

微 处 理 机 讲 座

〔美〕得克萨斯仪器公司 编

张梅岗 李育宁 译

人 民 邮 电 出 版 社

The Microprocessor Handbook

Prepared by

The Texas Instruments Learning Center, 1975

内 容 简 介

本书是美国得克萨斯仪器公司学习中心结合着微处理机电视讲座编写的学习材料，是一本普及微处理机知识的入门读物。共分三个部分。第一部分是微处理机电视讲座的教材，从整体上介绍了微处理机的原理和应用。第二部分是补充材料，它可以帮助设计人员根据自己的应用要求去选择最适合的微处理机。第三部分是对数字电路的简述，可供不太熟悉数字电路的读者先行学习或作简单复习，以便为学习微处理机打好基础。

微 处 理 机 讲 座

〔美〕得克萨斯仪器公司 编

张梅岗 李育宁 译

于清汶 黄万基 校

*

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

北京印刷一厂印刷

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 1982年4月第一版

印张：6 24/32 页数：108 1982年4月北京第一次印刷

字数：153千字 印数：1—10,500册

统一书号：15045·总2549-无6169

定价：0.71元

目 录

第一部分 微处理机电视讲座 (1)

一、从数字计算机系统结构看微处理机的背景 (2)

阐述了微处理机的基础理论和整个讲座的基本目的。追溯了微处理机的发展(从早期的真空管的巨大机器到现在的微处理机)。

二、芯片的制造技术 (19)

给出了今天所采用的不同的制造工艺的基本情况。介绍了各种工艺的进一步发展,以便使设计人员能根据自己的用途选择适当的工艺。

三、广泛应用的可能性和局限性 (38)

指出了适合应用微处理机的各种型式的系统。讨论了现在市场上流行的用微处理机设计的几种设备的主要参数。提供了在什么情况下适于采用微处理机的指南。提出了更专门应用的背景。

四、微处理机的应用:通信设计 (58)

说明数字通信的问题和用典型硬件的解决方法,说明在这一广泛领域内如何经济地应用微处理机。

附录 I. EIA(电子工业协会)标准接口 RS 232 C 的各种信号 (81)

第二部分 补充材料 (86)

五、芯片的结构 (86)

描述了系统结构和芯片结构,研究了它们与系统性能的关系。详细介绍了目前可用的芯片结构。

六、如何使用微处理机 (108)

讨论了使用微处理机的设计的逻辑方法。阐述了系统定义、硬件类型和软件程序的定义,以利于典型微处理机的应用。

附录 II.1 微处理机比较表 (128)

附录 II.2 微处理机设计流程图/选择指南	(130)
第三部分 数字子系统简述	(133)
七、运算器的基础	(133)
讨论了二进制的表示方法和二进制加减法。研究了用于运算器的加法器。	
八、复杂的运算器	(151)
讨论了在运算器中出现的二进制乘除法, 研究了具有 16 种功能的集成电路运算器。	
九、控制器的功能	(163)
叙述了对数字控制的基本要求, 从最简单的开关一直到多时序程序存贮式控制器。还讨论了“什么是控制器”的基本知识, 给出了执行控制功能的例子。强调了控制和定时之间的差别。	
十、存贮器的基本概念	(178)
讨论了磁芯和半导体存贮元件。研究了移位寄存器存贮以及随机存取存贮器(RAM)和只读存贮器。还讨论了基本存贮器结构, 如二度和三度存贮器等, 讨论了寻址技术。	
十一、定时的基础	(195)
讨论了给数字系统定时的基础和产生定时信号的基本电路。其中包括延时、暂态、冒险和竞争等问题。	

第一部分 微处理机电视讲座

微处理机确实是一种使人激动的新型半导体部件。许多人都把微处理机看成是期待已久的新一代的数字积木块，这些积木块是由系统级的半导体数字集成电路组成的。这个讲座的主题就是要介绍微处理机系统的设计和应用。

