

微型计算机基础

金德宣 宋焕明 孙大有 章玉琴

编 著



南京市科学技术协会
苏州电子计算机厂

前 言

随着微型电子计算机的广泛应用与普及,希望尽快地掌握微型计算机技术的人们越来越多。但是,目前已出版的普及性读物除供不应求外,多数读物的内容比较难懂,不易为初学者接受。为此,本书编者力求以通俗的语言,从较低的起点开始,由浅入深,由简到繁,采用阶梯式递进方式,向大家介绍微型计算机的基础知识。全书共分十八章。第一章至第九章概括地讲述了计算机的数理基础和单元电路知识;接着,从第十章至第十二章介绍三种教育计算机;进而从第十三章至第十五章介绍了目前国内流行的 M6800、M68000、Intel8085、8086 及 Z-80 等微处理器,借以引导读者进入微型计算机的领域。最后为了帮助读者在自动控制系统中应用微型计算机,本书特增添了输入/输出接口电路、支持芯片及模拟接口电路等章节。

本书编写中参考了[美]Albert paul Malvino 编著的“Digital Computer Electronics, An Introduction To Microcomputers Second Edition(1983 年出版)一书,因此,得以使其不仅在内容上更扎实,就技术用语和符号的使用等方面,也更近于标准化,便于读者学习、使用。

全书由金德宣、宋焕明、孙大有、章玉琴等四人共同编著。金德宣同志负责编写的组织和整理工作,并编写了第一章、第十章、第十一章、第十二章,宋焕明同志编写了第二章、第三章、第四章、第九章、第十八章,孙大有同志编写了第五章、第六章、第七章、第八章、第十六章,章玉琴同志编写了第十三章、第十四章、第十五章和第十七章。

本书可作为非计算机专业的工程技术人员和各行各业初学微型计算机的同志自学用的科技书籍,并可作为非计算机专业大学生的课外参考书,也可作为其它方面的计算机培训班教材。

本书在编写和出版过程中,得到南京市科学技术协会、苏州电子计算机厂和顾冠群付教授的大力支持和帮助,在此一并表示衷心感谢!

由于时间仓促及编者水平所限,书中的缺点和错误难免,恳切希望广大读者批评指正。

编者

1984.5.

目 录



第一章 微型计算机概况	(1)
1-1 微处理器与微型计算机的发展过程	(1)
1-2 微处理器与微型计算机的定义	(2)
1-3 微型计算机的特点	(3)
1-4 微型计算机的分类	(5)
1-5 制造微处理器的集成电路工艺	(7)
1-6 微型计算机与其他计算机的比较	(10)
1-7 微型计算机的软件系统	(13)
第二章 数制与代码	(16)
2-1 从录音机上的计数器谈起	(16)
2-2 在计算机里为什么要采用二进制数	(17)
2-3 二进制数和十进制数的相互转换	(18)
2-4 十六进制数	(19)
2-5 BCD 码和 ASCII 码	(21)
第三章 逻辑电路	(24)
3-1 反相器	(24)
3-2 或门电路	(25)
3-3 与门电路	(28)
3-4 逻辑代数的基本运算	(29)
3-5 或非门	(34)
3-6 摩根第一定理	(35)
3-7 与非门	(36)
3-8 摩根第二定理	(38)
3-9 异或门	(39)
3-10 可控反相器	(44)
3-11 异或非门	(45)
第四章 逻辑代数和逻辑函数的化简	(47)
4-1 逻辑代数的基本关系式	(47)
4-2 最小项和与或表达式	(50)
4-3 代数法化简	(53)
4-4 卡诺图	(54)
4-5 用卡诺图化简逻辑函数	(57)
4-6 自由项	(62)

第五章	TTL 集成电路和 MOS 集成电路	(64)
5-1	数字集成电路	(64)
5-2	7400 系列集成电路	(65)
5-3	TTL 集成电路特性	(69)
5-4	TTL 电路概述	(73)
5-5	与一或一非门	(77)
5-6	集电极开路门	(81)
5-7	多路转换器	(81)
5-8	PMOS 电路	(83)
5-9	CMOS 电路	(86)
第六章	算术逻辑单元	(89)
6-1	二进制加法运算	(89)
6-2	二进制减法运算	(92)
6-3	半加器和全加器	(92)
6-4	二进制加法器	(94)
6-5	带符号的二进制数	(96)
6-6	二进制数的补码	(97)
6-7	二进制补码加/减器	(101)
第七章	触发器	(104)
7-1	RS 触发器	(104)
7-2	电平触发器	(109)
7-3	D 触发器	(111)
7-4	边沿触发的 D 触发器	(113)
7-5	边沿触发的 JK 触发器	(117)
7-6	JK 主从触发器	(121)
第八章	寄存器和计数器	(125)
8-1	缓冲寄存器	(125)
8-2	移位寄存器	(128)
8-3	可控移位寄存器	(130)
8-4	计数器	(133)
8-5	同步计数器	(138)
8-6	环形计数器和扭环形计数器	(139)
8-7	其它的计数器	(145)
8-8	三态寄存器	(150)
8-9	总线式结构的计算机	(156)
第九章	存贮器	(161)
9-1	只读存贮器 (ROM)	(161)
9-2	可编程的只读存贮器 (PROM) 和可重复编程的只读存贮器 (EPROM)	(163)
9-3	随机存取存贮器 (RAM)	(165)

