

微机系统与信号处理

C. K. 荣

〔英〕K. G. 比尤彻普 著

G. P. S. 鲁宾逊

科学出版社

微机系统与信号处理

C. K. 荣

[英] K. G. 比尤彻普 著

G. P. S. 鲁宾逊

许耀昌 等 译

科学出版社

1988

内 容 简 介

本书是关于微处理机系统及其在信号处理方面应用的著作。书中着重介绍微处理机系统的基本概念。全书共九章。前六章主要介绍数字电路的基本概念、微处理机的编程技术、软件开发和输入输出系统。后三章讨论微处理机系统在信号处理方面的应用。

本书概念清楚,理论结合实际,特别适合工程应用。

本书可供电子工程、信息科学、微机应用、自动化、生物工程等专业的高等院校师生及有关科学研究人员参考。

C.K. Yuen K.G. Beauchamp G.P.S. Robinson
MICROPROCESSOR SYSTEMS AND THEIR
APPLICATION TO SIGNAL PROCESSING

Academic Press, 1982

微机系统与信号处理

C. K. 荣

[英] K. G. 比尤彻普 著

G. P. S. 鲁宾逊

许耀昌 等 译

责任编辑 张英娥 刘兴民

科学出版社 出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1988 年 5 月第 一 版 开本: 787×1092 1/32

1988 年 5 月第一次印刷 印张: 11 7/8

印数: 0001—4,500 字数: 268,000

ISBN 7-03-000322-5/TN·14

定价: 3.10 元

译 者 的 话

近年来,我国微型计算机的生产、科研和应用有了很大的发展.当务之急是大力进行应用开发,使微型计算机能充分发挥作用,推动四化建设的进展.

在众多的应用领域中,信号处理是一个重要的方面.通信、遥感、声纳、生物、医学、航天、资源勘探、电子测量等各个领域都在采用信号处理的研究方法和设备.微型计算机系统应用于信号处理领域,有利于信号处理系统向小型化、自动化和多功能化方向发展,从而大大提高用数字技术作信号处理的灵活性、快速性和经济性.本书从微处理机硬件、软件的基本知识开始,由浅入深地讨论了微处理机系统技术的各个方面,结合信号处理的两个主题——快速傅里叶变换及数字滤波,从应用开发角度对微机数字信号处理系统作了全面的讨论.本书特点是概念清楚,从应用观点将信号处理和微机系统结合起来.这对从事信号处理科学及微机系统的广大科技工作者以及高等院校有关专业的师生均有较大的启发.我们希望本书的翻译出版,能对微机系统在信号处理领域中的应用、普及和推广作出微薄的贡献.

本书第一章至第四章由侯朝焕翻译,第五章由朱正中翻译,第六章至第九章由许耀昌翻译.全书由许耀昌、王德隽校订.

由于译者水平所限,译文中还会存在错误和不当之处,希望读者批评指正.

前 言

本书的主要读者对象是希望获得微处理机硬件和软件基本知识的科学工作者和工程师，以便于他们把微电子技术应用于与信号测量、采集和分析有关的仪器及系统的设计和开发。

本书分两部分；第一部分对微处理机系统技术的各个方面作一般的概述，包括数字硬件及其逻辑设计、微处理机指令系统、输入/输出操作以及软件和硬件的开发工具的应用等；第二部分用信号处理和数据采集中微处理机及其有关器件的应用来说明上述的内容。我们应该注意到，第一部分所引用的材料很有代表性，对于其他领域的系统开发是很有用的。在编写第一部分内容时，我们假设读者并不具备任何有关微处理机或信号处理应用的预备知识。然而，熟悉一定的计算技术和程序设计将是很有帮助的。与此相反，在第二部分我们假设读者已经掌握了计算机信号处理和数据采集的许多知识，诸如傅里叶变换、相关、滤波等，而他们仅仅希望学会应用微处理机系统的方法。不具备这些知识的读者应该参阅本书参考文献中列出的有关信号处理和数据采集的教科书。许多读者希望把微处理机应用于信号处理以外的一些领域，本书包含的许多例子正好展示了微处理机具有广阔的应用前景，并表明作为一个系统工具，微处理机也是很有价值的。

