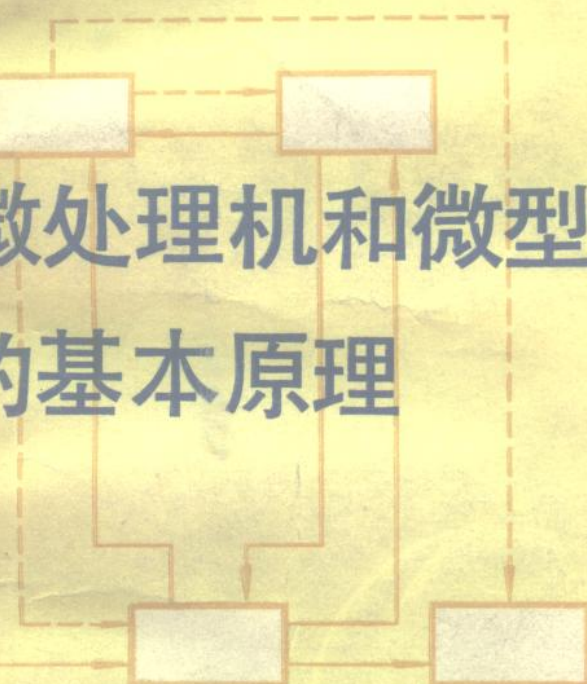


Microprocessors/
Microcomputers:
An Introduction



微处理机和微型计算机 的基本原理

〔美〕顿奈德D.吉沃恩 著
罗伯特P.路易泽

王栋令译

微处理机和微型计算机 的基本原理

[美] 顿奈德 D. 吉沃恩 著 王栋令译
罗伯特 P. 路易泽

水利电力出版社

内 容 提 要

本书主要讲解微处理机和微型计算机及其程序设计的基本原理。为了适应广大计算机应用者进行自学，书中对构成微型机的基本数字电路和有关的数学运算也作了较系统的介绍。

本书内容充实完整，讲述清晰易懂，系统性强，引用的材料也比较先进。每章之后附有习题，有助于读者对原理的加深理解，对学习内容的巩固。第十章举述的三项微处理机的应用实例，也有利于读者将所学的理论与实际结合起来。

本书适用于初学微处理机和微型计算机的读者，对于广大应用微型机的工作人员可作为自修读物，也可作为计算机专业的教学参考书。

Donald D. Givone Robert P. Roesser
MICROPROCESSORS/MICROCOMPUTERS
An Introduction
McGraw-Hill Book Company 1980

微处理机和微型计算机的基本原理

[美] 顿奈德 D. 吉沃恩 著 王栋令译
[美] 罗伯特 P. 路易泽

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

*

850×1168毫米 32开本 15印张 396千字

1983年11月第一版 1983年11月北京第一次印刷

印数00001—23680册 定价1.85元

书号 15143·5181

译 序

随着我国计算机事业的蓬勃发展,应用微型机的领域在不断扩大,从事计算机工作的专业人员以及使用微型计算机的人员也越来越多的。尽管各种微型机各有自己的特点,但是它们的构成原理都基本相同。因此,本书通过模型微处理机,系统地对微型机的基本原理和程序设计加以讲解,便可使学习本书的读者打下掌握各种实用的微型计算机的理论基础。

为了适应广大非计算机专业人员的阅读,书中对构成微型机的各种基本数字电路和必要的数学运算作了系统的介绍,这对微型机的初学者进行自学将是非常便利的。

本书在每章的后面列有许多有代表性的习题,最后一章中列举了三项应用实例,对读者掌握所学的知识很有帮助。

在本书翻译过程中,宋文革、梁合庆等同志给了许多帮助并协助进行了部分校对工作,在此表示感谢!