9-4	一个小型的 TTL 存储器	(168)
9-5	十六进制地址	(170)
第十章	一个简单教育计算机	(171)
10-1	JX-1 计算机的结构	(171)
10-2	JX-1 计算机的指令系统	(173)
10-3	JX-1 计算机的程序设计	(175)
10-4	机器节拍和周期	(178)
10-5	取数周期	(179)
10-6	执行周期	(180)
10-7	JX-1 计算机的控制部件	(184)
10-8	JX-1 计算机的微程序	(189)
第十一章	教育计算机的改进	(191)
11-1	JX-2 计算机的结构	(191)
11-2	访问存储器指令	(194)
11-3	转移指令	(197)
11-4	逻辑运算指令	(203)
11-5	其它运算指令	(205)
11-6	JX-2 计算机的控制部件	(209)
第十二章	教育微型计算机	(218)
12-1	JX-3 计算机的结构	(218)
12-2	JX-3 计算机的控制部件	(230)
12-3	教育计算机的进一步提高	(252)
12-4	JX-3 计算机的指令系统	(253)
12-5	JX-3 计算机的程序设计	(262)
12-6	非整数量的二进制算术运算	(272)
12-7	双倍精度程序设计	(277)
12-8	十进制数转换成二进制数的程序设计	(279)
第十三章	M6800 微处理器	(287)
13-1	概述	(287)
13-2	M6800 的结构	(287)
13-3	M6800 指令系统	(290)
13-4	指令执行周期	(295)
13-5	接口信号	(296)
13-6	中断处理	(302)
13-7	M6800 汇编语言	(306)
13-8	MC68000(16 位)微处理器	(311)
第十四章	Z-80 微处理机	(328)
14-1	Z-80 CPU 结构	(328)
14-2	Z-80 引脚及其功能	(330)

14-3	Z-80 寻址方式	(332)
14-4	Z-80 指令系统	(337)
第十五章	8085 微处理器	(374)
15-1	概述	(374)
15-2	方框图	(374)
15-3	引线端说明	(374)
15-4	功能说明	(377)
15-5	系统接口	(381)
15-6	驱动 X_1 和 X_2 输入端	(382)
15-7	形成 8085A 的等待状态	(382)
15-8	8085 时间波形图	(384)
15-9	指令系统	(388)
15-10	8086 微处理器简介	(408)
第十六章	支持芯片	(422)
16-1	8156 电路芯片	(422)
16-2	8156 芯片的通道编号	(422)
16-3	编程序的输入/输出通道	(425)
16-4	程序定时器	(430)
16-5	8355 芯片	(434)
16-6	全译码最小系统	(437)
16-7	建立新的 I/O 通道和对新的 I/O 通道的寻址	(439)
16-8	用静态 RAM 扩展存储器	(443)
第十七章	输入/输出接口	(451)
17-1	概述	(451)
17-2	输入/输出传送方式	(451)
17-3	程序控制输入/输出	(451)
17-4	中断	(456)
17-5	直接存储器存取控制器(DMAC)芯片	(472)
第十八章	模拟接口	(523)
18-1	运算放大器基础	(523)
18-2	一个简单的数模(D/A)转换器	(525)
18-3	梯形法	(530)
18-4	DAC0808 D/A 转换器	(532)
18-5	计数器法 A/D 转换器	(535)
18-6	逐次逼近	(536)
18-7	ADC0801 转换器	(537)
18-8	用软件的逐次逼近法	(543)
18-9	电压控制振荡器	(545)
18-10	采样——保持电路	(546)

附录一	缩写符号	(550)
附录二	JX 计算机各种字的含义	(550)
附录三	JX-3 计算机的指令系统	(551)
附录四	助记符号及其含义	(551)
附录五	M6800 指令系统表	(552)
附录六(a)	MC68000 指令系统表	(555)
附录六(b)	MC68000 指令类型的变型	(556)
附录七	Z80 (INSTRVCTION EST)指令系统表	(557)
附录八	8085 指令系统表	(563)
附录九	8086 机器指令编码矩阵	(569)

第一章 微型计算机概况

自1946年设计成功并投入运行的第一台电子管计算机以来,整个计算机工业发展很快。50年代后期商业晶体管计算机就开始成批供应;集成电路计算机在60年代中、后期便大量生产;1971年出现了第一台微处理器(Intel 4004),从而,使电子计算机进入了新的发展阶段。由于微型计算机具有体积小、价格便宜和应用广泛等优点,所以,它的发展速度和影响远远超过了它的前代。因为微型计算机能给人类以“智慧”,有人把它比拟为“第三次浪潮”的代表。

