同领域的专家们的丰富经验,因此为读者提供了许多设计途径和解决实际工作中疑难问题的方法。对那些正在探求可供选择的设计和解决办法的读者来说,无疑具有很大的参考价值。

作者十分感谢同事们为本书所提供的宝贵经验。要不是他们的帮助,本书本来就不可能出版。

尽管本书各章节的编排和写作风格都有所不同,但作者深信,各大专院校的师生、科学工作者和工程技术人员都将会发现,本书对了解当前以微处理机为基础的模式试验、信息处理、测量、控制系统设计和自动化技术,将起非常有用的指南作用。

Spyros G. Tzafestas

目 录

第一部分 概 况

第一章 微处理机及其应用—本书梗概

1.1 引 言	(1)
1.2 微处理机的性能	(1)
1.3 微处理机的应用	(2)
1.4 用微处理机设计教育控制系统	(3)
1.5 本书梗概	(4)
参考文献 (略)	

第二章 微型计算机系统在实时中的应用

2.1 实时处理	(7)
2.2 实时硬件设计	(8)
2.3 实时程序设计条件	(12)
2.4 分布式实时系统	(17)
参考文献 (略)	

第三章 微处理机在控制应用中的硬件和软件问题

3.1 引 言	(20)
3.2 硬件问题	(21)
3.3 软件问题	(26)
3.4 结 论	(27)
参考文献 (略)	

第二部分 信号处理

第四章 用信号处理机来设计和实现数字滤波器

4.1 引 言	(28)
4.2 无限脉冲响应滤波器的设计	(29)
4.3 有限脉冲响应滤波器的设计	(34)
4.4 数字滤波器实现结构	(35)

4.5 数字滤波器的实现	(40)
参考文献(略)	
附 录	(43)

第五章 以微处理机为基础的波形分析仪及其应用

5.1 引 言	(45)
5.2 系统部件	(48)
5.3 信号处理算法	(55)
5.4 应 用	(57)
参考文献(略)	

第六章 以微型计算机为基础的交互图象处理

6.1 引 言	(63)
6.2 交互图象处理系统	(63)
6.3 一种以微处理机为基础的交互图象处理系统	(68)
6.4 以微型计算机为基础的先进的图象处理系统	(73)
6.5 结 论	(76)
6.6 感 谢	(76)
参考文献(略)	
附 录	(76)

第七章 以微型计算机为基础的状态观测器及其应用

7.1 引 言	(78)
7.2 状态估计问题:某些实际考虑	(79)
7.3 用微型计算机实现状态观测器:线性无噪声情况	(80)
7.4 用于噪声污染输出的状态观测器	(84)
7.5 非线性系统用的观测器	(85)
7.6 仿真结果	(86)
7.7 结 论	(88)
参考文献(略)	
附录:硬件和软件的详细情况	(88)

第八章 用微处理机对过程监控实现状态估计

8.1 引 言	(90)
8.2 目前发展水平	(91)
8.3 状态估计算法	(91)
8.4 应 用	(95)
8.5 结 论	(101)
参考文献(略)	

第三部分 测 量

第九章 以微处理机为基础的测量系统

9.1 引 言	(102)
9.2 以微处理机为基础的系统的结构和组织	(104)
9.3 测量系统中的微处理机	(109)
9.4 展望未来	(119)

第十章 微处理机在核装置数据测量中的应用

10.1 引 言	(121)
10.2 <i>Harford</i> 核反应堆的描述	(122)
10.3 实例讨论	(123)
10.4 以微处理机为基础的计算与分析系统	(123)
10.5 连接微处理机和小型计算机的数据通信网络	(126)
10.6 控制间显示器的高速数据处理	(128)
参考文献 (略)	

目 录

第四部分 控制器

12P/3/04

第十一章 以微处理机为基础的工业控制器

11.1 工业控制器的应用.....	(133)
11.2 微处理机的体系结构.....	(136)
11.3 可编程控制器.....	(137)
11.4 可编程逻辑控制器和闭环控制器.....	(144)
11.5 体系结构的演变.....	(148)
11.6 结 论.....	(149)

参考文献 (略)