读者在开始学习此技术资料之前，应该先用几分钟了解一下此讲座的梗概。

第一课介绍数字计算机系统的系统结构。评述了数字系统结构的发展，从而向读者提供了了解微处理机广泛应用的基础。

第二课(微处理机芯片的制造)讨论了制造微处理机用的半导体技术。指出了如何针对具体应用来选择正确的微处理机技术。阐明了各种技术的优点和缺点，其中包括新的集成注入逻辑I²L。

第三课(潜在的应用和局限性)给出了决定什么情况下使用微处理机，什么情况下不使用微处理机的指南。此外，明确提出了适合使用微处理机的几类系统，并且详述了市场上流行的几种微型机设备的主要参数。

最后，为了深入说明有关应用微处理机的设计步骤，在第四课给出了数字通信系统这一广泛领域中的一个典型设计例子(通信设计)。

学习完这四课以后，读者将会在以下几个方面对微处理机有更好的了解。

- 1) 技术权衡。
- 2) 何时何地使用微处理机，为什么？

- 3) 应用微处理机，应经过哪些步骤。
- 4) 能引导读者开始应用微处理机的详细例子。

一、从数字计算机系统结构看 微处理机的背景

这一课详细地介绍了什么是微处理机，概要地说明了它在今天的设备设计中的作用，解释微处理机为什么象我们现在所知道的那样存在，并从早期电子管计算机追溯到它的发展。

这一课从“微处理机”这个名词开始讨论。有些人认为“微处理机”就是指“微型计算机”。另一些人认为微处理机和微型计算机是有差别的。他们认为微处理机是更广义的、更一般性的术语，用来描述能够完成特定任务的很小的电子系统。因此，微型计算机是微处理机的一种应用。

微处理机的性能 (图 1.1)

要勾画一个微处理机的概貌，比较有效的方法大概要算是描述它的特性了(图 1.1)。微处理机的核心是集成电路。一个微处理机可以是一块集成电路，也可以是由多达 30 块或更多集成电路组成。在功能上，微处理机包括可编程序的数据处理系统，它至少要包括一个算术逻辑单元(称为 ALU)，这种单元由几个寄存器和某些控制器组成。如果微处理机比较复杂，也可以有寄存器堆栈或随机存取存储器(RAM)、一条或多条数据总线、以及更重要的微程序或微操作的只读存储器(ROM)。微处理机所能处理的字长一般比其他计算机短，通常是 4 位到 16 位。

- 由一块到 30 块集成电路组成
- 其中包括：
 - 算术逻辑单元
 - 寄存器
 - 控制器
 - 寄存器堆栈或 RAM
 - 数据总线
 - 装微程序的 ROM
- 字长较短(4~16 位)

图 1.1 微处理机的特性

这些事实表明，几乎在任何形式的各种复杂的设计中，微处理机都存在着急剧减小元件数量、缩短设计时间的潜力。事实上，许多人认为微处理机是期待已久的数字积木件的新一代；微处理机将为实现系统级数字集成电路提供一个最简单的方法。正是这些原因，使大家对微处理机都有兴趣。

微处理机的起源 (图 1.2)

图 1.2 描述了把我们带到微处理机现有地位所走过的道路，追溯了这一旅程的发展。这一段旅程从 1948 年开始，这一年发明了晶体管；如果没有晶体管的发明，就不可能有今天众所周知的数字系统的发展。

紧接着晶体管的发明之后，研制了第一台存贮程序式的计算机。图 1.3 所示的是 EDVAC 计算机。EDVAC 是于 1951 年由宾夕法尼亚大学研制的一台电子管计算机。