限于译者水平,书中难免有错误及不当之处,望广大读者批评指正。

译 者

1982年12月

前 言

自从1959年集成电路问世以来，给制造能执行复杂功能的新型电子设备开辟了新的途径，1971年微处理机的出现就是集成电路工艺的一项最辉煌的成果。虽然在初期微处理机还只是用作计算器的芯片，但是为时不久，即由于其价格低廉和具有可编程序的能力而一跃成为数字处理机的核心。实际上，数字计算机的中央处理器即完全是由集成电路构成的。

编写本书的主要意图是想给读者提供一些有关数字计算机方面的基本理论，并着重于讲述微处理机和微型计算机的行为、操作和应用方面的问题。书中较详细地叙述了微型计算机各部件的基本原理，这些原理对进行微型计算机的主要系统设计都是很重要的，其中包括：微处理机的构造、存储器的结构、输入/输出设备、接口以及编程技术等。在讲解这些问题时，我们针对初学计算机者的需要，力求保持本书独立完整，以便于读者进行自学。所以，书中对于数制、布尔代数和电子电路等基础理论也作了一定的介绍。这里，假设读者对电子电路的一些基本知识已经具备，故不再赘叙。

写作本书时感到比较困难的是选择一种怎样的微处理机作为讲解的基础材料比较合适。因为写作本书的目的是想给读者对微型计算机的设计树立一些基本概念，所以选定用模型微处理机为例，这样在讲述概念时就不致受到具体计算机本身的局限。虽然有一章专门介绍了商用的微处理机，但是应当注意，这些资料是不能完全代表各制造厂的具体产品的。

本书适用于电气工程和计算机工程学系三、四年级的课程。由于本书比较独立完整，故可作为很好的自学读物。

顿奈德 D. 吉沃恩

罗伯特 P. 路易泽

目 录

译 序

前 言

第一章	微处理机和微型计算机概述	1
1.1	计算机的新“纪元”	1
1.2	微处理机和微型计算机	2
1.3	微型计算机的基本结构	3
1.4	微型计算机的操作	9
1.5	计算机的两个附加技术	10
1.6	各章简介	11
第二章	计算机的数制和运算	14
2.1	有位值记数制	14
2.2	数的转换	17
2.3	二-八和二-十六进制数的转换	21
2.4	二进制数的运算	23
2.5	二进制数的符号	26
2.6	二进制符号数的加法和减法	32
2.7	二进制编码的十进制数和十进制数的运算	35
2.8	检错	42
2.9	字母数字码	43
	习题	45
第三章	布尔代数和逻辑网络	49
3.1	布尔代数的数学系统	49
3.2	真值表和布尔表达式	52
3.3	布尔代数公理	56
3.4	布尔代数公理的应用	59
3.5	简化布尔代数的卡诺图法	64
3.6	逻辑网络	74

3.7	其它逻辑门	76
	习题	83
第四章	数字电路	89
4.1	半导体器件概述	89
4.2	逻辑门	98
4.3	晶体管-晶体管逻辑	101
4.4	布线逻辑	105
4.5	TTL派生系列	112
4.6	射极耦合逻辑	115
4.7	集成注入逻辑 (IIL)	121
4.8	MOSFET逻辑	124
4.9	CMOS逻辑	127
	习题	131
第五章	逻辑部件	136
5.1	触发器	136
5.2	寄存器	153
5.3	计数器	159
5.4	译码器和数据选择器	171
5.5	加法器和减法器	176
5.6	高速加法器和减法器	183
5.7	总线	190
	习题	201
第六章	存储器	204
6.1	随机存取存储器	205
6.2	读/写存储器的构造	214
6.3	只读存储器	222
6.4	顺序存取存储器	230
6.5	存储器堆栈	238
	习题	241
第七章	微处理机结构	244
7.1	微型计算机	244
7.2	模型微处理机的结构	245

7.3	模型微处理机的时序和外部控制	249
7.4	指令系统	253
7.5	寻址方式	278
7.6	其它常用的微处理机指令	281
	习题	285
第八章	微型计算机的程序	286
8.1	机器语言编程	286
8.2	判断程序	289
8.3	循环程序	292
8.4	多层判断	295
8.5	子程序	299
8.6	多位精度加法	303
8.7	乘法	304
8.8	程序的输入	308
8.9	汇编语言程序	314
8.10	编译程序	321
	习题	321
第九章	接口技术	325
9.1	输入/输出	325
9.2	符号交换	330
9.3	程序中断	337
9.4	主存储器接口	349
9.5	直接存储器存取	361
9.6	其它微处理机总线概念	365
9.7	模拟量的转换	368
9.8	串行输入/输出	384
9.9	单板微处理机	393
9.10	微处理机的时钟	401
	习题	403
第十章	应用实例	408
10.1	计算秤	408
10.2	交通灯控制器	422