第十二章 数字控制器及其微处理机化的实现

12.1 引 言.....	(150)
12.2 微处理机与微控制器.....	(151)
12.3 经典数字控制器.....	(157)
12.4 最小方差控制器和自校准控制器.....	(165)
12.5 数字状态反馈控制器.....	(169)
12.6 以微处理机为基础的控制器应用实例.....	(175)
12.7 结 论.....	(180)

参考文献 (略)

第五部分 微处理机在控制和自动化中的应用

第十三章 电机转速的微机控制

13.1 引 言.....	(181)
13.2 以微处理机为基础的转速控制系统的基本概念.....	(182)
12.3 现代控制理论的应用.....	(184)
13.4 直流驱动系统.....	(187)
13.5 感应电机驱动装置.....	(189)
13.6 同步电机驱动装置.....	(189)
13.7 结 论.....	(191)

参考文献 (略)

第十四章 关于可控硅整流器电机系统控制的微处理机算法

14.1 引言	(192)
14.2 电机转速控制模型	(193)
14.3 数字转速控制	(198)
14.4 数字位置控制器	(203)
14.5 触发角限制	(203)
14.6 实验结果	(205)
参考文献(略)	
附录	(205)

第十五章 相控变流器和变频器的微机控制

15.1 引言	(208)
15.2 基本原理介绍	(209)
15.3 应用微处理机控制的动力	(213)
15.4 数字相控的应用范围	(214)
15.5 结论	(219)
参考文献(略)	

第十六章 工业机器人及其微型机控制器

16.1 工业机器人的类型:机械结构,自由度,硬件和软件特性,应用范围	(221)
16.2 串行臂(拟人式)操作器的行程控制	(225)
16.3 六自由度串行臂机械手控制器的硬件结构	(228)
16.4 工业机器人的应用和未来发展	(231)
参考文献(略)	

第十七章 微型计算机在电力系统变电站自动化中的应用

17.1 引言	(234)
17.2 背景:电力系统变电站自动化的状况	(234)
17.3 硬件设计的基本考虑	(236)
17.4 微型计算机的应用	(238)
17.5 结论	(244)
参考文献(略)	

第十八章 微型计算机在纸浆和造纸工业中的应用

18.1	引 言	(246)
18.2	当前造纸工业状况	(248)
18.3	微型计算机在纸浆和造纸工业中的典型应用	(254)
18.4	发展方向和结论	(259)
	参考文献 (略)	

第十九章 微处理机在铁路控制系统中的应用

19.1	微处理机在铁路系统中的应用	(261)
19.2	微处理机在铁路系统中的新应用	(267)
	参考文献 (略)	
	主题索引	(280)

第一部分 概 况

第一章 微处理机及其应用一本书梗概

S. G. Tzafestas

希腊 Patras 大学控制系统实验室

1.1 引 言

微处理机已被公认为电子和系统设计者[1-9]的重要工具。与六十年代大型数字计算机对信号处理和控制产生深远影响相似,以微处理机为基础的计算系统对信号处理和控制也产生了很大的影响。这种系统成功之处在于其价格低廉,设计灵活。1963年和1965年PDP-5和PDP-8小型计算机相继问世以后,信号处理机和计算机控制所需费用均不断地下降(每年下降约30%),其主要原因是半导体集成电路技术得到了改善。从PDP-8(该机主要用机器语言和汇编语言编程的)过渡到VAX-11(一种用高级语言的机器)足足用了15年的时间,而微处理机却只用了上述不到一半的时间就取得了类似的进展。由于微处理机在仪表测试、信号处理和控制应用中,具有体积小和模块性等优点,故使它有可能用于以前需要昂贵的专用计算机的新的场合。实际上,微处理机的应用与其说受到其工艺的限制,倒不如说更受到用户创造力的限制。由于越来越多的设计人员熟悉微处理机的性能,因此以微处理机为基础的大量新的应用迅猛增长。值得注意的是,只有短短的几年时间里,微处理机已从实验室应用发展到批量生产,并应用了以微处理机为基础的系统。当然,在微处理机的初期发展阶段,这种新技术仅仅只用来取代晶体管-晶体管逻辑(TTL)系统,而今天越来越多的产品都离不开微处理机。