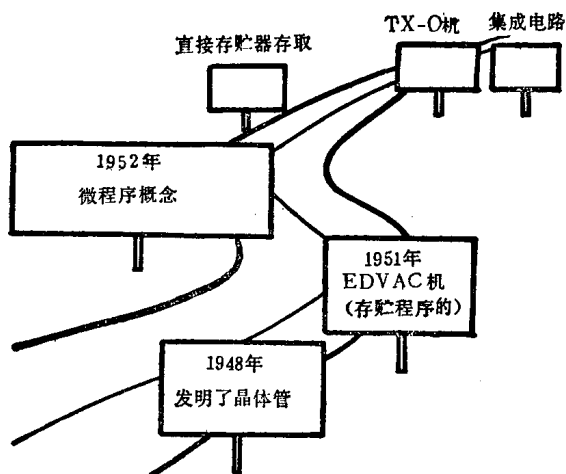


图 1.2 微处理机的起点

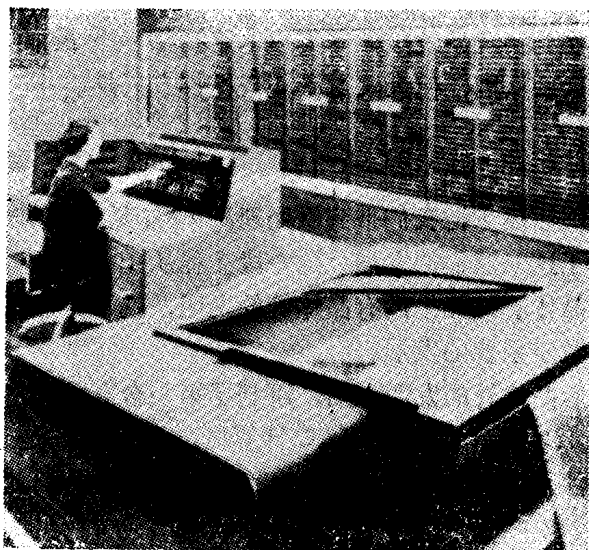


图 1.3 典型的EDVAC计算机

典型的EDVAC计算机(图 1.3)

由图 1.3 可以看到, EDVAC 计算机很庞大。一般地说, 仅仅这种机器的处理机, 即算术单元及其控制器, 就有一间房间那么大。

早期的电子管计算机的特性(图 1.4)

如图 1.4 所示, EDVAC 设备有一些给人深刻印象的技术性能。这类机器一般用于科学上的专门用途。

操作时间: $50\ \mu\text{s}$
时钟频率: $0.5\ \text{MHz}$
字 长: 16 位
存储容量: 1 K 字

图 1.4 早期的电子管计算机的特性

早期机器的基本结构(图 1.5)

如图 1.5 所示, 这些早期的计算机的基本结构本质上是基本的存贮程序式的机器。这种结构的主要特点是有一个中央控制子系统。这一子系统精确地控制其他子系统以及这些子系统之间信息传送的定时。算术逻辑单元过去一般是简单的算术单元。因此, 在某些例子中, 中央控制器有对存贮、算术运算和终端操作的分控制器。

早期计算机的寄存器很贵, 因而每一个寄存器都需要用来做几种不同的工作。专门为任一个子系统都建立一组寄存器是行不通的。因此, 在一定的程度上, 系统结构是部分地由硬件的成本所决定。另外, 硬件的成本高, 阻碍了在那时去追求象直接存贮器存取这样的特征。

存贮程序的基本概念 (1950年左右)

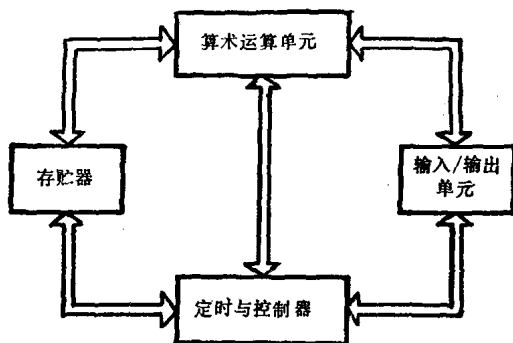


图 1.5 早期的计算机的基本结构

分散控制系统(图 1.6)

但是五十年代计算机设计的一种倾向是分散控制。采用分散控制, 允许每个子系统有它自己的控制器, 而只由中央控制器对整个系统定时。分散控制系统的方框图如图 1.6 所示。在这个系统中, 算术单元已经扩展成为算术逻辑单元, 并带有自己的控制器。这种带有控制器的算术逻辑单元最终形成了计算