1-1 微处理器与微型计算机的发展过程

微处理器与微型计算机的发展,是和半导体集成电路的发展分不开的。由于60年代后期的大规模集成电路(LSI)的出现,为设计和生产微处理器打下基础。

1971年末,美国Intel公司首先发表了4004微处理器。这是世界上第一台微处理器,它仅是一台实现4位并行运算的单片处理器,其所有的元件都集成在一片MOSLSI芯片上。虽然,Intel4004原来是作为高级袖珍计算机设计的,但当它生产出来后,却取得了出人意外的成功。然而,由于它设计考虑的局限,若作为通用计算来说,功能还是太低。以Intel4004为基础再配以相应的随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、输入/输出(I/O)接口等芯片就构成了相应的MCS-4微型计算机。后来,Intel公司又把4004作了改进,于是生产了4位的4040型微处理器。

Intel公司趁许多机构对微处理器的极大兴趣的形势,在1972年马上生产出8位并行的微处理器Intel 8008。与其相应的是MCS-8微型计算机。以上这些都采用以PMOS工艺为基础的芯片,这就是现在被人们称为第一代微处理器和微型计算机。

此后,生产微处理器的厂家剧增,仅在1973~1974年期间,就生产出多种型号的8位微处理器,如Intel 8080, Motorola 6800, Signetics 2650 和 Rockwell PPS8 等等。从而与其相应的MCS-80的问世便开创了第二代微型计算机的新局面。它们所用的芯片大多是NMOS LSI。1974年Intel公司用STTL工艺,又制成了运算速度更快的位片式的Intel3000系列微型计算机。当时,微处理的设计和生产技术已经相当成熟,并且,配成微型计算机系统的其它部件也愈来愈齐全。此后,微处理器的发展方向又朝着——提高芯片的集成度;提高功能和速度;减少组成微型计算机系统所需芯片的数目;增加外围配套电路的种类和增强其性能;中央处理器(CPU)、存储器 and 输入/输出电路做在一块芯片上等等方面发展。

于是,在1975~1976年,出现了集成度更高和性能更强的Intel 8085 和 Zilog 公司的Z-80 等微处理器,以及一系列单层微型计算机。从而,使微型计算机进入第三代。

1977年左右,随着超大规模集成电路(VLSI)的出现,一片芯片上可以容纳一万个以上的晶体管和元件,16K位和64K位的存储器便相继生产出来。紧接着,从1978年开始又出现了可与过去中档小型计算机相比拟的16位微处理器。诸如Intel公司的8086, Zilog公司的Z-8000 以及 Motorola 公司的M68000。这些微处理器被称为是第一代超大规模集

成电路的微处理器。就 8086 的速度来说要比 8080A 快 7~12 倍，其芯片的集成度可达 29000 个元件，采用了 HMOS 工艺构成。与 Intel8086 相应的是 MCS-86 微型计算机。Z-8000 系列的微型计算机，大致上相当于 PDP-11/45 小型计算机，其性能比前者还好。1979 年 Motorola 公司又宣布制成了 MC68000 微型计算机。它具有 32 位地址总线，可执行 32 位算术逻辑操作，在速度上，比 Z-8000 和 Intel8086 还要快 40%，每秒可执行二百万条指令，已经接近于小型计算机中的高档机种。如今，它们是目下微型计算机领域中，具有竞争能力的第三代产品中的三个典型机种。

据估计，80 年代前期，超大规模集成电路可以发展到在单个芯片上集成度高达几十万元件。因此，32 位微处理器，以及包含有几十 K 字节的存贮器的单片微型计算机都将会出现。并且价格便宜的单片微型计算机还将广泛用于家庭生活中。

不久的将来，微型计算机将对人类生活愈来愈明显地显示出其不可忽略的影响和作用。

1-2 微处理器与微型计算机的定义

为了避免以后学习过程中用词上的混淆，这里我们先来定义一下微处理器和微型计算机。

微处理器(简称 μP)，它本身不是计算机，只是小型计算机或微型计算机的控制和处理部分。

微型计算机(简称 μC)是具有完整运行功能的计算机。它除了包括微处理器(中央处理器 CPU)之外，还应包含存贮器、输入/输出电路，以及其它的配套电路。如图 1-1 所示。

图 1-1 中的虚线框内是微处理器，它包含有三个基本部分：

一、算术逻辑部件(ALU)