本书第一部分共有六章。第一章给出微处理机系统的一般知识，其中包括它的硬件结构和软件结构以及开发微处理机系统的梗概。从第一章可以看到，虽然微处理机硬件系统

比大型计算机简单得多,但是许多大型计算机具有的各种用户工具(例如操作系统和文件管理),微处理机系统也都具备;对微处理机用户来说,这将导致软件开发的复杂性。

第二章简要介绍数字电子的器件,主要是使读者熟悉普通的术语和应用用于硬件开发的各类元件。第三章涉及微处理机系统的普通硬件单元的结构和一些设计技术的简要讨论。

第四章介绍微处理机指令系统,并说明在简单问题的程序设计中指令系统的使用。本章还介绍了许多计算方法的基本思想。第五章讨论了微处理机的输入/输出子系统的结构,其中包括中断处理、直接存储器存取、接口和程序设计的考虑。第六章综述在开发和测试微处理机软件和硬件中普遍使用的工具,非专家的用户理解微处理机系统时,这些工具将起很大作用。

第二部分与应用有关。第七章和第八章介绍微处理机在信号处理和数据采集方面的各种应用,其中讨论了完成各种信号处理功能的微处理机的系统和部件,并指出它们的重要特性。第九章给出了用来解决特定信号处理应用的完整微处理机系统的例子。

作者衷心感谢下列人员对本书的协助: Tasmania 大学的 Arthur Sale 教授, Canberra 联邦科学与工业研究组织的 Garth Wolfendale 博士, Lancaster 大学的 John Hargreaves 博士, Newcastle 大学的 Terry Kennair。作者还要感谢下列各单位的支持: Intel 公司, 先进微器件公司, TRW 公司, Base Ten 系统公司, 国家半导体公司, Mostek 公司, 模拟器件公司击穿电压部以及 Plessey 公司。

C. K. 荣

K. G. 比尤彻普

G. P. S. 鲁宾逊

目 录

译者的话

前言

第一部分 微处理机系统

第一章 微处理机系统导论.....	1
1.1 微处理机应用引论	1
1.2 微处理机系统的结构：硬件	7
1.2.1 存储器	9
1.2.2 处理器	12
1.2.3 输入/输出设备	15
1.2.4 系统的配置	24
1.3 微处理机系统的结构：软件	26
1.3.1 设备处理程序	26
1.3.2 处理器的管理	27
1.3.3 存储器管理	29
1.3.4 设备和数据管理	34
1.3.5 错误处理程序和应用	36
1.3.6 应用程序	37
1.4 微处理机系统开发概述	39
第二章 数字电子器件.....	46
2.1 逻辑门	46
2.2 布尔代数	52
2.3 简单的逻辑器件	58
2.4 “与非”/“或非”门组成的逻辑电路	66

2.5	简单的时序电路	72
2.6	逻辑电路系列	77
第三章	布尔器件的逻辑设计	82
3.1	合成和简化方法	82
3.2	布尔算术运算模块的例子	87
3.2.1	十进制加法器	87
3.2.2	先行进位加法器	89
3.2.3	比较器	93
3.3	布尔时序模块的例子	97
3.3.1	寄存器	97
3.3.2	计数器	100
3.3.3	顺序乘法器	103
3.3.4	浮点加法器	105
3.4	大规模集成电路器件	108
3.4.1	大容量存储器模块	108
3.4.2	移位寄存器存储器	112
3.4.3	并行向量处理器件	113
3.4.4	微处理机	116
第四章	微处理机的程序设计	119
4.1	微处理机概述	119
4.2	INTEL 8080 微处理机引论	126
4.2.1	程序计数器	130
4.2.2	转移和条件码	137
4.2.3	堆栈指针	140
4.3	INTEL 8080 的机器指令	145
4.3.1	数据传送指令	146
4.3.2	转移指令	150
4.3.3	累加器操作指令	151
4.3.4	寄存器操作	157
4.3.5	其他各种指令	158
4.4	汇编程序设计	158