1.2 微处理机的性能

微处理机是半导体工业发展的结果,以适应在单个集成电路上集成越来越多的晶体管。与老式器件相比,微处理机只需要用少量的芯片,便能实现规定的功能。微处理机已用程序逻辑取代了硬连线逻辑。程序逻辑可保存在只读存储器(ROM)内,从而使得每片具有更多的功能。如果增加几个集成电路,那么就可以以强大的逻辑能力来充实任何基本的微处理机模件。现代微处理机应用的最重要的特性并不只局限于取代硬连线逻辑或取代低档小型计算机,因为在电子设计的基本原理和把微处理机用在采用大型计算机不太经济的新场合方面,都发生了实质性的变化。微处理机最大的缺点是运算速度低。与小型计算机相比,微型计算机的指令系统较小、功能较少,且软件支援也较弱。

由于连线和中小规模(SSJ/MSI)器件正在被存储器的位所取代,因此,与硬连线

逻辑相比,微处理机具有较大的灵活性。因此,如果需要修改、改进和扩展产品,只需要改程序和代替内存的位即可,毋须要求设计新的硬件,也不需要取代逻辑门和互连。

必须注意,一般来说,微处理机虽然运算速度低,但快速实时程序却是专门为运算速度要求低的工业应用(如加热装置,读同步信号等)而编写的。要求较快的运算速度时,普通单片微处理机(μP)的速度就不足够快,此时可采用位片体系结构的多片微处理机。大多数这种微处理机可用于微程序控制。

微处理机可取代小型计算机,用于工业控制过程,从而可使成本降低二分之一还多。最初,微处理机曾是现有小型计算机按比例缩小的改型机,这就几乎原封不动地采用了小型计算机的控制软件。然而,今天人们正在从头开始设计具有独特性能的许多微型计算机系统。

与随机逻辑系统相比,以微处理机为基础的系统具有以下一些主要优点:

- ① 制造成本低(只有TTL系统的60%到20%)。
- ② 原始设计和研制周期较短,成本较低。
- ③ 组建新系统快,非常适应于实际的需求。
- ④ 用较低的费用可获得较多的功能(即以相同的或较低的成本可获得较好的产品)。
- ⑤ 元件和连线的数量较少,因而提高了整个系统的可靠性。
- ⑥ 由于采用了检测故障用的自诊断程序,因而大大减低了维护费用。

1.3 微处理机的应用

如果看一下下述当前微处理机的应用表,我们就会知道,大多数微处理机都可用于测量、仪表测试、自动测试、数据采集系统、工业控制、自动化、信号处理、通信、宇航和军用系统等领域。此外,微处理机还可用于事务设备、商务机器、计算机、数据采集和通信设备以及售货点终端。由于用小量的追加费用即可提高以微处理机为基础的系统功能,并充实其工作指令表,因此目前存在着这样的一种趋势,即在相同的系统上所含有的功能要比过去用旧的设计方法所实现的功能要多。这种情况对测量系统和仪表测试系统来说尤其如此,这些由于增加了遥控、可编程序性和外围接口等,因而变得越来越复杂,功能也越来越强大。目前,微处理机正在在以前用机电手段而不是用电子手段进行工作的那些场合获得了应用。例如,它正用于建筑上的提升机构、交通管理色灯、家用电器以及鸡尾酒的配比等。可以预料,越来越多目前正在采用机电器件的系统,将逐渐被以微处理机为基础的系统所取代。

下面是当前有代表性的微处理机应用一览表:

—宇航	—测量
—自动化/机器人	—医疗
—通信	—军事
—计算技术	—数字机
—消费品	—电力系统
—家用电器	—事务设备
—教育	—信号处理

- | | |
|-------|-------|
| —工业控制 | —测试系统 |
| —仪表测试 | —运输 |
| —管理 | —其他 |

1.4 用微处理机设计教育控制系统

在微处理机的许多用途中，我们在这里仅举计算机辅助设计教育控制系统一例来加以说明，在本书的其他章节里将不再另行讨论。教育控制系统的基本问题是：教什么？如何教学？当前的趋势是要了解控制系统的设计（在分析所需要背景以后）[4]。这意味着学生们多半必将会遇到“未解决的设计问题”，即无独特解决办法的问题。在遇到这样一种未解决的设计问题时，人们必须在不同的解决办法中，选择什么类型的折衷方案，方被人们所接受，而且必须研究约束，以使这些约束比较适度，并且尽可能地减小约束数。当然，学生们首先要熟悉那些已解决问题的那些特有的已知解法。

