

微型处理机—工艺 结构 和应用

[美] D·R·麦克格林 著

华南工学院电子计算机教研组 译

冯秉铨 校



微 型 处 理 机

——工艺、结构和应用

〔美〕 D·R·麦克格林 著

华南工学院电子计算机教研组 译

冯 秉 铨 校

人 民 邮 电 出 版 社

内 容 提 要

本书介绍微型处理机的工艺、结构和应用。共分九章。第一章概述计算机的基本结构。第二章阐明微型计算机系统设计的基本任务并简述微型计算机的主要部件。第三章介绍微型处理机的制造工艺。第四章介绍几种微型处理机的结构。第五章以Intel8080为例介绍微型处理机的指令系统、时序和同步操作以及内部寄存器的操作。第六章介绍微型处理机的程序设计,第七章介绍微型处理机的扩展系统。第八章和第九章介绍微型处理机在各方面的应用。

本书内容较全面,叙述简练,可供设计和应用微型计算机的有关人员以及半导体大规模集成电路设计人员参考。也可供大专院校有关专业师生参考。

微 型 处 理 机

——工艺、结构和应用

〔美〕D·R·麦克格林 著

华南工学院电子计算机教研组译

冯秉铨 校

*

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

天津新华印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

开本: 787×1092 1/32 1980年3月第一版

印张: 7 20/32 页数: 122 1980年3月天津第一次印刷

字数: 174千字 印数: 1--12,700册

统一书号: 15045·总2341-有5135

定价: 0.80元

JS119/13
译者序

随着大规模集成电路工艺的发展，计算机的研制已推进到微型化阶段。以微型处理机作为系统的中央处理部件，再配以适当的存贮器和输入输出设备以及相应的接口电路和软件，便可完成多种计算机的功能，而且具有体积小、功耗低、使用灵活方便、造价低廉等许多优点，因而近年来受到许多国家的普遍重视，发展十分迅速，且已推广应用到计算机终端、实验室仪器、工业控制系统以至家庭日常生活的许多方面，成为目前计算机科学中一个十分活跃的领域。

微型处理机的发展把计算机硬件结构设计、软件程序设计以及半导体器件工艺设计三者紧密地联系起来了。目前要求不论是设计或是应用计算机的有关人员都必须对这几方面同时有所了解。这本书的特点是对微型处理机的结构、系统设计、指令系统、程序设计、制造工艺、扩展系统以及它们在各方面的应用都作了系统的介绍，并对目前国际市场上有代表性的机器作了较详细的叙述。这对参加微型计算机研制和准备使用微型计算机的有关人员都有一定参考价值。

目前，一个向科学技术现代化进军的热潮正在我国迅猛兴起，作为衡量一个国家现代化水平显著标志的电子计算机科学技术已被列为国家科学规划的八个主要学科之一。微型处理机

的研制、生产和推广应用日益受到广泛的重视。为了推广普及这方面的基本知识，我们遵照毛主席关于“洋为中用”的教导，把这本书翻译出来向读者介绍，希望能对促进我国微型处理机事业的发展，赶超世界先进水平有所帮助。

为了方便读者的需要，我们将原书末的英文内容索引改编成为汉英对照的专业词汇索引。并将原书中的术语辞典以及厂商地址附录两部分删去未译。由于我们的思想水平和业务水平有限，缺点、错误在所难免。希望读者给予批评指正。参加本书翻译工作的有：彭文明、陈兴业、倪永仁、周汉华、陈国栋、王槽安、李植源、黎绍发、洪明、邝矾法、李锡权、温武等同志。并由倪永仁、周汉华两同志负责全书译稿的统一整理。冯秉铨教授在百忙中对译稿作了细致的校阅，谨表示深切的谢意。

华南工学院电子计算机教研组

一九七八年四月

前 言

大规模集成半导体加工工艺的新成就使数字逻辑电路的造价大为降低，体积大为缩减。近十年来，计算机系统的结构部件已经从分立元件（如一个一个的晶体管）发展成为能在一个单独的半导体“片子”上包含许多逻辑门的复杂的功能集成电路。将大量运算和逻辑功能集中在一个单片集成电路上在体积和造价方面的优越性使袖珍计算器和信息终端设备的厂商特别感兴趣，也正是这些厂商首先提出了制造“单片计算机”的要求。