10.3	简单的通用目的计算机系统.....	435
10.4	结束语.....	445
	设计习题.....	448
附表 A 1	模型微处理机的字符形式的指令表	464
附表 A 2	模型微处理机的数字形式的指令表	465
参考书目		467

第一章 微处理机和微型计算机概述

微处理机是一种引人入胜的新型逻辑设备，在人们的生活中日益得到广泛的应用，例如常用的袖珍计算器、商店中的付款终端、家庭用具、办公设备、科学仪器、医疗设备、电子游戏等等，不胜枚举，而且几乎每天都出现新的应用成果和用微处理机做成的新产品，其对人们生活上的影响简直远远超过人们的想象。本书即准备给读者介绍一下微处理机的内部构造和应用微处理机构成的较大的系统。为了使读者能够充分地利用这种新型逻辑设备，书中对逻辑设计原理、电子学以及程序设计等有关方面也同时做一番讲解。

本章准备先概括地讲一下微处理机及微型计算机的构造和特性，介绍一下书中将引用的一些术语，并打算在此先给读者树立起微处理机系统中所涉及的一系列概念及其间的相互关系，以便为在以后几章中详细举例论述打下基础。不过，读者最好将本章的各框图记住，这对充分地理解微处理机系统的操作和设计方面的内容，将有很大的帮助。

1.1 计算机的新“纪元”

自从1951年世界上第一台商用数字计算机（Univac I）应用成功以来，数字计算机对人类社会和人们的生活条件产生了很大的影响。这是一项崭新的技术，而且在科技工程领域里已经构成了许多独立完整的概念，诸如“数字计算”、“逻辑设计”和“程序设计”等等。但是这些科目在概念上又有所不同，所以学者可以根据不同的兴趣对它们有所选择，譬如有的人对应用计算机或设计计算机程序感兴趣，但也有人喜欢作计算机的硬件设

计，这在大型计算机的情况下是有条件供学者进行这种选择的。然而，自从1965年小型计算机问世以后，情况就不然了，因为这时的计算机已不仅是单单处理数据和解决计算问题的工具，而且要求它成为系统上“立即计算判定”功能的一个部件——实时系统部件。所以程序的应用者与计算机的设计者所面临的问题就很难区分了。

1971年微处理机的诞生，使上述两部分的界限就更加难以区分了。在这种情况下，软件设计进到了一个新阶段——出现了程序逻辑设计。在这一新阶段中，程序设计的构思与逻辑设计的原理之间是密切相关的，这使得科技工作者必须完全熟悉计算机软件和硬件两方面的原理，才能充分发挥微处理机的潜在能力。所以，编写本书时就是以阐述这些原理以及其间的相互关系作为主要内容，希望能为充分发挥微处理机的潜力打下基础。

1.2 微处理机和微型计算机

由于本书将讨论的是微处理机和微型计算机，所以我们不妨先给这两个名词下个定义，当然精确详尽的定义是很难给定的，因为微处理机和微型计算机是一项与动态工艺技术打交道的科学，所以其定义也势必随着这一技术的发展而修改。

固态工艺学的发展使得在一块硅芯片内能够组合成大量的三极晶体管（可达1000以上），构成了著称的“大规模集成电路”，而微处理机就是利用这种大规模集成电路所构成的，所以一台微处理机可以说就是根据大规模集成电路的原理组成的可编程序的逻辑设备。下面将会看到，一台微处理机的内容具有极大的灵活性，不过它必须连同一组外围系统设备和程序一起使用，否则就不能执行预期的任务。外围系统设备指的是存储器和输入输出设备。通常，微处理机、存储器以及输入输出设备连接起来形成一台能够执行一定功能的系统设备，这样一台设备就称为微型计算机或叫作微处理机系统。