4.4.1	伪代码和两次扫描的汇编程序	159
4.4.2	宏指令	163
4.4.3	子程序的使用	166
4.4.4	最后的例子	169
4.5	软件开发过程	174
4.6	微处理器结构的发展趋势	175
第五章 微处理机的输入/输出控制		180
5.1	简单的输入/输出系统	180
5.1.1	基本的输入/输出硬件	182
5.1.2	简单的输入/输出编程	190
5.1.3	Intel 8085 和其他厂家的输入/输出系统	193
5.2	中断系统	197
5.2.1	Intel 8080 的中断处理	200
5.2.2	中断控制硬件	203
5.2.3	中断编程	210
5.3	直接存储器访问系统	216
5.4	接口的标准件	220
5.4.1	RS232 接口	220
5.4.2	IEEE-488 总线	222
5.4.3	Intel 多总线	226
第六章 开发系统		227
6.1	软件开发工具	228
6.1.1	软件开发过程	228
6.1.2	汇编程序	230
6.1.3	高级语言	231
6.1.4	仿真器	235
6.1.5	微处理机的操作系统	236
6.2	硬件开发工具	239
6.2.1	硬件开发过程	239
6.2.2	硬件设计工具	240
6.2.3	硬件测试及调试工具	243

第二部分 信号处理的应用

第七章 信号处理中的微处理机.....	248
7.1 概述	248
7.2 微处理机的信号处理	249
7.3 数据登录	252
7.4 变换	258
7.4.1 快速傅里叶变换算法	258
7.4.2 FFT 处理机.....	266
7.5 相关	270
7.5.1 采用 FFT 的相关.....	271
7.5.2 逐位相关	274
7.5.3 极性一致相关	276
7.6 可编程信号处理器	278
7.6.1 硬件设计	279
7.6.2 PSP 软件	284
第八章 模拟/数字操作	286
8.1 概述	286
8.2 模拟/数字转换	286
8.2.1 运算放大器	287
8.2.2 数字/模拟转换器	291
8.2.3 模拟/数字转换器	293
8.2.4 转换过程的控制	298
8.3 模拟输入/输出连接	301
8.4 数字滤波器	306
8.4.1 设计考虑	308
8.4.2 IIR 数字滤波器	309
8.4.3 FIR 数字滤波器	318
第九章 应用.....	323

9.1 声学成象	323
9.1.1 历史的回顾	323
9.1.2 相控阵列	327
9.1.3 声全息重建技术	329
9.1.4 声学成象系统	331
9.1.5 相控阵列发射器	333
9.1.6 全息接收器	337
9.1.7 系统控制	339
9.2 通过无线电波吸收的太阳辐射强度的数据登录	341
9.2.1 测量电离层对无线电波的吸收	341
9.2.2 以微处理机为基础的流变仪数据登录装置	343
9.2.3 重放单元	350
9.2.4 小结	350
参考文献	352
汉英名词对照索引	358

第一部分 微处理机系统

第一章 微处理机系统导论

1.1 微处理机应用引论

微处理机是数字电子学和集成电路技术最新进展之一。七十年代初首次出现的最原始的微处理机，其指令系统和接口能力十分有限；到七十年代末，微处理机已变成能与小型计算机甚至大型计算机相匹敌的高度复杂的尖端器件。在家用设备中可以找到简单的微处理机，它用来实现智能和灵活的机器控制，而大的和新的微处理机已经越来越多地用于个人计算机与企业的计算机管理系统。现代的机器和仪器中几乎没有不使用微处理机的。由于微处理机的价格不断降低，功能不断增强，而且越来越易于使用，因此它可望得到更普遍的应用。

然而，微处理机毕竟是一个能力很有限的装置，它仅能完成下列任务：接收一组数（**输入**），对一组数进行算术运算或其他**处理**，将结果暂时保存在内部存储器（**寄存器**）中，或将结果输出到微处理机系统的其他各个部分。此外，它仅能处理特殊形式的数据，即二进制数据——由一串开和关的电脉冲（1 和 0）组成的数。因此，在用微处理机处理由人或仪器产生的信息之前，首先必需由微处理机上的输入/输出（I/O）子系统把上述信息转换成二进制形式，并以 1 和 0 的符号串存储在**存储器**子系统中。在处理器、存储器、输入/输出设备

之间必需建立适当的相互连接(接口),以便处理机能够使输入/输出设备采集所需要的数据,并将它们置入存储器中的适当位置。我们将在下一节和第二章、第三章讨论微处理机系统硬件的各方面问题。

应当指出:微处理机能够执行的数据处理的**类型**也是十分有限的——例如将数从一个存储单元复制到另一个单元,两数相加或相减,测试一个数是正还是负或为零,测试一个数大于或小于另一个数。在生产出新的微处理机之前,它的设计者必需首先确定处理机所能执行的操作清单,这种清单被称作处理机的**指令系统**,然后详细制订出处理机内部线路的细节,使它能够执行上述操作(或者用计算机术语“执行指令”).