在参考文献[2]中，介绍了一种教育系统，这种教育系统是以Zilog Z—80处理机为基础的，已由英国机器研究有限公司研制成380Z系统。软件程序（用Basic语言编制）已由教育大学编制。这种系统被取名为“Cycloid”（Cybernetic Computerised Learning of Interactive Design），因为它是一种“交互设计的计算机控制教育系统”。

控制系统设计人员可在显示器上获得系统对各种不同的输入指令和干扰响应的数字信息和图形信息。这种系统令人感兴趣的一个特点是程序具有一个“指令结构”，并且它能向设计人员发送“下一步干什么？”的提示符号。此时，设计人员只需按下信息键HELP，即可请求支援，并可得到一个令人满意的回答表。从这种意义上来说，设计人员开始使用该系统时，不需要手控指令，也不需要操作指令。

程序曾用经典频域法编写，从而可使学生们能用奈奎斯特图和逆奈奎斯特图来设计SISO（单输入/单输出）控制系统，并测试该系统对各种不同输入的时间响应。

程序所采用的实际闭环结构，在类型的控制下要涉及到一个转移函数，即

$$G(s) = K_p e^{-T_d s} / s^q (1 + \tau_1 s) (1 + \tau_2 s) (1 + \tau_3 s),$$

一个类型串行补偿器，即

$$G_c(s) = (K_1 + K_2/s) (1 + T_d s) / (1 + T_e s),$$

和一个采用 $G(s)$ 的速度类型反馈补偿器，即

$$G_f(s) = K_f s$$

受控系统的结构可通过把任何时间常数 τ_1 ， τ_2 和 τ_3 置零来进行调整。系统类型指数 q 必须选为0，1或2。关于接口，Cycloid系统的软件、某些用途，经验和扩充等详细情况，均请参见参考文献[2]。

与其他许多程序相比，Cycloid系统的主要优点是指令结构，这种指令结构可使用户向计算机请求响应。这就和面向“任选项”的程序大不相同。在那种程序里，设计人员必须有一个由计算机规定的特定通路，方可获得一个特定的响应。必须指出，虽然微型机软件不能直接移植，但若把Cycloid系统转用于其他微型计算机，程序不要作很大的改动。

参考文献[9]描写了另一种教育控制系统。这种系统适宜于采用经典采样数据控制理论和

现代多变量控制方法的教学数字控制设计(见本书第13章)。由于工业界越来越欢迎用数字处理机来提供更可靠、更经济、更有效的各种过程控制,故这种系统尤显重要。目前,大学里的系统和控制工程系的四年级学生和攻读硕士学位的研究生日益对数字控制这门学科发生浓厚的兴趣。

过去,数字控制技术的性能在实验室里曾用模拟/混合装置或通过直接存取通用小型机来进行研究的,而如今人们把注意力集中在采用微型计算机与模拟器协同工作来处理受控过程。

参考文献[9]中的教学系统根据Texas(德克萨斯)仪器公司的990/4单板机研制而成。该单板机采用了一个16位的TMS 9900微处理机,一个4K字的RAM(随机存储器)和一个512个字的PROM(可编程只读存储器)。所有的程序皆用汇编语言编写。存储器的转换接口能容纳6个模拟输入通道(带有10位的模数转换器)、4个模拟输出(带有8位的数模转换器)和16个数字控制输入。控制程序存储在磁带内,并借助卡式数据记录仪和标准串行接口装入内存。学生可用交互对话方式通过显示终端修改程序参数。

下面是已被开发的一些程序包:

① 数字转移函数程序:此程序可供人们研究基于控制算法的各种SISO控制设计方法。

$$u_k = b_0 e_k + b_1 e_{k-1} + \cdots + b_n e_{k-n} - (a_1 u_{k-1} + \cdots + a_n u_{k-n})$$

