

普通高等教育
兵工类规划教材

MCS-96

单片机原理与应用

王义祥 编著

兵器工业出版社

MCS-96单片机原理与应用

王义祥 编著

兵器工业出版社

(京)新登字049号

内 容 简 介

为了适应计算机的最新水平与动向并顺应控制、测试、通信、仪表等领域已大量使用16位单片机的潮流，本书以MCS—96单片机为典型机种。本书全面介绍了MCS—96单片机的四个子系列，96、96BH、96KA及98的原理与应用，硬件结构，系统设计方法与程序设计方法和技巧。本书定义明确，概念清楚，原理正确，图表清晰，数据可靠。本书是非计算机专业本科生的教材。

MCS—96单片机原理与应用

王义祥 编著

兵器工业出版社 出版

(北京市海淀区车道沟10号 邮政编码100081)

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经销

顺义县后沙峪印刷厂印刷

开本：787×1092 1/16 印张：18.5 字数：457.08千字

1994年1月第1版 1994年1月第1次印刷

印数：1~1500册 定价：8.85元

ISBN 7-80038-633-8/TP·46(课)

出版说明

遵照国务院国发〔1978〕23号文件精神，中国兵器工业总公司承担全国高等学校兵工类专业教材的规划、编审、出版的组织工作。自1983年兵总教材编审室成立以来，在广大教师的积极支持和努力下，在国防工业出版社、兵器工业出版社和北京理工大学出版社的积极配合下，已完成两轮兵工类专业教材的规划、编审、出版任务。共出版教材211种。这批教材出版对解决兵工专业教材有无问题、稳定教学秩序、促进教学改革、提高教学质量都起到了积极作用。

为了使兵工类专业教材更好地适应社会主义现代化建设需要，特别是国防现代化培养人才的需要，反映国防科技的先进水平，达到打好基础、精选内容、逐步更新、利于提高教学质量的要求，我们以提高教材质量为主线，完善编审制度、建立质量标准、明确岗位责任，建立了由主审审查、责任编委复审和教编室审定等5个文件。并根据兵工类专业的特点，成立了九个专业教学指导委员会和两个教材编审小组。以加强对兵工类专业教材建设的规划、评审和研究工作。

为贯彻国家教委提出的“抓好重点教材，全面提高质量，适当发展品种，力争系统配套，完善管理制度，加强组织领导”的“八五”教材建设方针，兵总教材编审室在总结前两轮教材编审出版工作的基础上，于1991年制订了1991~1995年兵工类专业教材编写出版规划。共列入教材220种。这些教材都是从学校使用两遍以上、实践证明是比较好的讲义中遴选的。专业教学指导委员会从兵工专业教材建设的整体考虑对编写大纲进行了审查，认为符合兵工专业培养人才要求，符合国家出版方针。这批教材的出版必将为兵工专业教材的系列配套，为教学质量的提高、培养国防现代化人才，为促进兵工类专业科学技术的发展，都将起到积极的作用。

本教材由周力军、刘明杰主审，经兵器工业总公司测试技术小组，兵工教材编审室审定。

限于水平和经验，这批教材的编审出版难免有缺点和不足之处，希望使用本教材的单位 and 广大读者批评指正。

中国兵器工业总公司教材编审室

1991 8

0581/04

序

高等教育为适应科学技术和生产发展的需要,工科非计算机专业大都设《微型计算机原理与应用》课程。检测技术与仪器专业由于测试自动化、数据传输与处理、自动检测与控制、智能化仪表等方面的需要,该课程更成为一门主要专业技术基础课程。自从70年代末,微型计算机在我国推广应用以来,国内各高等学校都以Z80 CPU为授课典型机种。该机诞生于1976年,是8位机研制进入成熟阶段的产品,具有代表性。因此当时选择Z80作为授课内容是恰当的。

十多年来,随着芯片集成度越来越高,单片机的功能大大提高,其成本和体积显著缩小,在测试和控制应用方面已完全取代微型计算机。对于非计算机专业来说,主要着眼于测试和控制应用方面,而Z80芯片已显得过于陈旧,不再适合于作典型机种介绍。MCS—96单片机是近年来生产的性能最为完善,指令集较为丰富的16位机。自1989年以后,我们在讲授该门课程时已改为介绍MCS—96单片机。并配合该机的实验,取得了预期效果。为此我们编写了这本教材。教材中不但着重于介绍MCS—96的特点和应用技术,更注意介绍微型计算机的一般工作原理,并在可能条件下适当拓宽到介绍共性问题,以便学生有举一反三的能力。