虽然对“单片计算机”的设计在较早的时候就作过一些探索，但是第一批商业微型处理机直到1971年才问世。人们对任何一种革新的产品的理解以及市场上能接受它总不是那么快的，对于象微型处理机这样复杂的产品尤为如此。一直过了若干年，数字系统设计人员才充分理解微型处理机多种用途的优越性。一直过了若干年，制造过程才形成足够的规模，从而使厂商认清在新的生产线上使用微型处理机的可能性。到1976年止，商业上使用或宣布制成的微型处理机约有廿多种。当时制造速度达每月三万五千台，并已应用于数十个计算机终端、实验室仪器、工业控制系统和用户产品之中。

微型处理机是一种在程序控制之下以位并行方式进行算术和逻辑运算的大规模集成电路片。单独一个微型处理机还不是一个能进行操作的计算机，必须再配上与它相接的存贮电路和输入输出电路以及控制微型处理机本身操作的软件。本书主要内容就是讨论如何将一个微型处理机和其它集成电路元件设计、研制成为这样一种微型计算机。

本书介绍微型处理机和微型计算机的工艺、结构和应用。

对象为可能使用微型处理机的用户，即电子设计师或为某一特殊用途打算使用微型处理机的计算机系统分析专家。

第一章概述与微型计算机系统设计有关的计算机基本结构。第二章阐明微型计算机系统设计的基本任务并简述微型计算机的主要部件。

第三章是关于微型处理机制造的半导体基本工艺。尽管半导体加工工艺的细节对于微型计算机系统设计者没有直接关系，但是微型处理机的物理操作特性和造价却是以此为依据的。对于研制微型处理机所用的双极型和MOS基本工艺有所认识，就可以使用户对于这些器件的功能和局限性有更深刻的理解。

第四章探讨市面上出售的各种微型处理机的结构。由于每隔数月就有新的微型处理机问世，老式微型处理机便变得陈旧过时。因此，这里的探讨只在于对市面出售的微型处理机的各种功能和结构作一般描述。

第五章简述一种比较常见的微型处理机——Intel 8080 的操作。该机的指令系统、定时和同步操作以及内部寄存器的操作在很多其它微型处理机中都有代表性。

因为对于系统的硬件部分要更多地注意，所以微型处理机程序设计就与通常的计算机程序设计略有不同。第六章的内容包括系统定义、流程图、编码、测试和调试程序。微型处理机扩展系统以及设计和研制一种典型的微型计算机系统所依赖的重要手段则在第七章中研究。

第八和第九章考察微型处理机的各种可能的应用，从简单的家庭用的微型计算机直到比较复杂的远距离通信。

D.R. 麦克格林

纽约，1976年1月

目 录

第一章 微型计算机概述	1
1.1 计算机的结构	1
1.2 微型处理机的结构	14
1.3 微型处理机的软件	18
1.4 小型计算机与微型计算机	21
1.5 微型处理机的应用和影响	23
第二章 微型计算机的系统设计	30
2.1 系统设计准则	31
2.2 微型处理机系统的可行性	33
2.3 选择微型处理机	35
2.4 设计辅助硬件	36
2.5 研制软件	37
2.6 汇集硬件和软件	38
2.7 调试和测试	38
2.8 研制维护设备	39
2.9 微型计算机部件	40
第三章 微型处理机的制造工艺	51
3.1 集成电路制造工艺	54
3.2 平面硅加工工艺	59
3.3 双极型加工	62
3.4 MOS加工	64
3.5 微型处理机工艺	72
3.6 工艺退化	76
3.7 工艺比较	78
第四章 微型处理机综述	80
4.1 Intel 4004	80

4.2	Intel 4040	84
4.3	Intel 8008	86
4.4	Intel 8080	90
4.5	Intel 3002	92
4.6	Motorola M6800	96
4.7	National IMP - 16	98
4.8	Fairchild F - 8	100
4.9	Texas Instruments SBP - 0400	105
4.10	General Instruments CP - 1600	108
4.11	Signetics 2650	110
第五章	微型处理机的操作	115
5.1	8080的结构	115
5.2	指令系统	120
5.3	定时和同步	134
5.4	电气说明	143
5.5	接口	145
第六章	微型处理机程序设计	147
6.1	系统定义	147
6.2	功能流程图	157
6.3	程序流程图	160
6.4	编码	161
6.5	测试和调试	165
第七章	微型处理机扩展系统	167
7.1	采用扩展系统的系统设计	169
7.2	软件研究辅助设备	172
第八章	微型处理机的应用	176
8.1	廉价通用计算机	176
8.2	销售点终端	180
8.3	在汽车上的应用	186

