

5 微电子学讲座

〔日〕森下 岩 著

微型计算机硬件

科学出版社

微电子学讲座 5

微型计算机硬件

〔日〕森下 岩 著

田友臣 译

科学出版社

1990

内 容 简 介

本书是微电子学讲座第五卷,书中以当今世界上最流行的8位、16位和32位微处理器及其接口为例,详细介绍了它们的硬件结构特点、基本功能以及设计上的新思想。同时介绍了最常用、最新的半导体存储器,并概括地介绍了微型计算机的系统结构及其新发展。最后还介绍了最典型的位片处理器。

本书是本讲座第六卷《微型计算机程序设计》一书的姊妹篇,若能将两书结合起来阅读,可加深对整个微型计算机系统的理解。

本书可供从事计算机工程与应用的科技人员阅读,也可作为高等院校有关专业的教学参考书。

森下 巖 著

岩波講座 マイクロエレクトロニクス5
マイクロコンピュータのハードウェア

岩波書店, 1984

微电子学讲座 5

微型计算机硬件

〔日〕森下 巖 著

田友臣 译

责任编辑 孙月湘

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100707

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

*

1990年11月第一版 开本: 850×1168 1/32

1990年11月第一次印刷 印张: 8 1/8

印数: 0001—2 300 字数: 210 000

ISBN 7-03-001889-3/TP·136

定价: 8.70 元

译 者 的 话

70年代以来,由于大规模集成电路和超大规模集成电路技术的迅速发展,微型计算机的发展极为迅速,在不到20年的时间里,相继出现了4位、8位、16位和32位的各种型号的微处理器,并在各个领域得到广泛应用。面对种类繁多、型号各异的微处理器,多数读者不可能对每一种都加以研究,而只希望研究一些最常用的和在设计上有特点的微处理器。

为了满足广大读者的要求,特将日本岩波书店出版的微电子学讲座第五卷《微型计算机硬件》一书译出,供广大读者参考。

本书不是详细介绍某一特定型号的微处理器,也不是罗列各种型号的微处理器,而是选择了当今世界上最流行的8位(i8080, M6800, Z80) 16位(i8086, M68000, Z8000)和32位(i80386, M68020, Z80000)微处理器及其接口,重点介绍它们的硬件结构特点、基本功能及其设计上的新思想。另外还介绍了最常用的和最新的存储器、位片处理器以及微型计算机的系统结构。

本书是本讲座第六卷《微型计算机程序设计》一书的姊妹篇,若能将这两本书配合起来阅读,则可加深对整个微型计算机的理解。

北京计算机学院吕景瑜副教授对全稿进行了认真校订。在翻译本书的过程中,曾得到中国科学院计算技术研究所刘赤峰、中国电子进出口总公司陈金阁等同志的热情帮助,在此向他们表示感谢。

由于译者水平所限,书中疏漏之处在所难免,敬请读者批评指正。

田友臣

1988年7月

• i •

原 编 者 的 话

随着大规模集成(LSI)电路技术的不断发展,迎来了超大规模集成(VLSI)电路的时代。现在一个大规模的系统已经能够集成在一个VLSI芯片内,因而,面向VLSI的系统设计技术以及把这些VLSI组合起来构成巨大系统的技术,在目前均被看作是微电子学的一部分。

本讲座中所介绍的微电子学就是这种广义的微电子学。VLSI的发展将给今后的社会带来巨大的影响,因而,本讲座的目的就是要集中介绍设计、制作VLSI及由VLSI构成的计算机、通信、机械电子学等信息系统所必需的理论和技術。

然而,微电子学是LSI技术诞生不久后出现的、发展十分迅速的领域,至于它将以何种形态向前发展,其可能性是很多的,所以若想把它汇总成一个完整的学科系统,还有许多困难。因此,本讲座的目的是:

(1) 向关心微电子学的初学者和准备应用微电子技术的人们介绍有关微电子学的基础知识。

(2) 作为在计算机、通信、机械电子学领域工作的技术人员、研究人员的实践指南。

(3) 把掌握微电子学所必需的基础知识和技术明确化、系统化。

(4) 把微电子学作为一门新的学科进行系统介绍,并使其成为向理想教学用书迈进的里程碑。

希望本讲座能成为学生、技术人员,研究人员的良师益友。

元冈 达 菅野卓雄 渡边 诚
渊 一博 石井威望

前 言

本书叙述微型机硬件结构。它是本讲座第六卷石田晴久所著《微型计算机程序设计》一书的姊妹篇。若同时阅读这两本书,则可加深对整个微型计算机的理解。

最近,微型计算机技术的发展很快。其字长从8位扩充到了16位和32位,地址空间的大小以兆位和吉(1吉=10³兆)位为单位表示。与此同时,实现了支持操作系统、支持虚拟存储器、支持多任务以及内部设有存储管理单元和高速缓冲存储器等的高性能化。

本书重点介绍最近的技术发展。在高功能化方面,也有以提高处理速度为主要目的的,但多数情况下是以便于开发以操作系统为中心的大规模软件为目的的。大规模软件的构成方法已成为硬件设计人员不可缺少的知识。

本书不是详细叙述某一特定型号的微型计算机。全书共分十章,第一章是绪论;第二章介绍8位处理器;第三、四章介绍16位处理器;第五章介绍32位处理器;第六章介绍存储器;第七章介绍外围接口;第八章介绍系统结构;第九章介绍位片处理器;第十章结束语。本书不可能把以前所研制的产品都罗列出来加以说明,而只能在各章列举少数机种,重点说明其基本功能。对所列举的有代表性的产品实例,详细介绍了各项功能及特点。重要的是应同时学习基本概念和实际操作方法。

由于篇幅有限,本书不可能把所有重要功能都谈到,就是对产品实例,也只能列举很少一部分。事先要说明的是,未能介绍的产品中也有很多实用上很重要的功能。

当然,一本书不可能把整个微型计算机的全貌都介绍出来,内容的取舍也许有不当之处。另外,还可能因笔者误解而引起的叙述不周之处。因此,敬请读者批评指正。

森下 岩

微电子学讲座

- 1 微电子学器件 I
——数字器件和工艺
- 2 微电子学器件 II
——光、存储器件和传感器
- 3 超大规模集成电路设计 I
——电路与版图设计
- 4 超大规模集成电路设计 II
——逻辑与测试
- 5 微型计算机硬件
- 6 微型计算机程序设计
- 7 程序设计语言与超大规模集成电路
- 8 超大规模集成电路计算机 I
- 9 超大规模集成电路计算机 II
- 10 系统构成技术
- 11 机械电子学

目 录

第一章 绪论	1
1.1 什么是微型计算机	1
1.2 总线的基本结构和操作时序	8
1.3 处理器的处理速度	18
第二章 8 位微处理器	23
2.1 基本结构	24
2.2 寄存器结构	26
2.3 运算功能和条件标志	27
2.4 寻址方式	30
2.5 中断和陷阱	33
2.6 总线结构和指令执行时间	37
第三章 16 位微处理器	40
3.1 基本结构	40
3.2 地址空间	42
3.3 寄存器结构	47
3.4 寻址方式	49
3.5 高级语言支援	57
3.6 操作系统支援	66
3.7 存储器管理支援	76
3.8 总线结构和指令的执行时间	85
第四章 新一代 16 位微处理器	88
4.1 虚拟存储器支援	88
4.2 多重任务	96
4.3 80286 的虚拟存储管理	103
4.4 80286 的多任务管理	112
4.5 流水线	116
4.6 80286 的流水线化	119

第五章	32 位处理器	124
5.1	高速缓冲存储器	125
5.2	MC68020	128
5.3	Z80000	132
第六章	存储器	137
6.1	静态 RAM	138
6.2	动态 RAM	142
6.3	动态 RAM 控制器	147
6.4	可编程 ROM	150
第七章	外围设备接口	154
7.1	什么是接口	154
7.2	串行通信接口	156
7.3	并行输入输出接口	171
7.4	软磁盘控制器	180
第八章	系统结构	196
8.1	协处理器	196
8.2	总线仲裁器	205
8.3	系统总线	218
第九章	位片处理器	226
9.1	位片的设计思想	226
9.2	控制器的结构	229
9.3	运算器的结构	234
9.4	操作时间	239
第十章	结束语	241
参考文献		244
索引		245