式中, e_k 为采样误差, u_k 是在 $t = kT$ 时刻被计算过程的控制输入, T 为采样时间间隔。

② 三项(PID)直接数字控制(DDC)程序。

③ 最佳数字状态反馈控制程序:此程序可供人们研究各种最佳控制器(二次控制器、最佳时间控制器等)。

此系统已被用来补充和充实控制理论课程的内容、它对学生确实很有参考价值,因为它可以帮助他们更好地研究数字控制的各个实际问题(硬件和软件)。如果设计人员欲通过本地计算机终端得到一个控制设计程序包,则可能会极大地增加受控系统的指令表和复杂性。目前,作者正根据自调谐数字控制器的原理,研制这种类型的程序包,以用于DAI(国际数据应用公司)微型计算机开发系统。

1.5 本书梗概

本书分为五大部分。第一部分(概况)有三章。第一章对本书进行简介,并讨论了微处理机的性能,应用及其在教学控制系统设计中的作用。这一章实际上对本书的内容做一番概括性的描述。第二章由Civera, Del Conso 和 Gregonnetti撰写,介绍了当微处理机系统在实时中应用时所产生的一些问题。实时系统可分为两类,即“软”实时系统和“硬”实时系统。在“软”实时系统中,当在规定的时限内完成计算时(按平均值),被认为是正确的,而在“硬”实时系统中,当计算机在规定的时限内不能完成计算时,系统就会发生故障。“硬件设计”(数字传送、输入/输出技术、硬件/软件的折衷方案,外围控制器),“实时程序设计”(语言、并行运行时间支援、调试支援),以及分布式实时系统,这些都是要被研究的问题。第三章由Tabak撰写,讨论了硬件实现的基本原理和以微处理机为基础的控制系统的软件准备。此外,还给出了微型控制器的一般方框图,讨论了采样周期的选择、定时结构以及量化效应。

第二部分(信号处理)共有五章。第四章由Chen撰写,评述了基本的无限脉冲响应(IIR)滤波器和有限脉冲响应(FIR)滤波器,着重讨论了设计IIR滤波器的各种模数转换方法和设计FIR滤波器的开窗方法及频率响应法。此外,还论述了用INTEL 2920 信号处理机来论证数字滤波器的四个基本操作(即输出/输入、加/减、乘和延迟)的执行过程。第五章由Tackson和Prendergast两人撰写,这章描述了用数字信号来研究微处理机的性能,以对波形进行分析。这种研究首先涉及到“宽带”信号,这种信号要求用转换速度极快的数/模转换器来进行处理。然后,研究了模拟信号量化操作所产生的各种约束,并附有两个特殊的应用实例(半导体器件测试和信号频率分析)。第六章是由Cady和Hodgson撰写,这章分析了交互图象处理系统,其中包括该系统的硬件和软件问题。在描写了某些典型的用途以后,介绍了三种新的以微处理机为基础的图象处理系统,即四通道多光谱遥感系统,Canterbury大学研制的高分辨率图象处理系统和一种目前正由Montana州立大学研制的类似系统。第七章由Sinha撰写,讨论了用计算机来实现Luenberger动态系统状态观测器,考虑了两种实施方案,它们是建立在分离时间模型和现有系统块函数近似法的基础上。此外,这一章还提供了非线性系统的扩展,给出了某些模拟结果,并简略地描述了硬件和软件问题。第二部分的最后一章即第八章由Holmberg和Orava两人合写,这章论述了以微处理机为基础的并与过程监视和控制有关的状态估计,并根据现有的资料简单介绍了微处理机的目前发展水平。被考虑的估计算法有Luenberger观测器,卡尔曼-布西(Kalman-Bucy)滤波器、扩展卡尔曼滤波器和联机非线性滤波器。此外,还阐述了有关污水处理过程状态估计和pH控制过程的重要应用。

第三部分(测量)有两章。第九章由Sowinski撰写,在这章里,介绍了以微处理机为基础的系统中一般性问题和所采用的技术。它们涉及以微处理机为基础的系统的结构和编排,以微处理机为基础的测量系统所要完成的任务,系统测试和系统开发问题,以及硬件与软件折衷方案等问题。第十章由Toffer所写,这章集中讨论了微处理机在核装置数据采集和显示中的应用,特别研究了微处理机在由UNC核工业部门所管理的Hanford核反应堆中的应用,即用智能终端对通量数据进行采集与分析,用微处理机网络监控旋转机器所产生的振动强度,并用数字图象处理机来显示核反应堆的控制参数。这些特殊的应用足以说明微处理机和小型机都能同样适用于其他核系统或工业系统。