第九章 微型处理机的高级应用	191
9.1 远距离通信	191
9.2 多处理机系统	214
参考资料	220
索引	223

第一章 微型计算机概述

微型计算机是利用微型处理机作为系统中央处理部件的存储程序计算机。在详细讨论微型处理机和微型计算机系统之前,先简要地回顾一下数字计算机技术的基本概念——硬件结构、软件和操作系统,是有用的。

通常,数字计算机由四部分组成:输入/输出设备、存储器、算术/逻辑电路和控制器。所有通用计算机,包括从微型计算机到大型多处理机系统都可用这些基本部件来描述。机器的具体设计以及这四种部件之间的相互关系称为机器的“结构”。

计算机的结构包括硬件和软件两部分的具体结构并且说明静态硬件设计和动态软件处理过程之间的相互作用。虽然计算机的结构有多种类别和型式,但我们只讨论在微型计算机的应用中最实际的两种结构:

冯·诺依曼 (Von Neumann) 结构

堆栈结构

在详细调查了这些结构之后,我们将指出这些结构在微型计算机系统中是如何实现的,同时也指出由微型处理机技术带来的某些较重要的经济收益。

1.1 计算机的结构

通用数字计算机的四种基本部件的简单框图如图1.1所示。通用计算机是一种能对提供给它的信息进行一系列算术或逻辑

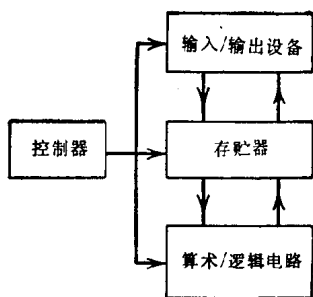


图 1·1 数字计算机框图

控制部件还通过算术/逻辑电路去协调输入/输出设备和存储器的
工作。

不同类型的计算机都是由这些简化的功能部件结构加以变
化得出的，它们的差别在于所采用的存储器或算术/逻辑电
路（即处理机）的数量不同，或是控制器对这些基本部件进行控
制的方式不同。更复杂的结构可采用存储器和处理机分级的办
法以及建立严格的系统控制规程以便更合理地使用珍贵的系统
资源。虽然可能在某些时候将会用微型处理机来实现这样的结
构，然而目前应用的微型计算机系统并不要求如此复杂的设
计。

1.1.1 冯·诺依曼结构

冯·诺依曼结构是数字计算机中最常用的结构，它也几乎
是所有微型处理机结构的基础。冯·诺依曼结构规定控制器和
存储器之间相互作用的型式。控制器是根据存放在存储器内的一
系列指令，即所谓“程序”而进行工作的。每条指令由两部分
组成：操作码和操作数（图1·2）。操作码规定处理机要完
成的操作（算术运算例如“加”，逻辑运算例如“与”，控制

操作例如“转移”），而操作数则给出要运算的数据或存储器中的地址。

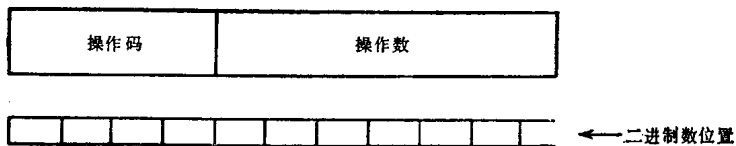


图 1·2 指令字的格式

冯·诺依曼计算机通过执行一系列的指令来工作，这些指令分别相应于要系统完成的各种操作。因为在控制器和存储器之间有一定的相互作用，所以要备有专门的硬件结构（示于图 1·3 中）来传送数据和指令。这些硬件结构是：

指令寄存器

程序计数器

累加器

算术/逻辑部件 (ALU)