它的功能是：既能执行算术运算(如加法、减法、乘法、除法等)，又能执行逻辑操作(如逻辑“与”、逻辑“或”等)。

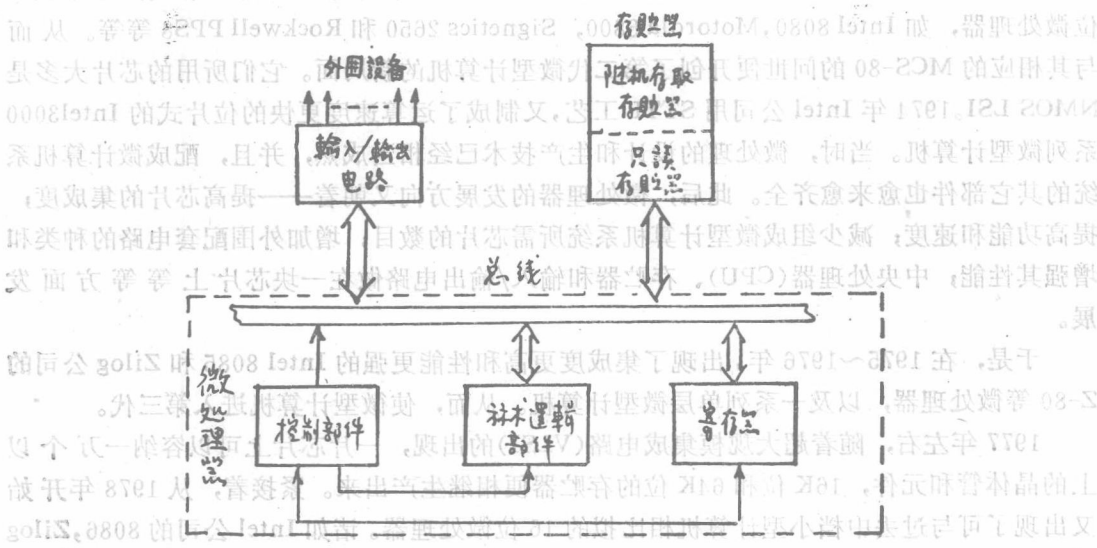


图 1-1

二、寄存器

在每台微处理器中都有多个寄存器，它用来存放操作数、中间结果以及标志工作状态的信息。

三、控制部件

它包括用于定时的时钟脉冲发生器和其它控制操作电路。

微处理器的这三个部分，通过内部总线互相联系，它与外存贮器和输入/输出电路的联系是通过外部总线。

外部总线一般分为数据总线、地址总线和控制总线，统称为系统总线。

存贮器包括随机存取存贮器(RAM)和只读存贮器(ROM)。

微型计算机通过输入/输出电路可与各种外围设备连接。

从图 1-1 可以看出，由微处理器和存贮器、输入/输出电路组合在一起，构成一台微型计算机。有的微处理器本身就是微型计算机的中央处理器(CPU)，有的微处理器要外加时钟发生器和系统控制电路才构成微型计算机的 CPU。

有的微型计算机是把 CPU、存贮器和输入/输出电路都做在一片硅芯片上。这种微型计算机叫做单片微型计算机；有的微型计算机是把 CPU、存贮器和输入/输出电路放在一块或多块印制电路板上的，叫做单板微型计算机或多板微型计算机。

一台微型计算机，要再配上系统软件、电源以及各种输入/输出设备，才构成完整的微型计算机系统。我们在图 1-2 中概括了微处理器、微型计算机和微型计算机系统的三者相互关系，以便帮助大家理介。



图 1-2 微处理器，微型计算机和微型计算机系统三者关系

1-3 微型计算机的特点

微型计算机是在小型计算机基础上发展起来的，它不仅吸取了小型计算机的先进技术，而且采用了小型计算机尚未来得及引用的大型计算机的先进技术。因此，微型计算机比小型计算机有着更多的特点：

1. 体积小、重量轻

与已往的各代电子计算机相比，微型计算机的体积最小，重量最轻。甚至于可以在约

为 5mm² 的半导体芯片上就可以制成有相当功能的单片微型计算机。

2. 价格低

微型计算机在价格上要比相应的小型计算机低 1~2 个数量级。而且生产批量越大, 价格就越便宜。一般的微处理器每台只有 2~12 美元, 如果组成微型计算机也不过是数百美元。

3. 可靠性高

微型计算机采用的是大规模集成电路(LSI)和超大规模集成电路(VLSI), 每个微处理器(μP)的芯片相当于中规模集成电路的数十片和数百片。因此, 构成微型计算机时所用的总的器件数大大地减少了, 其外引线也相应减少。从而、使可靠性大大提高。

4. 功耗低

微型计算机的功耗只有小型计算机的 1/5~1/10, 如采用 CMOS 集成电路芯片其功耗更可以大幅度的降低。

5. 灵活性好

由于单片的微处理器和微型计算机本身就是一块大规模集成电路和超大规模集成电路, 它容易构成多种多样的复合计算机系统。也可以嵌装于其它设备中作为控制器。并且单片的 μP 和 μC 是具有标准化和系列化的大批量生产的产品, 这就给用户带来了很大的使用灵活性。

6. 研制周期短

一般来说, 国外研制一种微处理器大约只需要 6~12 人年。因此, 可在较短的时间内吸取新的技术, 来改进微处理器和微型计算机的性能。例如: Intel8086 就比小型计算机抢先采用了一种最佳的 6 字节先行取指令队列。这种指令先取技术只是大型计算机重迭指令执行操作中才采用。