第四部分(控制器)分为两章。第十一章由Tendulkar撰写,专门研究了独立结构和分层结构的以微处理机为基础的工业控制器。在简略介绍了工业控制器的应用和微处理机体系结构后,本章考虑了可编程控制器,与硬连线系统相比,这类控制器具有相当多的优点。这章还较详尽地论述了用于逻辑和快速闭环控制的“万能”可编程控制器。最后,还研究了控制器体系结构的发展趋势,软件的影响和体系结构的演变。第十二章由Tzafestas撰写,这章为各种数字控制器提供了设计方程。这些数字控制器包括有经典补偿器、PID控制器、最小方差/自校正控制器和许多状态控制器(如最优控制器、本征值分配控制器、模型匹配控制器、无振荡控制器,最小方差控制器和模型参照控制器等)。本章简述了微型控制器和并行结构控制器,并概述了可实现控制器的最新微处理机。最后,本章还例举了用微处理机来实现数字控制器(如PID控制器、自校正控制器、伺服控制器、自选择控制器、最优控制器和多级控制器等)的几个有代表性的实例。

第五部分(微处理机在控制和自动化方面的应用)包括第十三章到第十九章共七章。第十

三章由Harashima撰写,介绍了采用微处理机的电机系统的转速控制系统目前技术发展水平。本章经简略评述了以微处理机为基础的电机控制系统的最新进展后,根据速度、精度、坚固性和最佳性,研究了现代控制技术中的应用。这章还附有以微处理机为基础的电机转速控制系统的三个重要的实例。第十四章由Plant撰写,介绍了用微处理机控制的三相可控硅整流器(SCR)控制的直流电机系统用的一种新的算法,给出了两种查表法,以根据所需转速,确定开环额定稳态SCR触发角和电流。然后,根据每一个可控硅整流器触发瞬时的抽样,介绍了额定SCR触发角的反馈校正,提供并使用了系统方程的线性过程,以及模拟三马力的电机来研究控制法的效果。第十五章由Tso撰写,这章评述了用于变流器和变频器的相控原理,研究了以微处理机为基础的实施方案。由于变流器和变频器的大量应用,加之人们越来越欢迎把微处理机作为基本的计算和控制部件,因而极大地推动了这一方面的发展。第十六章由Bertino撰写,这章一般讨论了工业机器人在自动化过程中的应用,并讨论了如何用微处理机来控制机器人。先讨论了根据机械结构、活动度、硬件软件特性和应用范围的几种工业机器人的分类方法,然后研究了拟人机械手的路径控制和用于这种机械手的控制部件的硬件结构。本章最后部分提出了机器人的几种用途及其未来可能的发展趋势。第十七章是由Nguyen, Grondin, Jacques和Le合写,该章描述了微型计算机在电力系统中的应用,特别着重阐述了它在变电站自动化中的应用。概述了两种特殊的用途,即传输线路保护用的数字系统和控制抽头变换的电源变压器的电压调节系统。这种讨论还包括硬件设计和微型计算机实现方面一些基本问题。第十八章由Uronen撰写,论述了微处理机在纸浆和造纸工业控制与自动化中的几种典型用途。可以断定,经典过程在横向方面将日益与其他功能(如材料处理、维护和销售)结合起来,而在纵向方面则与管理功能和电子数据处理功能紧密结合起来。因此,人们将采用一种分层控制法和判定支援系统。这种系统有助于最佳管理非结构决策状态。这章还讨论了过程自动化的几个方面如分布式数字控制、数据公路、智能传感器、软件实施、识别筛选等。第十九章系本书最后的一章,这章专门研究了微处理机在铁路系统控制和自动化中的应用。首先,它简略描述了微处理机在车载监控设备、交通管理系统、旅客信息系统和调车场控制系统等方面的重要应用。尔后,介绍了铁路控制系统的目前技术发展水平,其中包括城市间列车节能运行、无干扰交流电机的驱动系统和用微处理机来实现信号系统的故障保险功能等。

参考文献(略)

第二章 微型计算机系统在实时中的应用

P. Civera, D. Del Corso

意大利都灵工业大学电子系

2.1 实时处理

几年前，人们引入“实时”这一术语，其目的是将计算中包括处理机与外界发生直接交互作用的一类计算，与将数据和程序“成批”地输入计算机，并在计算中不参考外部环境信息而给出计算结果的“成批”处理相区分。