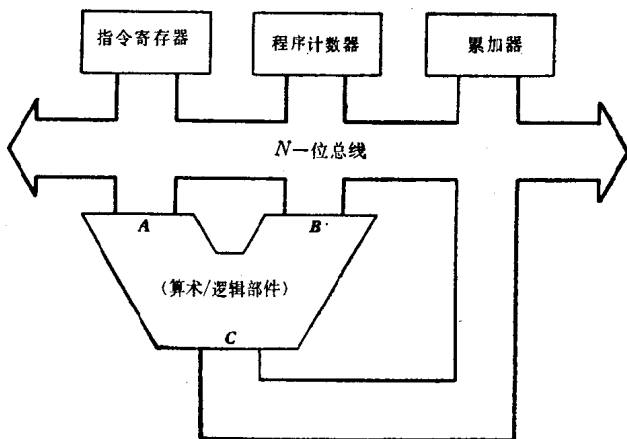


图 1·3 双向总线结构

指令寄存器、程序计数器和累加器是图1·1中“存贮器”方块的最主要的部件，这些部件就是各种寄存器或存贮单元，其典型的容量（位数）等于机器的字长。指令寄存器存放计算机要执行的下一条指令。程序计数器存放计算机要执行的下一条微指令在存贮器中的位置。累加器存放有待处理的数据或是接收处理过的新数据。

算术/逻辑部件（ALU）对指令所指定的数据执行规定的算术或逻辑运算。ALU的两个输入用 A 和 B 来代表，输出用 C 来代表。ALU对由 A 和 B 提供的数据执行算术或逻辑运算，而由 C 输出结果。

各硬件结构通过一条或几条总线互相连接起来。一条总线是几个点之间的电联结线，这些点可以是送出信号的也可以是吸收信号的（可用乘客在行车线的不同站点上车和下车来比拟）。在图1·3中有一条具有 n 位宽度的双向总线（ n 是机器的字长）。微型计算机的典型字长是4、8或16位二进制数。

总线将这些寄存器以及ALU与存贮器以及输入/输出装置连结起来。在单总线结构中，每个连向总线的装置都与其他装置共用总线，并在分配定的专门时间内通过总线向其他装置传送信息或自其他装置接收信息。总线的分时多路由由总线控制硬件来实现且由计算机控制器来同步。

控制器对计算机的所有其他部件实行基本的管理和同步。计算机系统是典型的同步时序数字电路。这些电路由系统内的标准时钟信号来同步。每个计算机部件被设计成在预定数目的时钟脉冲作用下按顺序传送。

图1·4是冯·诺依曼计算机基本部件的简化示意图。时钟发生器有两相输出，相位分别为 ϕ_1 和 ϕ_2 。计算机的基本运算部件是算术/逻辑部件，这在讨论图1·3时已提到了。指令寄存器

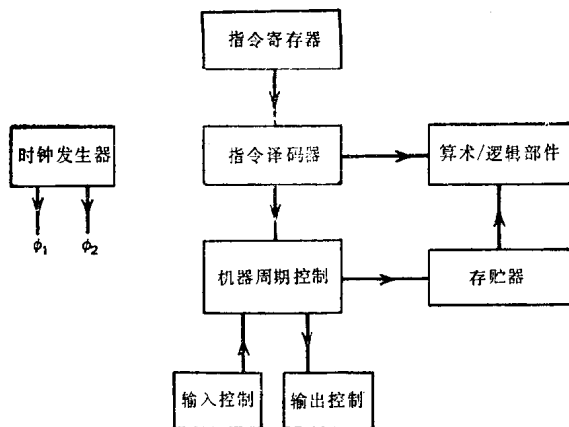


图 1·4 冯·诺依曼结构

将下条指令提供给指令译码器，由译码器译出并提出适当的指示给机器周期控制部件和算术/逻辑部件。机器周期控制部件译出这样的指示以指出要由输出控制及存贮器来执行的指令类型。所以，其他的系统部件能够和算术/逻辑部件的操作同步。存贮器可以是读/写存贮器或是机器内部的寄存器，它也必须用信号指示需处理什么样的数据。最后，图中还画出了对机器周期进行外部控制的各种输入控制信号（比如停机或中断操作）。

1.1.2 堆栈结构

计算机的结构也可以围绕给计算机编制程序的用户语言来构成。这样的结构有多种变型，称为“再组合结构”或“编译结构”，这些都是微型处理机将来应用的重要领域。不过，现在在商业上最有用的结构是“堆栈结构”，其所以这样来称呼，是因为它使用“后进先出”堆栈来处理系统的信息。