此外, 微型计算机还具有投运方便和安装方便等优点。所以, 它适用于各行各业。

为了更直观地说明微型计算机的特点, 我们拿世界上第一台电子计算机 ENIAC 和与其功能相似的 8 位微型计算机 F-8 加以比较。见表 1-1。

表 1-1 ENIAC 与 F-8 比较

项 目	ENIAC	F-8	差 别
体积	85m ³	0.0003m ³	相差 30 万倍
功耗	140KW	2.5W	相差 5.6 万倍
ROM	16K 继电器与开关	16K	
RAM	1K(触发器)	8K	F-8 大 7 倍
时钟速度	100KHz	2MHz	F-8 快 10 倍
电子管或晶体管	18000 电子管	20000 晶体管	
电阻器	70000 个	无	
电容器	10000 个	2 个	相差 5000 倍
继电器与开关	7500 个	无	
加法时间	200ms(12 位)	150ms(8 位)	
MTBF	1 故障/几小时	1 故障/几年	相差 10000 倍
重量	30 吨	小于 453 克	相差 6.6 万倍

虽然,微型计算机有很多优点,但与小型计算机相比,也有它的不足之处。其主要表现在两个方面:

1. 速度偏低

由于第一代、第二代微处理器(μP)分别采用 PMOS 和 NMOS 工艺制成,这就限制了微型计算机的运算速度。但在第三代微型计算机中采用新的制造工艺,运算速度已经有了大幅度的提高。例如, Fairchild 公司采用了 ECL 工艺制成了微型计算机,其时钟频率可达 20 兆赫。

2. 功能较少

初期第一代、第二代微型计算机产品,有字长较短、内存容量小、指令条数较少、寻址方式不太多、中断级数较少、内部寄存器少、输入/输出接口不多,等不足。不过,第三代微型计算机在这些方面已有增进。例如, MC68000 已具有 16 个 32 位的通用寄存器, 14 种寻址方式、1000 种操作码形式的指令、8 级优先权中断、可寻址能力达 16 兆字节。

由于微型计算机与小型计算机有着很深的渊源,因此,微型计算机在很大程度上继承了小型计算机的结构特点,例如:微型计算机中普遍地采用了微程序控制技术、直接存取主存(DMA)方式、多级中断系统、堆栈技术、总线结构方式、多通用寄存器结构、位片式结构等。有些新的微型计算机系统还采用了并行和流水线结构、指令先取技术等措施来提高性能。

1-4 微型计算机的分类

微型计算机的分类可以按其组装形式、 μP 的 CPU 位数及用途来进行。

1-4-1 按微型计算机的组装形式分类

微型计算机按组装形式来分可以分为:单片的和多片的,单板的和多板的。

一、单片微型计算机

单片微型计算机是把微处理器(μP)、1~2K 字节 ROM、64~128 字节的 RAM 及输入/输出(I/O)的片子均制造在一个半导体芯片上而成的。例如: Intel 8048、8049、8748、8749、Mostek 3870; Z-80; TI9940(16 位)。单片微型计算机主要作为控制用或者作为一个电路元件放到仪器和控制设备中去。

二、单板微型计算机

单板微型计算机是把微处理器(μP)、一定容量的 ROM、RAM 和 I/O 电路组装在一块印制电路板上而制成。例如: ISBC-80、M68-MCB 等。一般来说,在这块印制板上还配备小型键盘和显示装置,并在 ROM 中放有监控程序。单板微型计算机在设计上要求它具有较强的扩充能力和较强的与外部设备接口能力。它比单片微型机有更大的存储器容量,因而功能更强。尤其是单板微型机具有串行和并行的 I/O 端口,能方便地配上电传打字机,纸带输入机,盒式磁带机等外部设备。

三、微型计算机装置

把单板微型计算机,各种 I/O 设备控制器、控制面板、电源等部件组装在一个机架内便构成微型计算机装置。一般来说,它配备有高速纸带输入机、CRT 显示器、打印机、软盘或硬盘等多种外部设备,并具有足够的软件系统。实际上它已经接近于小型计算机的系

统结构。

四、微型计算机套件

它是由生产厂家提供的微处理器、ROM、RAM、I/o 接口芯片、印制板、插座及阻容元件等器件，由用户按着说明书和技术手册的规定组装成的单板微型计算机。例如 SDK-85，它就是一台包括 Intel 8085、8155(RAM 计时器)、8355(ROM)或 8755、8279(键盘/显示器用的控制器)、8205(译码器)等主要器件及键盘、显示器、印制板等组装成的微型计算机系统设计套件。

1-4-2 按微处理器的 CPU 位数分类

微处理器(μP)的 CPU 位数分类，可以分为：4 位的微型计算机(μc)、8 位的微型计算机、12 位的微型计算机、16 位的微型计算机的及 32 位的微型计算机。