微型计算机在一般原理方面虽与数字计算机基本相同，但是值得注意的是它的体积很小，而且造价极低，所以虽然大型计算机和小型计算机的计算能力比微型计算机来得大，但是在有些应用中并不总是需要这么大的计算能力的，因而微型计算机获得了极为广泛而成功的应用。尤其是在某些电子系统中本来应用计算机便可以提高效益的，但是由于大型计算机和小型计算机的价格昂贵，往往就妨碍了对它们的采用。当前微处理机已能作到运用可编程序来完成逻辑系统的功能要求，所以对于受价格限制而不追求计算速度和能力的逻辑系统，就可以采用这种可编程序的微处理机来处理。

在微处理机的应用方面每天都在出现新的内容，在仪表测试设备、售货台付款终端以及作为计算器的应用已经很普遍，在机械及化学工业方面的程序控制系统中、在计算机外围设备、交通系统以及大型设备和汽车的控制系统中，微处理机也已成为关键的部件。此外，在文娱场合中，不少的计算机游戏爱好者也正在利用微处理机创立适用的计算机。

1.3 微型计算机的基本结构

如图1-1所示，一台主体计算机系统主要是由这五个基本功能部件所组成，即输入部件、存储器、运算器、控制器和输出部件。

一般我们把计算机系统的具体部件和电路称为硬件，而为这一计算机所编制的“程序”称为软件。所谓“程序”就是为了让计算机按照人们所提的要求来完成一定功能时所必须赋与计算机的“操作步骤”，每一步具体的操作就称为指令，而那些被操作的信息称为数据。一个硬件电路若不附加软件则只能进行一些极简单的操作。

工作过程是这样的，首先由输入部件将程序和数据送入存储器中，然后，程序中的指令自动地逐条输入到控制器中进行译码和执行。当指令执行时就把所需的数据送到运算器中去运算，运

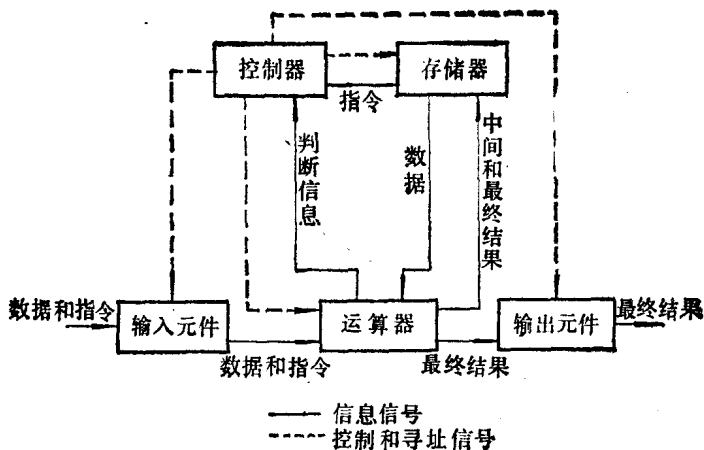


图 1-1 计算机系统的基本部件方框图

算过程的中间结果或最终运算结果则被送至输出部件。所以，通常把运算器和控制器一起称为中央处理机（CPU）。一台微型计算机系统的中央处理机就是我们通常说的微处理机。

除了存储器以外，计算机的其它部件也能存储信息，例如各种寄存器则是。信息是以许多组二进制数（也称为“比特”《bit》）的形式存储在寄存器中的。计算机进行的操作，主要就是把一个寄存器中的一串信息传送到另外的寄存器中去，而在传送中间把信息进行所需要的改变（例如作加法）。计算机在同一时间内所处理的一组二进制数称为“一个计算机字”，或简称为“字”。二进制数的位数则称为“字长”。在计算机中，字是信息的基本逻辑单元，一条指令或一个数据就是由一个或数个字组成的，微处理机的标准字长一般为4、8、12及16位二进制数。由于微处理机采用8位字长的非常普遍，故又专门对这样的字长定名为“字节”。