一般来说，交互计算是由三种操作组成：对来自周围环境的数据或事件进行采集；对数据或事件进行处理；将处理结果或动作送回外界。因此，“实时”这个术语来源于这样一个事实，即这些计算受外界事件触发，而且计算结果除与输入数据和计算有关外，还与执行指令过程中变化的“时间”值或执行指令的持续时间有关。这样的定义具有极大的普遍性，因而实际上可广泛用于计算机的各种应用，如从银行业务用的计算机网络到工业过程的控制，从商业上的电子游戏到复杂的武器系统的控制。

尽管如此，实时系统可分为两大类。在第一类实时系统中，当在某一规定时间间隔内的平均执行时间低于某一给定的最大定时，计算被认为是正确的。一般来说，这些系统的特性可以用一种统计的形式来确定。如“三秒钟必须完成97%的操作次数”，或“每秒平均执行速率为50次操作”。

对于这类系统而言，因定时约束不是绝对的，因此，人们创造出“软实时”这个术语来描述它们。图1给出了这类系统的一个典型实例，即统计多路转接器。这种转接器把几个低速终端的输出都集中到一条与计算机相连的高速链路上。允许的终端数 N 一般要大于线路速度 A 与终端速度 B 之比，这是因为在大多数时间里，只有几个终端才同时发送或接收数据。当许多终端要同时工作时，则其中几个终端将暂时被封锁，处于等待状态。

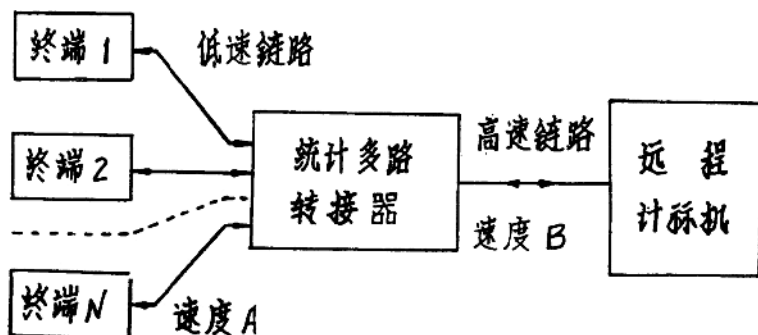


图1 统计多路转接器

如果计算机在某一规定时间内不能完成计算而导致整个系统失效，则通常采用第二类实时系统。属于这一类系统的有：机器自动化，过程控制，图象识别，武器和防御领域所用的许多所谓“事件激励”系统。时限可从几毫秒变到许多秒不等。它能连续用于系统的正常功能或只在某些特殊情况（象电源故障）下起作用，但超过时限，会使系统造成严重的故障。因此，人们对这类系统用了“硬实时”这个术语。

图 2 给出了几个实例来说明不同的实时应用时极宽的时限范围。

显然，要满足实时要求，必须要采用具有足够能力和速度的处理硬件，并要采用恰当的程序设计技术。然而，我们必须考虑到提高硬件的能力和改进行程的性能，需要花费很多的钱。因此，实际的目标就是要在复杂性、程序的改进和系统成本间选择一个折衷方案。显然，不存在能解决所有实时问题的万能解决办法。设备（硬件和软件）必须设计成适合特定用途的要求。然而，我们介绍的这些硬件设计方法可广泛地用于实时机器以提高处理速度。另外，我们介绍的编写可靠实时程序的方法也是可信的。这就是模块化，备有证明文件，且可维护。

机载雷达防御系统中图象的采集与分析	100微秒
燃料发动机中火花时间的控制	2 毫秒
机床机械部件运动的控制	20毫秒
与电子游戏终端的交互作用	100毫秒
BSC 类型通信协议的处理	< 1 秒
与银行业务终端的交互作用	几秒
室温的控制	几分钟