表 1-2 列出了几种 4~16 位的微型计算机的功能与特点等情况。

表 1-2 各类微型计算机的情况

分类	控 制		数 据 处 理	
编号	(I)	(II)	(III)	(IV)
机型	专用 4 位单片机	通用 8~16 位单片机	分布式 8~16 位多片机	集中式 16 位多片机
应用范围	面向消费品 • 电视机调谐器 • 家庭用具器械 • 娱乐游戏用品 • 计算器	面向工业应用： • 汽车 • 仪器仪表 • 外围设备控制器 • 机器控制	商业和实时控制： • 智能终端 • 工业生产控制 • 过程控制 • 小型和个人计算工具	实时数据处理： • 数据库 • 大型商业公司业务 • 科学计算 • 多机处理系统
特点与性能	有限的电路功能： • 4 位数据操作 • 一般是固定的程序，很小的 ROM 容量，很小的 RAM 容量(有时只用寄存器堆代替) • 有限的 I/O • 不可扩展性	有一定扩展的电路功能： • 8~16 位的数据处理 • 2K 字节的程序存储器 ROM，而且一般是定固的程序，128 字节的 RAM 可存放数据。 • 扩大的 I/O 结构。 • 一般具有可扩展性。	有相当大的电路功能： • 8 位或 16 位的数据处理 • 64K 字节的 ROM • 64K 字节的 RAM • 扩大的 I/O 能力。一般要求有中断、DMA 等功能 • 不受限制的可扩展性	有非常强的电路功能： • 16 位到 32 位的数据处理能力 • 至少 64K 字节的 ROM • 至少 64K 字节的 RAM • 很强的 I/O 能力，能带多种外围设备，可有多重处理能力 • 不受限制的可扩展性
产品举例	• American Microsystems 的 S2000 系列 • Intel 的 MCS40 系列 • National Semiconductors 的 MM5799 系列 • Rockwell PPS4/1, PPS4/2 • Texas Instrument TMS 1000 系列	• Fairchild 的 3850(E8) • Intel 的 8048, 8049, 8021, 8022 • MOSTEK 的 3870, 3872 • General Instruments 的 PIG1650 • Texas Instruments 的 9940 • Zilog 的 Z8	• Intel 的 MCS80/85 • Motorola 的 M6800 系列 • Rockwell 的 Mcs650× 系列 • Signetics 的 2650 系列 • Zilog 的 Z-80 系列	• Data General 的 micro NOVA 系列 • DEC 的 LSI-11, LSI-11/2 系列 • Fairchild 的 9940 系列 • Intel 的 8086 系列 • Zilog 的 Z-8000 系列 • Motorola 的 M68000 系列 • Texas Instruments 的 TMS9900 系列

从表 1-2 中可以看出,最低档的微型计算机是 4 位的,它是专门为某种用途而设计的,主要面向消费产品,如:带计算机的电子手表、微波电炉、照相机的快门控制装置等。这些产品的程序都是固定的,而不需外加扩充的存贮器。它们不接外围设备,但有时要求有较大的电流输出能力,来直接驱动被控制的机构或者显示器件。因此,它的结构设计和程序设计都力求简单、经济、适合高效率的生产。

单片的 8 位(少数 16 位)的微型计算机,主要用于控制方面。尽管它的规模不大,但已成为一个完全独立的微型计算机了。在其单片中,包括了中央处理器(CPU)、只读存贮器(ROM)、随机存取存贮器(RAM)、以及输入/输出接口电路。在这种单片微型计算机中。ROM 的容量约为 1~2 K 字节,用来存放专用程序;RAM 容量为 128~256 字节,主要用来存放数据。虽然,它的存贮量不大,但对于一些专门用途(如:局部生产过程的仪表控制、简单机器动作的控制等),这些存贮量是足够的了。然而,由于这种微型计算机往往要考虑向上扩充功能,所以要具备能外接扩充存贮器、扩充输入/输出的能力。在软件上也往往与比它高一档的多片机系列相兼容。这样,就有扩大应用范围的余地。最近这种 8 位(16 位)单片微型计算机发展很快,其性能更新也很快。它的性能主要朝两个方向改进;一是在单片上扩大存贮容量(即 ROM 增加到 2K, RAM 增加到 256 字);二是增强 I/O 的能力(如增加 I/O 端口的数目,增设按位、按组和按字节处理输入/输出数据的功能)。

多片的 8 位和 16 位的微型计算机,主要用于分布式数据处理和实时控制。例如常见的 Intel 公司的 8080/8085 系统、Zilog 公司的 Z-80 系统,以及 Motorola 公司的 M6800 系统等。其指令系统已为大家所熟悉和广泛使用,并且其软件系统已经比较丰富和成熟。而且很多系统已配有操作系统和高级语言,用户使用起来比较方便。所以,世界各国都仿制这些产品。尽管其结构与指令系统不会轻易变化,但随着集成电路工艺的进展,芯片的集成度和运算速度仍在提高。

集中式 16 位数据处理微型计算机是目前功能最强的微型计算机。其功能已经与过去的小型计算机中的中档机型相当。但是在设计时,还增设了多机处理的功能。这样更有利于今后微型计算机系统向多机系统发展。目前的 Intel 公司的 8086 系列、Zilog 公司的 Z-8000 系列、Motorola 公司的 M68000 系列、Texas Instruments 的 TMS9900、Data General 的 micro NOVA 系列、Fairchild 的 994 系列以及 DEC 的 LSI-11, LSI-11/2 等等都是功能很强的微型计算机,其性能有的已经超过了小型计算机。因此,这些微型计算机将可以在很多应用领域中取代过去的小型计算机。