我们可能会问:微处理机为什么会具有很强的功能和灵活性?答案就在于它的高速度。它可以在一秒钟内接收、处理、送回几十万条、甚至几百万条数据。通过高速连续和协调的方式执行许多单个的简单操作,微处理机能够完成很多极为复杂的任务,尽管这些操作表面上与算术运算或数的检验毫无共同之处。

以洗衣机的控制为例。下面列出机器启动后,机器可能执行的操作步骤(机器控制器可以是微处理机、机械控制器、甚至人工操纵的按钮和开关):

1. 预置机器各部分处于空闲状态。
2. 打开水龙头。
3. 测试水位指示器。如果“水满”,则进行第4步;否则重复第三步。
4. 关闭水龙头,开动“洗”。
5. 等待十分钟。
6. 关闭“洗”,开动水泵排水。

7. 测试水位指示器,如果水已排空,则进行第8步;否则重复第7步.
8. 开动“甩干”.
9. 等待三分钟.
10. 关闭“甩干”.

可以看出,上述操作一部分是输入操作,它将有关的状态数据(例如水位数据)送入控制设备中去分析;另一部分是数据值的检测(水满、水排空或者不满也不空);还有一部分是输出操作,例如发送一个开或关的脉冲到马达开关.也可能需要算术运算,例如第五步就需要控制器对已经运行的时间计数.

上述例子说明了编制程序的思路.正如早先说明的,计算机处理器具有许多能够执行的内在功能,它们构成了处理机的指令系统.编制程序是确定指令顺序的过程,而指令顺序将执行一个特定的任务.计算机程序只是一组与逻辑有关联的指令.**计算机语言**是定义程序的一个记号系统,计算机语言写出的程序可以规定各种数据需要什么样的运算.因为每一种特定型号的微处理器,都有它自己的一套操作指令,因此它必须有自己的机器语言,尽管不同的处理器的语言之间有很大的类似之处.此外,每一个问题可以用许多种语言编制程序.**高级语言**即面向问题的语言提供与问题类型有特别关联的标识法,因而对求解的问题给出了简明易懂的描述.而微处理器的机器语言则不是设计来适合特定的应用的,它直接和硬件结构有关.因此,用机器语言来确定问题的求解过程,通常是一个复杂而冗长的任务.即使象控制洗衣机这样简单的任务,也需要一个包含许多条指令的程序,所有这些指令必须正确规定,以使程序工作.正如我们后面要讨论的,有许多编制程序的工具,它们有助于减少软件开发的难度.特

别是,可能用高级语言来给出问题的解,然后用计算机将程序翻译成微处理机的语言。

无论实际软件开发的过程如何,最后的结果常常是由 1 和 0 的符号串组成的机器语言程序。微处理机能接收这些 1 和 0 的符号串,并执行由程序规定的一组操作。由于微处理机的程序包含的指令数目很大,它不能存储在微处理器自身之中,而是保存在存储器子系统中,存储器子系统同时也提供存储数据的空间。程序将与不同类型的数据共同存储在存储器中,数据类型包括常数、参数表格、由输入设备接收的未经处理的数据、从处理机返回的尚未送到输出设备去的计算结果和将在以后的处理过程中使用后擦除的中间结果等。程序和不同类型数据将常驻于同一存储模块中或按条件而分开的存储模块中(见下一节)。

一个存储模块包含半导体的存储“单元”(将在第二章讨论其结构),每一单元仅有两个可能的状态,即 0 或 1 (开或关)。存储器模块还包括一些控制机构,它可以选取特定的一组单元,并将该单元所存的内容恢复成电脉冲,这些脉冲可能作为要进一步加工的数据被送到微处理器。这一操作称为存储器**读**。同一个控制机构也可以接收电脉冲,并将它们的二进制值存储于存储器的指定部分,这一操作称为存储器**写**。我们说每一个单独单元包含一位数据。