分散控制的概念 (五十年代初期)

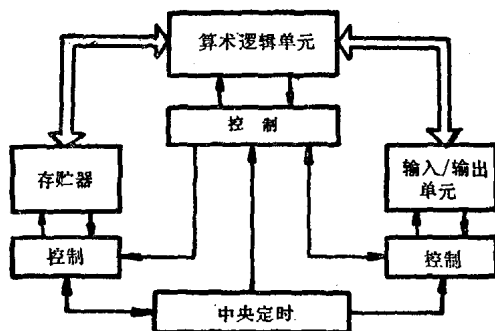


图 1.6 分散控制系统

机的所谓中央处理机。同样地，存贮器也有自己的控制器。但是，中央处理机仍必须用作为主存贮器和输入/输出通道之间的中间设备。

由于这种自主的子系统的出现和采用中央处理机的概念，计算机有了新发展。例如，研制发展了便于输入/输出的中断程序。还研制了一种专用处理机，用来直接处理主存贮器和终端之间的指令及数据通信，而不必去打扰主处理机。

这种专用处理机的发展指出了微处理机可资应用的第一个领域，即微型处理机作为小型专用控制器。应该注意，这些是很简单的控制器，既不执行算术功能，也不执行逻辑功能。它们是用来完成简单的顺序操作的控制器。在研究出中断方法以前，当准备好接收或传送数据时，处理机给终端发出信号。有了中断方法之后，终端有数据需要传送时，就给处理机发出信号。这种中断能力能使机器在较短的时间内处理更多的数据。

直接存贮器存取系统(图 1.7)

采用上述技术的直接存贮器存取 (DMA) 系统如图 1.7 所

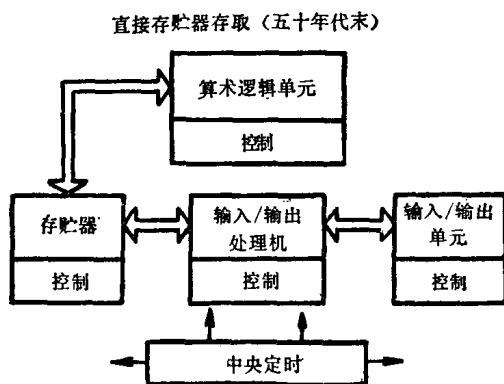


图 1.7 直接存贮器存取系统

示。由于采用了输入/输出控制的专用处理机，数据能够直接在终端和主存贮器之间传送，而不必打扰中央处理机的操作。直接存贮器存取技术出现于1959年左右，即电子管时代的末期，如IBM 709 计算机就是其中一例。

计算机结构的改进(五十年代后期)(图 1.8)

在这段时间里，出现了某些其他的重要技术发展，如图 1.8 所示。

和直接存贮器存取这一具有里程碑意义的发展同时，研制了第一台晶体管计算机 TX-0。在这个时期内，集成电路也问世了。最有意义的是，到1960年，就已经制造出了大型晶体管商用计算机。

在此以前，具有一定技术水平的第一批计算机都是由大学或者其他研究实验室研制的，经过四、五年之后，才出现商用计算机。

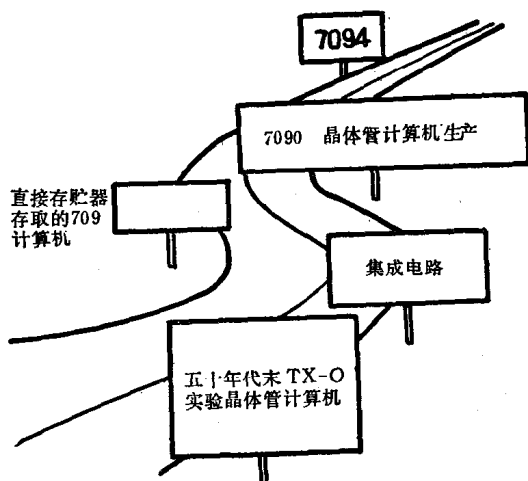


图 1.8 系统结构的发展(五十年代末~六十年代初)