1-5 制造微处理器的集成电路工艺

这一节主要目的是使大家对制造微处理器的集成电路工艺有个大致的了解。

从前面的介绍,我们已经体会到微型计算机的发展和大规模集成电路(LSI)工艺发展是息息相关。

目前,制造微处理器的大规模集成电路工艺主要有两种类型:一种是金属氧化物半导体晶体管工艺(简称为 MOS 工艺);另一种是双极型晶体管工艺。这两种工艺各有利弊,MOS 工艺比较简单,集成度比较高。双极型晶体管工艺的集成度较低,但其电路的工作速度快。目前市场上部分微处理器是采用 MOS 工艺,而双极型工艺主要用于“位片式”的

微处理器。所谓位片式微处理器就是把两位和四位数位的算术逻辑部件做在一片电路（叫做位片）上，再由多片位片和—些带有微程序控制的控制电路片连接起来组成的。

1-5-1 MOS工艺

现在 MOS 工艺有：PMOS 工艺、NMOS 工艺、HMOS 工艺和 CMOS 工艺。

一、PMOS 工艺

PMOS 工艺是早期的 MOS 工艺，即这种 MOS 场效应管的导电沟道是 P 型（空穴载流子）沟道，人们把用这种工艺制成的 MOS 电路称为 PMOS 集成电路。这种工艺实现起来比较容易，制成的集成电路价格低，但其使用的电源电压较高。工作速度比较慢。PMOS 微处理器的时钟频率一般在 1MHz 以下。属由 PMOS 工艺制成的微处理器（ μ p）有 Intel 公司的 4004、4040、8008；国家半导体公司的 IMP-4、SC/MP、IMP-16 和 PACE；ROCK Well 公司的 PPS-4 和 PPS-8，以及东芝公司的 TLC5-1 等。这些都属于第一代微处理。

二、NMOS 工艺

NMOS 工艺制作的场效应晶体管的导电沟道是 N 型（电子载流子）沟道，用这种工艺制成的集成电路简称为 NMOS 集成电路。这种集成电路的运算速度比 PMOS 高些，但仍低于 TTL 电路，它可以做得与 TTL 电路兼容，输出电流电平较低。一种用多晶硅做栅极的硅栅 NMOS 工艺的集成电路，其开启电压较低，电源电压用 5 伏，并且电路逻辑电平可与 TTL 逻辑电路匹配。NMOS 微处理器的时钟频率一般为 2~4MHz。目前，属于 NMOS 工艺的微处理器有 Intel 公司的 8080、8085；Motorla 公司的 6800；Zilog 公司的 Z-80；以及 Signetics 公司的 2650 和 TI 公司的 9900 等。

三、HMOS 工艺

这是七十年代后期研制出来的一种高性能的、沟道非常短的 NMOS 工艺。由于这种工艺的场效应管的沟道只有 2~3 μ m，所以可以使晶体管的面积大大缩小，从而提高集成电路的集成度，成为超大规模集成电路中的一种重要的工艺。这种 HMOS 电路的工作速度很快，电路片内的门电路延迟时间只有 2~3ns。用这种 HMOS 工艺制成的微处理器的时钟频率可达 5~8MHz。Intel 公司的新型 16 位微处理器产品 8086 就是采用这种工艺制成的。

四、CMOS 工艺

CMOS 工艺是用 P 型沟道和 N 型沟道的场效应管组合起来的一种互补电路的工艺。CMOS 集成电路的主要优点是功耗很小、抗干扰能力强，能承受恶劣的环境条件，并能与 TTL 兼容。因此，CMOS 的微处理器能用于航空、卫星、通讯系统及汽车、其它军用设备。其不足方面是速度中等、与其它 MOS 工艺相比价格较贵、集成度也不高。属于 CMOS 工艺的微处理器有英梯西尔公司的 6100，RCA 公司的 CDP1802 及仙童公司的 Macrologic 等。

五、SOS 工艺

它是把 CMOS 电路做在兰宝石基片上的一种工艺，简称为 SOS 工艺。在 SOS 工艺中，各个单元电路是象小岛那样隔开的。这样使电路本身寄生电容很小，所以，可以使 MOS 电路在沟道不是太短的情况下，将其速度大大提高。目前，美国和日本的一些公司对 SOS 工艺给予很大重视，认为它是发展微处理器的一种很有前途的工艺。日本已有一种新

型的 16 位高性能微处理器 PULCE 就是用 SOS 工艺制成的。据报道,其沟道长度在 $6\mu\text{m}$ 的情况下,芯片上门延迟不到 $2\sim 3\text{ns}$ 。