在微处理器系统运算期间,处理器是这样执行程序,它由存储器一条一条读取程序中的指令,分析每条指令是对那些数据执行何种操作,然后处理器从存储器读取该数据,按照要求进行处理,而后将新数据存入存储器;所有这些全部由指令规定。我们称第一步为指令**读取**,称第二步为指令**译码**,最后一步是指令的**实际执行**。大多数指令的执行均包含由存储器取数和向存储器送数,一部分指令仅影响已经存储在处理

器内部的数据,另一部分指令将数据传送到输入/输出设备或从那里取回数据(称为输入/输出指令),例如,读一个开关的设定值或送出一个数字串到打印机输出。正如我们以后将要看到的,为了控制输入/输出设备,并且使它们与微处理器系统其他部分之间进行数据传送,需要特殊的程序设计技术。为了保证正确的数据和控制信号的传送,系统不同部分之间的互相连接也是一个相当复杂的任务。

我们已经介绍了微处理机系统的三个主要部件: 处理器(或多个处理器,因为一个系统可能用多个处理器单元共享存储器和输入/输出设备); 与存储器控制机构组成存储器子系统的一个或多个存储器模块; 与输入/输出接口硬件组成输入/输出子系统的输入/输出设备。一般地说,就硬件费用而言,输入/输出设备的开销最大。处理器和存储器模块仅仅处理规定幅度和宽度的二进制电脉冲形式的数字数据,而输入/输出设备的功能则是在二进制数字形式和其他形式之间转换数据,例如手动开关、打印或其他可视显示文本、模拟(即连续可变的)电压或电流、磁性记录信息、温度、电压等,因此包括各类电路元件。现代半导体技术使我们可以在一小片硅片上实现极其复杂的电路,并以低廉的成本生产出精巧的微处理器和存储器模块。

由于同样的微处理器和存储器元件可以通过不同的程序设计而应用于不同的任务,他们可以大批量生产,这是导致微处理机和存储器模块十分廉价的原因。与此相反,输入/输出设备常常包含机械的或其他非电子的机构,并且在处理不同类型数据时所用的设备、所需的数据率以及控制机构等方面存在着巨大差异。这些因素使得元件的生产更为困难,特别是当一些元件必需提供十分大的电流以便驱动输入/输出的机械时更是如此。此外,因为每一个微处理机系统有它独特

的设备配置,以适合它所需要解决的问题,对输入/输出子系统有特殊的组合方式,因而我们很少可能利用大批量生产的方法。

在开发微处理机系统中最大的费用项目是程序设计或软件。由于最后运行的程序本身是高度复杂的产品(甚至象控制洗衣机这样一类简单的应用,其程序也是够复杂的),所以在程序工作之前需要投入大量昂贵的熟练劳动去进行设计、测试和修改。为了使软件开发过程能够实现,需要有许多昂贵的装备。事实上,用来开发一个微处理机系统的程序常常需要一个计算机系统。有关这些问题将在第六章讨论。

我们已开始注意到,虽然微处理机是便宜的,但微处理机系统却极少有便宜的。我们还应看到,对某种特定的应用来说,使用微处理机系统在经济上的优越性与下列因素有关。

1. 应该广泛使用一种或几种比较标准的系统,以便能够用许多相同的单元构成具有标准程序的一体化的系统配置,而硬件设计和软件开发的费用可以分摊给许多独立的单元,每一个单元开发费用可以降低。

2. 应当使用标准类型并具有标准数据速率的简单输入/输出设备。该应用所包含的处理应有适当的简单程度,以便不超出执行十分简单的用户开发的软件和标准的系统软件大批量生产的处理机的能力。

当微处理机系统不符合上述要求时,它所包含的开发费用可能相当高。

经济因素取决于用户陷入到微处理机系统的硬件和系统软件的程度。大型计算机系统的用户通常只需要知道如何写他们的程序,而微处理机系统的用户则常常不得不自己设计并实现硬件及其系统软件,因为让别人替他作这些工作费用太高。此外,大型计算机系统在硬件和软件经常都有制造厂