堆栈结构早在1960年就得到发展，它采用直接执行指令——堆栈——的方法来提高计算的有效性。堆栈只是一个方便的暂存器，它既可以是一个单独的缓冲存储器，也可以是主存储器的特定部分，它按顺序存放信息。当新的信息进入堆栈

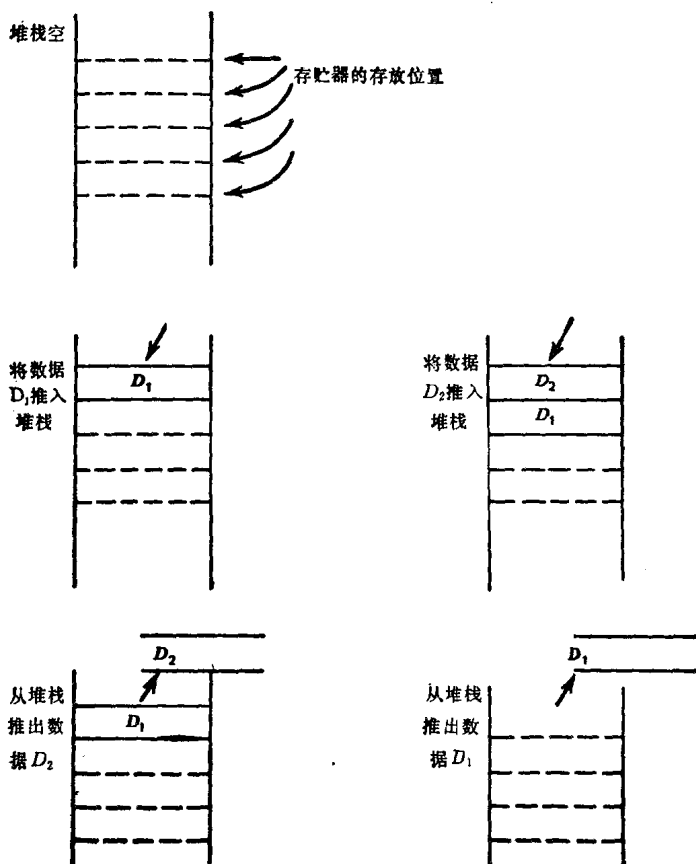


图 1.5 入栈出栈操作

时，其它早已在堆栈里的信息就被“下移”。当信息从堆栈移出时，信息将按相反的次序“上移”。所以最后进入的信息放在堆栈的顶部，从而首先被送出。这“后进先出”的概念更直观地示于图1·5中，在那里“入栈”意味着信息进入堆栈的过程，“出栈”意味着信息由堆栈移出。

图1·5所描述的情况仅仅表示堆栈的操作是如何发生的，并不表示计算机中的后进先出堆栈实际上如何实现。虽然从功能上看起来存放的数据是“入栈”或“出栈”，但实际上操作是很不相同的。

图1·6表示一个堆栈在存储器中是如何实际组成的。关键部件是堆栈指示器(SP)，它是一个寄存器，存放将要作为栈“顶”的存储器单元的地址。图1·6的上部表示堆栈指示器已存放地址051，051存储单元的内容为数据 D_1 。当数据 D_2 “送入”堆栈时，被放入050单元。然后堆栈指示器

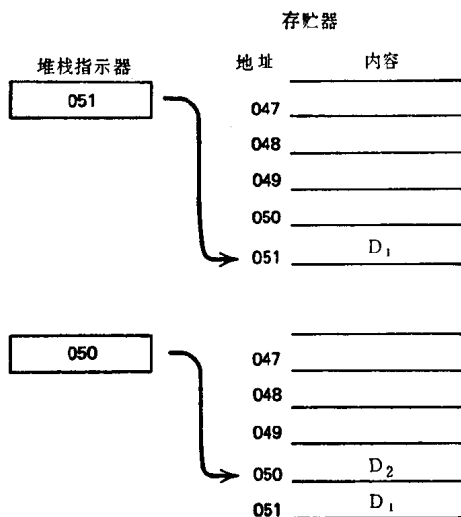


图 1·6 堆栈的实现

改为去读栈顶的新单元050（如图1·6下部所示）。

与此相对应，当数据由堆栈“送出”时，它们由堆栈指示器指示的存储单元读出，同时堆栈指示器加1。

堆栈指示器指示的“存贮器”既可以是计算机的主存贮