1. 存储器

存储器是存储大量信息的元件，该元件分划成许多个存储单元，每个单元由一定数量的寄存器组成，每组寄存器——也即每

个存储单元能够容纳一个计算机字，并且具有一定的“位置”。对每个这样的单元都标有“地址”，地址是用整数表示的。由于在每个单元中只存有一个计算机字，所以该字也就是这个存储单元中的内容。

数字计算机的一个突出的特征便是数据和程序两者都是存储在存储器中的。对于程序和数据的存储方式，当前有两种基本设计原则，一种是采用两部分不相同的独立存储器，其中用一个存储器存储程序，另外一些存储器存放数据，按照这种复式存储原则构成的计算机称为“哈佛式”（Harvard-type）计算机，另外一种混合存储的叫做“冯·诺曼式”（Von Neumann-type）或“普林斯顿式”（Princeton-type）计算机，这种计算机的程序能够放在任一存储器中的任意位置，而在编制的程序中加以区分这两种不同的信息（指令和数据）。

按照这后一种设计原则构成的计算机，其优点便是把指令也当成数据来处理，以致计算机具有能修改内存指令的条件。这两种设计原则构成的计算机都有，本书则全部采用“冯·诺曼式”计算机作为讲解的基础。

大型通用数字计算机由于能够无限地进行重编程序，所以能够用于广泛的领域且解决各种不同的问题。然而在某些专业应用中并不需要这样大的灵活性，而且微处理机的价格又极为低廉，所以在这些应用中微处理机占着主导地位。由于程序一旦被写定和调试好，在一般情况下就不再轻易修改，所以微型计算机往往配有两种不同型式的存储器，一种叫做“只读存储器”（ROM），另一种为“读/写存储器”（RWM）^①。存入只读存储器中的信息是不可能轻易修改的，只读存储器价格便宜，故经常用它来存储程序及一些固定不变的数据；读/写存储器则用于存储那些要

① 只读存储器和读/写存储器普通都具有随机存取的性质，但是习惯上已经把读/写存储器称为随机存储器（RAM）。随机存取就是说存储器中任一单元中的内容都可以随意访问，且存取时间全都相等。

求随条件改变的信息①。

2. 运算器

运算器是对数据进行运算的部件，也是数据操作发生得最多的部件。在这里进行的运算有两种，即算术运算和逻辑运算。在第七章中讲解模型微处理机时，我们将会看到运算器所能进行的运算是非常基本的运算，比较复杂的数学运算则需要靠编制的程序来执行。当然，程序也是利用这些基本运算构成的。

通常，运算器中最主要的寄存器便是累加器。在运算之前，累加器用来存放操作数，在运算之后则负责存放结果数*。此外，在运算器中还常常有几个辅助寄存器，称为中间结果寄存器，以便于写入程序之用。

运算器中还包括有“标志位触发器”，用它来提供状态信息，这对于确定计算进程十分有用，譬如说设立一个指示计算结果为0的标志位。于是程序工作者就能利用这一检查条件来做出某种判断。例如，在具体的计算中如产生的计算结果为0，则接下去进行计算；如计算结果不为0，则改按另一条路线进行计算。这种指示计算和测试结果的标志位往往连同其它的机器状态信息保存在一个专用的寄存器内，并称之为“程序状态字”(PSW)。

3. 控制器

控制器是用来控制计算机工作的部件。它的功能是自动地接受来自存储器中的逐条指令，并将指令进行译码。译码就是把指令转变成执行此指令所需要的信号。控制器在提取指令时首先必须知道这条指令在存储器中的哪个单元，为此在控制器内设有程序计数器，因为在正常运算中指令都是按一定的顺序排列的，所

① 读者应注意到，具有只读存储器并不意味着就是“哈佛式”计算机，在“冯·诺曼式”计算机中也有只读存储器，而且ROM单元分布在存储元件中的任意位置。区别两者的关键在于微处理机本身是否能鉴别信息是来自ROM还是RWM。