第一章 绪 论

1.1 什么是微型计算机

1.1.1 微型计算机的构成

如图 1.1 所示,计算机是由 CPU、存储器和外围设备构成的,并用总线把各组成部分连接起来。总线是一组公共信号线。CPU 是 central processing unit 的缩写,译成中文叫做中央处理装置。存储器(又叫存储装置)是根据 memory 译出的,所以称为装置是因为把 CPU 和存储器看作尺寸很大的部件(现在在大型计算机中叫做装置是比较合适的)。外围设备包括输入设备、输出设备和外存储器三部分,它通过外围接口连接到总线上。如图 1.2 所

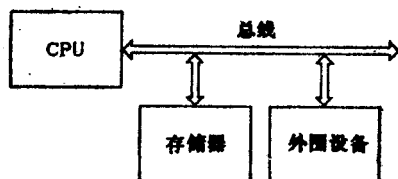


图 1.1 计算机的构成

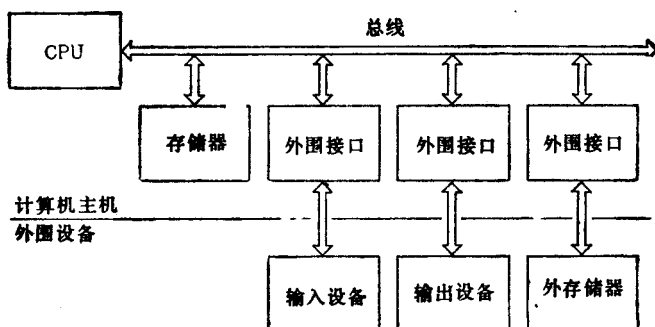


图 1.2 计算机主机和外围设备

示, 计算机也可以看成是由主机和外围设备构成的。人们大都用“计算机”这个术语表示计算机主机。

CPU 是计算机的核心, 其电路结构非常复杂。由于微电子技术的发展, CPU 可制作在一块集成电路芯片上, 人们把它称为微处理器 (microprocessor)。目前实际使用的集成电路是在单晶硅片上构成复杂的晶体管电路, 其大小约为 $5 \times 5 \times 0.3\text{mm}$, 产品化的集成电路称为集成电路芯片, 或简称为芯片。对微处理器来说, 若称为微处理器芯片, 则说明是集成电路产品。

另外, 还研制了具有存储器功能的集成电路, 该集成电路称为存储器芯片。此外, 还研制了具有外围接口功能的集成电路, 这种集成电路称为外围接口芯片。因此, 可用 1 个微处理器芯片, 若干个存储器芯片和外围接口芯片构成计算机, 如图 1.3 所示。这种计算机叫做微型计算机。由于微型计算机的出现, 计算机的体积大大缩小, 价格大幅度降低。

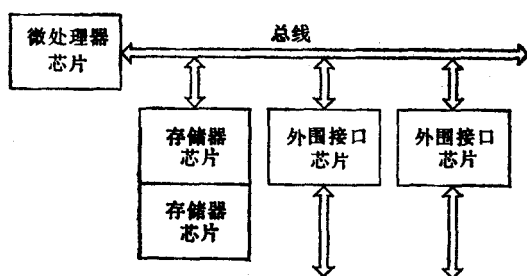


图 1.3 微型计算机的构成

集成电路芯片直接使用很不方便, 作为产品需把它封装起来。图 1.4(a) 所示的封装形式是最常用的一种形式。在这种封装中, 为把集成电路的电源、输入信号和输出信号接到印制电路板上, 设置了双列直插式引脚, 故称这种封装形式为双列直插式封装 (dual-in-line package, DIP)。最近, 人们也使用图 1.4(b) 和 (c) 所示的引脚栅格矩阵封装 (pin grid array package) 和无引线芯片托架 (leadless chip carrier), 这种封装的特点是引脚多, 体积小。引