晶体管计算机的性能(图 1.9)

考察这个时期计算机的性能可知,如图 1.9 所示,其大部分性能参数与早期的电子管计算机比较,提高了十倍。

• 操作時間: 10 μ s
時鐘頻率: 5 MHz
字 长: 48 位
存貯容量: 16 K 字

图 1.9 晶体管计算机的性能(六十年代初期)

科学和事务方面的应用(图 1.10)

六十年代初期,还看到了针对科学和事务应用的专用计算机。最初的专用机是 UnivacI。由于不同的应用对计算机提出不同的要求,科学用计算机和事务用计算机分开了(图 1.10)。对于科学应用而言,计算机一定要具有字长长和快速精确的运

科学用:	事务用:
数值計算	輸入/輸出能力強和
精度和速度	字符处理能力強

图 1.10 科学和事务方面的应用

算器。但是,科学用计算机并不要求输入/输出能力强,因为仅仅是装入程序和等待结果就行了。事务用计算机不同。它要求输入/输出能力强,字长较短和具有大量的“文件”存贮器,甚至要求具有可变字符长度字以获得良好的字符处理能力。

先进的直接存贮器存取的概念(图 1.11)

六十年代初期, 不管什么应用, 都普遍使用直接存贮器存取的结构。到六十年代末期, 已经发展到很复杂的程度。只要看看 IBM 7094 的结构, 如图 1.11 所示, 就可以看到这种复杂性。

这种结构中的每一条数据通道都是一台处理机, 此处理机要完成两个任务: 把数据装入存贮器和从存贮器把数据传送给输出装置或次级存贮装置。

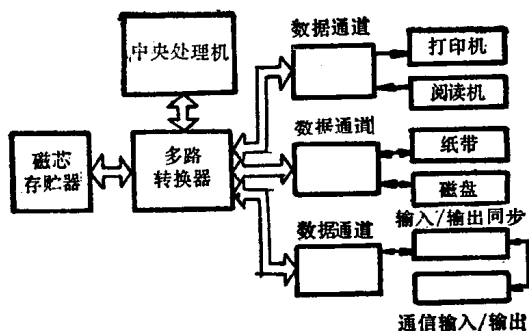


图 1.11 先进的直接存贮器存取的概念

在存贮器里存放的数据传送管理程序控制着输入/输出处理机, 并且由处理机访问。此动作最初由中央处理机建立, 其后, 中央处理机委派输入/输出处理机处理数据传送的细节。

这种输入/输出处理机的任务可以由微处理机来完成, 这是微处理机在计算机中应用的第二个领域。这种处理机是具有算术和逻辑功能的真正的处理机。由于具有这些功能, 所以它比

简单的控制器复杂；由于这种处理机比较复杂，所以能够完成奇偶校验、位压缩、代码变换等各种任务。

最后，这些小型输入/输出处理机可以不依靠中央处理机的启动或停止命令，而具有独立操作的能力。微处理机对什么样的应用更为自然呢？这种结构为输入/输出处理机用作为前端数据处理的计算机网络开辟了道路。但这话说得太远了。在讨论六十年代中期的计算机之前，让我们先回顾一下这个时期以前的处理机的结构。这里仍然是着眼于微处理机如何能满足以后的需要。

采用中央处理机的系统(图 1.12)

1964 年以前，用于系统中的处理机有两种形式。一种是从老的算术部件发展出来的中央处理机，如图 1.12 所示。它的任务是执行全机的运算和控制功能。因此，它既有算术逻辑部件，又有全部程序时序和中断电路。