* 有些微处理机具有数个累加器，称之为通用目的寄存器，这些寄存器在计算过程中起作用。

以用计数器就可以指示出每条指令所在的单元。此外，为了把指令译成执行信号，控制器内还必须要有暂存现行指令的位置，因此在控制器中设有指令寄存器以满足这一需要。

为了使控制器能够正确地翻译指令，每条指令必须有一定的结构，称之为指令格式。准确的指令格式应根据具体的微处理机而定，但是有些基本信息，譬如其中最重要的就是操作码以及在某些指令中的地址码，这两种信息在每条指令中则必须包括。操作码是一组二进制数，在执行指令时进行什么样的操作就是根据它的不同来确定的。指令的地址部分，表示所要执行的指令必须从哪个存储单元中取出。例如，在执行一项加法操作时，指令中的地址部分就指示该被加数所在的单元。

读者应当充分弄清楚“地址”这个字怎样使用，以及要弄清楚一个单元的地址和单元中内容之间的区分，这是很重要的。在某些指令格式中具有一个地址部分，这部分数码指示操作数所在的存储单元。但是，在指令执行之前指令本身是存储在存储器中的，因此指令本身也必须要有地址码。在一般的指令格式中，指令的地址码并不等于指令中的地址部分。

控制器的另一功能就是使计算机各部件之间保持同步操作，这一点是凭借时钟来完成的。通常执行一条指令需要数个时钟周期，例如，指令必须先从存储器中取出，经过译码，然后再执行。指令的这种取出、译码和执行的过程可以划分为若干时间间隔，每段这样的时间间隔（包含有一个或数个时钟周期）就叫做“机器周期”。一条指令的取出、译码和执行的整个时钟周期就称为“指令周期”。

4. 输入输出部件

输入输出部件是计算机的两个终端部件，计算机就是通过这两个部件与外界联系的。输入输出部件可以说就是缓冲器，利用它们以转换各种不同速度的信息，并作为计算机与人或其它系统的语言翻译操作。输入部件从外界接收数据和信息后就把它送到存储器中去。输出部件用来接收计算结果信息并把它传送给

操作人员或其它系统。输入输出设备又统称为外围设备，例如穿孔机、穿孔纸带阅读器或打字机等。输入输出设备与微处理机之间的衔接处叫做输入/输出口。输入/输出口也标以地址，以便使微处理机能够同时连接多台输入/输出设备。

对所有的信息采用有限的数字进行离散形式的处理，这是数字计算机的工作特点。一台数字计算机往往需要与不能处理离散信息的系统相联系，由于非离散信息是一种模拟量或连续量，所以在连续信息与离散信息之间就必须进行“转换”处理，实现这种转换的输入输出设备叫做“模-数(A/D)转换器”或“数-模(D/A)转换器”。

图1-1所画的是输入输出设备直接与运算器相连接的情况，但这种连接结构不是唯一的。为了获得计算机整体的高速操作，往往追求输入输出设备不经运算器而直接对存储器进行存取，这种联系称为“直接存储器存取”(DMA)，这一概念将在第九章中进一步阐述。

5. 总线

在计算机中各功能部件之间的连接线称为总线，信息就通过总线由各信息源传送到某些接收终端中去。图1-2所示即为一台微型计算机的典型总线结构图。在这种结构中共有三部分总线。地址总线为单向传送方式，也即信息只朝一个方向传输，该总线用于把地址从微处理机传送到存储器或输入/输出部件中去。数

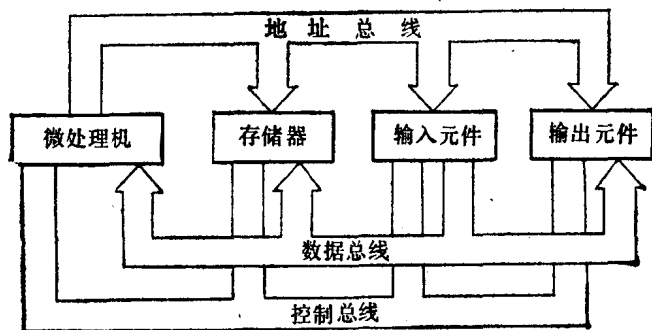


图 1-2 微型计算机的典型总线结构图