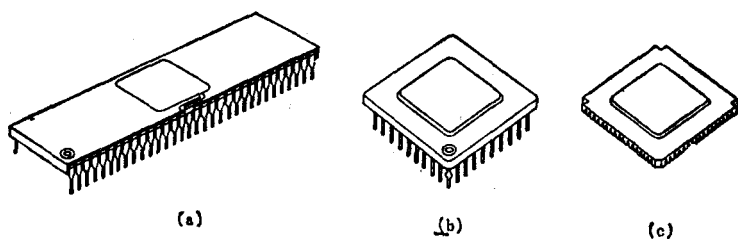


图 1.4 集成电路封装

(a) 双列直插式封装, 64 个引脚; (b) 引脚栅格矩阵封装, 68 个引脚;
(c) 无引线芯片托架, 68 个引脚

脚栅格矩阵封装是在底部装上栅格状排列的引脚, 而无引线芯片托架的封装是在侧面装有引线。

单片微型计算机 (one-chip microcomputer) 是把 CPU、存储器 and 外围接口等部件全部集成在一块芯片内, 然后将其封装起来构成的一台计算机。这种单片微型计算机作为一种组装件, 广泛用于家用电器中, 同时也大量地用来作为电子计算器的主要部件。

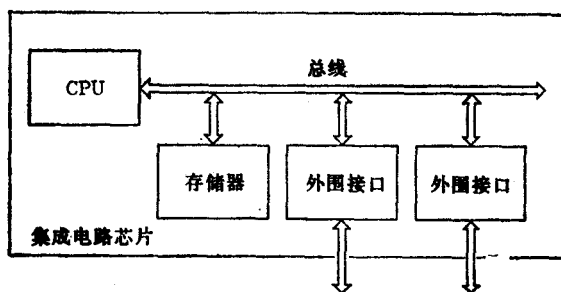


图 1.5 单片微型计算机

如图 1.6 所示, 在一块印制电路板上安装数块芯片, 可构成真正的计算机。这种计算机叫做单板微型计算机 (one-board microcomputer)。更大的计算机可用多块印制电路板构成。对单板微型计算机来说, 存储器的容量不够时可附加存储器板。为了把大量外围设备连接起来, 可附加外围接口板。如图 1.7 所示, 各种

板还可利用总线连接起来,该总线称为系统总线(system bus)。与系统总线相对应的总线叫做局部总线,它的作用是在板内连接微处理器、存储器和外围接口。图 1.8 是计算机板和存储器板的实例。这种方式是把所有插板作成统一尺寸。另一方面,在大型计算机板上也可采用追加小型存储板和外围接口板的方式。