1-5-2 双极型工艺

双极型工艺制成的集成电路主要有三种类型,即:晶体管-晶体管逻辑电路 (TTL); 射极耦合逻辑电路 (ECL); 集成注入逻辑电路 (I²L)。

一、TTL 工艺

TTL 工艺就是用一般的双极型平面工艺来制造晶体管-晶体管逻辑电路。在 TTL 中又分成低功耗肖特基 TTL (简称 LPSTTL) 和一般肖特基 TTL (简称 STTL) 两种。前者功耗较小,后者速度较快。一般用 TTL 工艺制成的微处理器的工作时钟频率范围为 $5\sim 10\text{MHz}$ 。目前典型的 TTL 微处理器有 Intel 公司的两位片微处理器 3000 系列和 AMD 公司的四位片微处理器 2900 系列。

二、ECL 工艺

它是射极耦合逻辑电路工艺,用这种工艺可以制成工作速度最快的位片微处理器。例如 Motorola 公司的四位片 10800 系列,其工作时钟频率可达 20MHz ,门电路延迟时间只有 1ns 左右。最近 Fairchild 公司把 ECL 工艺集成度大大提高了一步,制成了 ECL100K 系列的八位片微处理器。

三、I²L 工艺

集成注入逻辑 I²L 工艺也属于双极型工艺的范畴,它的工艺简便程度可与 MOS 工艺相仿,它的集成度较高,功耗较低。但是,它的工作速度却比 TTL 和 ECL 都要低得多。采用这种工艺制造的微处理器的典型例子有 Texas Instruments 公司的 SBP0400 (4 位) 和 SBP9900 (16 位)。

由于 I²L 工艺的主要缺点是速度慢,为此最近又出现了一种平面隔离型的 I²L 工艺,称为 I³L 工艺。虽然,这种 I³L 工艺的电路具有工作速度较快的优点,但它失去了原来的 I²L 工艺的简便性。目前,具有代表性的用 I³L 工艺制成的微处理器是 Fairchild 公司的 16 位的 9940,它的工作时钟频率可达 10MHz ,其指令系统与小型机 NOVA 相同。

在实际应用中,往往是根据微处理器的不同应用场合,来选择相应的制造工艺。例如需要性能不高。价格宜就选用 PMOS 和 NMOS 工艺来制造微处理器,而要求低功耗和耐恶劣环境就可选用 CMOS 工艺等等。表 1-3 列出各种不同要求微处理器的制造工艺。

表 1-3 不同要求与最适用的 μP 工艺

主要要求	最适用的工艺
廉价	PMOS, NMOS
体积小	PMOS, NMOS
高速	ECL, 肖特基 TTL
低功耗	CMOS
耐恶劣环境	CMOS
与 TTL 兼容	肖特基 TTL, CMOS
与 CMOS 兼容	肖特基 TTL, CMOS
标准化程度高	PMOS, NMOS,
软/硬件支援多	PMOS, NMOS
与 ECL 兼容	ECL

1-6 微型计算机与大、小型计算机的比较

为了让我们比较直观地看到微型计算机与大型计算机，小型计算机的差别，先列出表 1-4。

表 1-4

项 目	大型机 IBM370/168	小 型 机		微 型 机
		中等功能 PDP11/45	低 功 能 NAKED MINI	MCS-80
价格(美元/台)	450万	5万		250
字长(位)	32	16	16	8
存储容量(字节)	8.4M	256K	64K	64K
加法执行时间(μs)	0.13	0.9	3.2	2.0
I/O 传送数据的 最高速率(字节/秒)	16M	4M	1.4M	500K
通用寄存器个数	64	16	3	7
外围设备	各种类型	相当广泛	磁盘、磁带、 宽行打印机、 CRT显示器、	电传打字机、 CRT显示器、 软磁盘、
软件	齐全	多种	汇编程序、 FORTRAN、 BASIC.	汇编程序、 PL/M、 BASIC.

下面我们分以下几个方面对微型机、大型机和小型机加以比较：字长；存储容量；指令执行时间；输入/输出传送数据的最高速率；通用寄存器个数；外围设备；配备的软件。

1-6-1 字长

所谓计算机的字长，是指计算机内部一次可以处理的二进制数的位数。一般来说，计算机的字长由以下条件决定：

1. 运算器一次能处理的二进制位数；
2. 通用寄存器的位数或累加器的位数；
3. 数据总线的宽度；
4. 主存的字长。

计算机字长影响到计算机的精度、功能和速度。通常，大型计算机的字长为 32~64 位；小型计算机的字长为 16~32 位；微型计算机的字长为 4~16 位。目前，流行的典型的微型计算机是 8 位的，而第三代，第四代微型计算机的字长已经分别增加到 16 位和 32 位(即相当于小型机)了。

对于 8 位微型计算机来说，若要计算一个 32 位字长的加法，则要算 4 次，并且要处理每次的进位，比较麻烦。因此，微型计算机只能控制一些机器动作或者精度要求不高的数据处理。此外，短字长的微型计算机可以用来作为大型机的前沿数据处理，如图 1-3 所示。它可以逐段处理输入数据，加以编辑或纠错，等到全字长都处理完毕，它便向大型计算机发出“准备就绪”信号，再把这个完整的字送到大型计算机。在这种系统中，大型计算