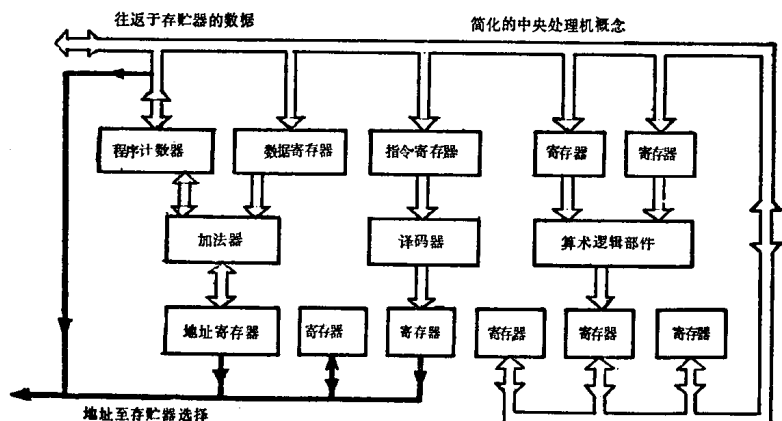


图 1.12 采用中央处理机的系统

典型的输入/输出处理机(图 1.13)

另一种处理机是输入/输出处理机，用来控制输入到主存储器 and 从主存储器输出的信息流，如图 1.13 所示。因此，输入/输出处理机负有最小的计算责任。它主要包括程序时序和中断电路，另加中间数据流寄存器。一般说来，当时计算机系统中只包括一个处理机，即中央处理机，直到电路技术可以提供廉价的寄存器以后，才使用两种处理机。

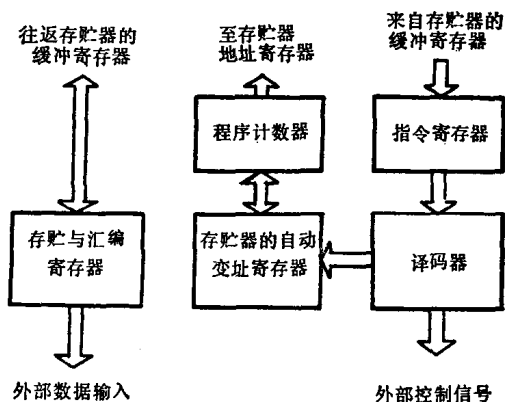


图 1.13 典型的输入/输出处理机

计算机的发展(1964~七十年代初期)(图 1.14)

为了评定输入/输出处理机对系统结构有何作用，请看计算机发展的第二个时期(1964~七十年代初期)，如图 1.14 所示。在这一时期，360、大型的 CDC 6600 和 7600 系统计算机和网络开始运行。这一代计算机的性能确实给人难忘的印象。

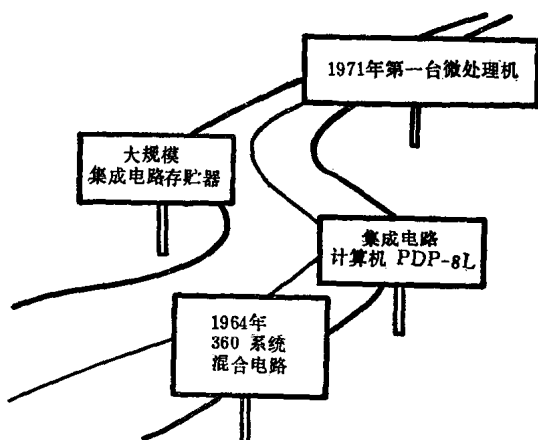


图 1.14 计算机的发展(1964~七十年代初期)

集成电路计算机的性能(七十年代初期)(图 1.15)

如图 1.15 所示,当时计算机的时钟频率达到 60 MHz; 操作时间约为几百毫微秒。集成的和混合电路技术已经用于大型的商用计算机。其存贮器采用磁芯技术,也采用固体电路技术,主存贮器的容量达到 262 K 字。已引入了存贮器地址变换技术,允许把存贮器分成页面和存贮段。

除了这种大型机的发展之外,在六十年代中期到七十年代

操作时间:	小于 $1 \mu s$
时 钟:	大于 60 MHz
字 长:	达到 60 位
存贮器容量:	达到 262 K 字
变换方式:	页面或段

图 1.15 集成电路计算机的性能(七十年代初期)