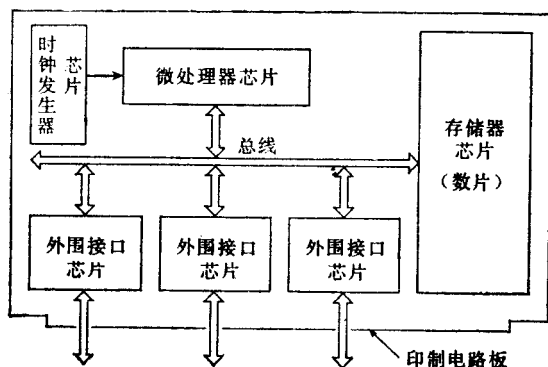


图 1.6 单板微型计算机

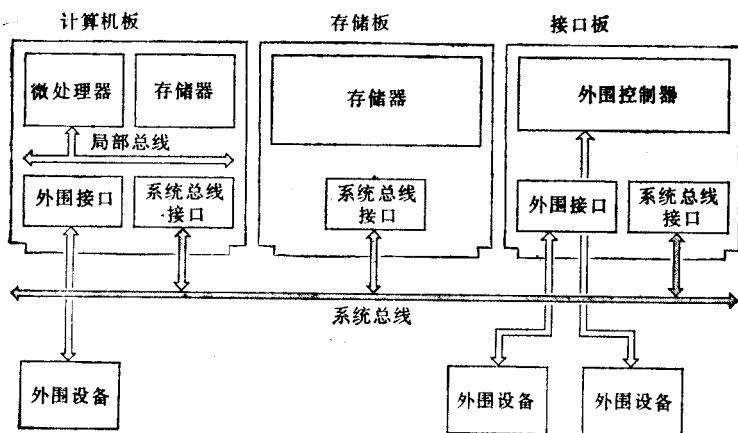


图 1.7 用数块板构成的计算机

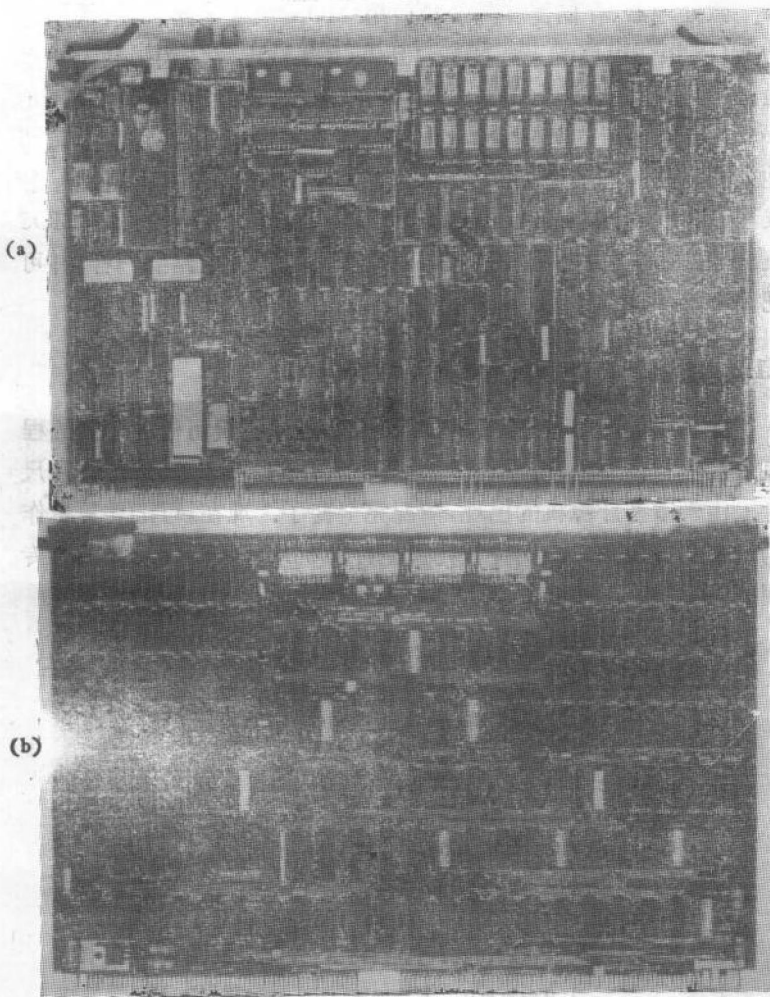


图 1.8 构成系统的插板实例

(a) 计算机板；(b) 存储器板

数字集成电路最早是采用双极性晶体管研制的。双极性晶体管集成电路的集成度不高，但工作速度快。双极性集成电路有若干种，现在广泛使用的是 TTL (transistor-transistor logic) 集成电路。

微处理器、存储器和外围接口用 MOS 集成电路构成,这是因为 MOS 集成电路的集成度高。但 TTL 集成电路作为辅助元件也是必不可少的,市场上出售的 TTL 集成电路产品有 Texas Instruments 公司生产的 74 系列(片首号加上了 SN74)芯片。也有其他公司出售的同类产品。74 系列产品的种类很多,有门电路、触发器、寄存器、三态门组、译码器、总线驱动器等。现在使用的 MOS 集成电路,其电源电压和信号电平与 TTL 集成电路的一样,并可把 MOS 集成电路和 TTL 集成电路直接连接起来使用。

1.1.2 微型计算机的应用产品

计算机的特点是通用性强,其原因是计算机可借助不同的程序进行任意信息处理。以前对计算机应用的最大限制是价格和尺寸。由于微型计算机的出现,情况完全变了。现在,可把计算机作为一个部件使用。人们往往用微型计算机来代替按用途构成的专用的数字系统。

应用产品分类如下

- (1) 通用计算机;
- (2) 装有计算机的专用系统:

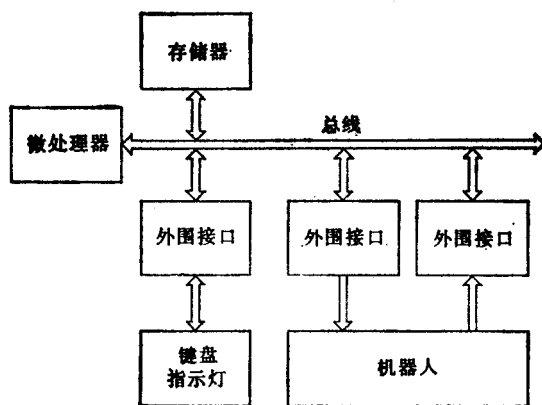


图 1.9 机器人控制系统的构成

(i) 信息处理系统；

(ii) 实时控制系统。

具有代表性的通用计算机是个人计算机。超级个人计算机和 workstation 是正在研制的高性能计算机。通用计算机可充分利用用户开发的程序。对装有计算机的专用系统来说，程序是固定的。具有代表性的信息处理系统是编制文件用的字处理机。单片电子计算器也属于这一类。实时控制系统有：机器人控制系统、汽车发动机控制系统、成套设备控制系统等。家用电器内的单片计算机也是用作控制的。进行控制时，也要用接口把控制对象连接起来，如图 1.9 所示。

1.1.3 集成度的提高是技术发展的动力

在微型计算机领域，技术发展之快是惊人的。通过电路的微型化来提高集成度是微型计算机技术发展的动力。1971 年发表的第一台微处理器 4004，字长才 4 位，只集成了 2300 个晶体管。在提高集成度的同时，微处理器向 8 位和 16 位的方向发展，现在已研制成了集成几十万个晶体管的 32 位微处理器。在这个大规模集成化的过程中，不仅扩大了字长，而且还像第三章以后所介绍的那样，扩大了对高级语言的支持，对操作系统的支持，对存储管理的支持，对虚拟存储的支持以及内部存储管理的单元、内部高速缓冲存储器等的功能。

存储器芯片的存储容量近几年提高了三倍。1974 年发表的 8 位微处理器 8080 和 MC6800，其存储容量为 4K 位。而现在大量使用的存储器其存储容量为 64K 位，256K 位的存储器也已开始大量生产。现在的研制水平是，正在试制 1 兆位的存储器。如果 1 兆位的存储器得到普及，那么即使单板计算机也很容易安装几兆位的存储器。如果 256K 位就足够用了，则用两片 $128K \times 8$ 位的片子就可解决。

集成电路的集成度近期还将继续提高，将来的产品将物美价廉，人人都可购买。现在的微型计算机与以前的计算机相比，最大

区别就在于它可以大量生产。目前,对计算机来说,最大的问题是软件的开发成本太高.对 32 位微处理器来说,软件当然很多,但一种型号的微型计算机就可生产几十万或几百万台,这样,对每个用户来说软件的价格就很低了。为了满足广大用户的需要,软件产业也在迅速发展。

1.2 总线的基本结构和操作时序

1.2.1 总线的基本结构

微处理器、存储器和外围接口是通过总线连接起来的。

通过总线传输数据的方式有下列三种:

- (1) 处理器 $\longleftrightarrow$ 存储器;
- (2) 处理器 $\longleftrightarrow$ 外围接口;
- (3) 存储器 $\longleftrightarrow$ 外围接口。

下面对处理器和存储器间的传输以及处理器和外围接口间的传输加以说明。这里,数据传输由处理器控制。存储器和外围接口根据处理器发送的控制信号发送或接收数据。数据的传输方向以处理器为标准。从处理器外部向内部传输数据是读,反之为写。

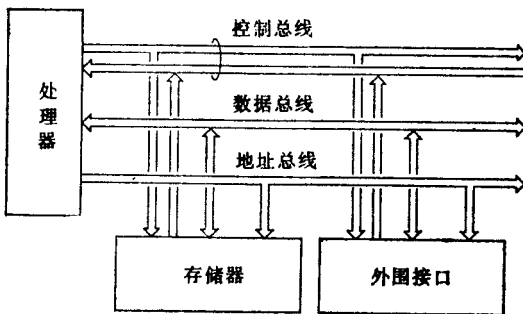


图 1.10 总线的基本结构

如图 1.10 所示,总线由数据总线 (data bus)、地址总线 (address bus) 和控制总线 (control bus) 构成。数据本身通过数据