图 2 几种类型的时限

2.2 实时硬件设计

微型计算机系统是由一个中央处理机（CPU）、若干个存储器 and 输入/输出接口组成，其间用总线相连，如图 3 所示。

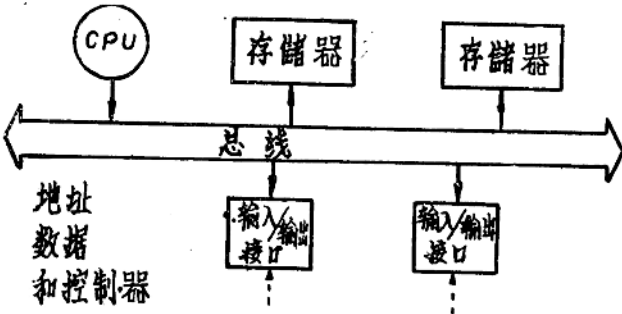


图 3 微型计算机系统通用的结构

存储器既可存储程序也可存储数据。数据是程序本身所用的或产生的。与外界的任何交互作用，均通过几个输入/输出接口设备来完成。所有的操作皆由CPU控制。CPU在执行程序时，控制信息（数据和指令）在总线中传送。控制总线通道的模块称为MASTER

(主模块)，其他模块叫做 *SLAVE* (从模块)。图 3 中唯一的主模块就是 *CPU*。任何从设备(存储单元或输入/输出寄存器)均由 *ADDRESS* (地址)来识别。

程序的执行包括按顺序从存储器取出或向其送入数据、输入/输出操作、逻辑运算或算术运算。因此，要提高执行速度，必须实现数据快速传送，快速输入/输出处理和快速运算。在下面各节中，我们将讨论如何通过把功能从软件转移到硬件，也就是说通过在各级采用“分布处理”技术来提高执行速度。

2.2.1 数据传送

CPU 常常用于诸如在存储器和输入/输出接口之间传送数据块这样的重复性任务。为要执行这些操作，该处理机循环控制某一程序段。在这个程序段里，除了传送数据外，它还取出指令，对指令进行译码，修改指示字和计数器，以及检验 *END*(结束)状态等。一种比较有效的方法是把所有这些功能都分配给某一专用设备，然后由它用硬件直接地来实现指示字和计数器的计数。在这种情况下，系统可摆脱很长的程序执行过程，因为数据传送可由该专用设备来完成。这种方法称为直接存储器存取 (*DMA*)，处理数据传送的专用设备叫做 *DMA* 控制器。

DMA 控制器管理在存储器和输入/输出装置之间或内存贮器和外存贮器 (如磁盘和磁带) 之间交换数据块所需要的全部活动。因此，它是一个主模块。这种方法对传送大量信息特别有用，因为这些操作如果在程序控制下由 *CPU* 来执行，需要很长时间。

我们还必须考虑到，在 *CPU* 控制下传送数据包时，其他指令执行是被封锁的。采用 *DMA* 方法时，*CPU* 必须预置 *DMA* 的各参数 (源地址、目的地址、数据块容量等)，然后等待 *DMA* 操作结束，或者如果系统总线支援交叉存取传送循环，则 *CPU* 必须继续其他的运算。

在大多数情况下，系统只有一根与 *DMA* 和其他 *CPU* 活动所共享的总线。这种情况在 *DMA* 传送时就会减慢程序的执行速度，因为 *CPU* 只能在总线空闲时，才能对存储器进行存取。然而，即使存在这种局限性，但当要求存储器快速传送时，就必须采用这种 *DMA* 方法。必须指出，每次传送时，*DMA* 控制器必须选择两个从设备：存储器和输入/输出接口。通常，存储器通过总线寻址，而输入/输出接口则借助于直接点对点线路进行处理，不受总线影响。由于这个缘故，输入/输出模块本身要装有 *DMA* 电路，而且研究工作一开始就必须加以设计，以便在这种特殊场合使用。图 4 表示 *DMA* 控制器的连接方法。

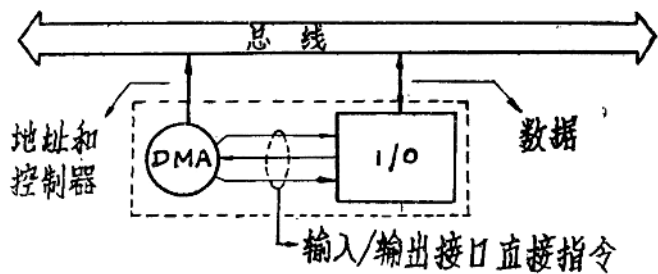


图 4 控制器的连接方法