全部内容适合于教学时间54学时(3学分)到72学时(4学分),另外安排实验18学时(1学分)。

本书由石家庄军械工程学院周力军老师主审,北京理工大学刘明杰老师也参加了全书的审稿工作。他们都提出了很多宝贵意见。石家庄军械工程学院杜同昌老师担任本书责任编辑,教材编审室宋筱平老师负责本书的出版工作。对他们的辛勤劳动表示衷心感谢。

作者

1992 8

目 录

0 绪论	(1)
0-1 数字计算机与模拟计算机	(1)
0-2 电子计算机发展简史	(2)
0-3 单片机发展概况	(5)
1 基础知识	(8)
1-1 二进制数	(8)
1-1-1 二进制数与十进制数变换	(8)
1-1-2 十六进制数	(11)
1-1-3 二·十进制数	(11)
1-1-4 数的表示范围	(13)
1-2 数的编码	(14)
1-2-1 原码	(14)
1-2-2 补码	(15)
1-2-3 反码	(17)
习题 1-1	(19)
1-3 溢出判断	(20)
1-3-1 符号位判断	(20)
1-3-2 双进位判断	(21)
1-3-3 双符号位判断	(21)
1-4 乘除运算	(22)
1-4-1 乘法运算	(22)
1-4-2 除法运算	(23)
1-5 字符编码	(26)
1-5-1 美国标准交换码	(26)
1-5-2 汉字交换码	(27)
习题 1-2	(27)
1-6 计算机中采用的晶体管类型	(28)
1-6-1 双极型晶体管	(28)
1-6-2 MOS集成电路	(29)
1-6-3 砷化镓集成电路	(30)
1-7 门电路	(30)
1-7-1 基本门电路	(30)
1-7-2 组合门电路	(31)
1-7-3 逻辑函数式化简	(32)

1-7-4 三态门及OC门	(34)
1-7-5 译码器	(36)
1-7-6 加法器	(37)
1-8 触发器	(38)
1-8-1 RS触发器	(38)
1-8-2 D触发器	(40)
1-8-3 JK触发器	(40)
1-8-4 T触发器	(41)
1-8-5 计数器	(42)
1-8-6 寄存器	(42)
1-8-7 移位寄存器	(42)
习题 1-3	(43)
2 微型计算机简介	(44)
2-1 微型计算机的结构与工作原理	(44)
2-1-1 微型计算机组成部分	(44)
2-1-2 中央处理器	(45)
2-1-3 存储器	(45)
2-1-4 总线	(45)
2-1-5 指令执行过程	(46)
习题 2-1	(47)
2-2 MCS-96 单片机结构	(47)
2-2-1 时钟	(48)
2-2-2 中央处理器	(49)
2-2-3 存储控制器	(50)
2-2-4 输入输出端口	(51)
2-2-5 地址分配	(52)
习题 2-2	(53)
3 MCS-96指令集	(54)
3-1 寻址方式	(55)
3-1-1 寄存器寻址	(55)
3-1-2 立即寻址	(56)
3-1-3 间接寻址	(56)
3-1-4 变址寻址	(56)
3-2 字寄存器和双字寄存器	(58)
3-3 指令代码	(59)
习题 3-1	(60)
3-4 传送指令	(61)
3-4-1 传送指令LDB, LD	(62)
3-4-2 逆传送指令STB, ST	(62)

3-4-3 堆栈传送指令PUSH, POP	(63)
3-4-4 扩展传送指令LDBZE, LDBSE	(66)
3-4-5 数据列传送指令BMOV	(66)
习题 3-2	(67)
3-5 处理指令	(68)
3-5-1 单操作数处理指令	(69)
3-5-2 移位指令	(71)
3-5-3 逻辑指令	(73)
3-5-4 算术指令	(75)
习题 3-3	(78)
3-6 转移指令	(79)
3-6-1 无条件转移指令	(80)
3-6-2 条件转移指令	(87)
习题 3-4	(93)
3-7 控制指令	(94)
3-7-1 标志位操作指令	(94)
3-7-2 中断管理指令	(95)
3-7-3 堆栈操作指令	(95)
3-7-4 空操作指令	(96)
3-7-5 复位控制指令	(97)
习题 3-5	(98)
3-8 标志寄存器	(98)
3-9 指令执行时间	(99)
习题 3-6	(100)
4 汇编语言及程序设计	(102)
4-1 汇编语言语句格式	(104)
4-1-1 标号段	(105)
4-1-2 操作码段	(105)
4-1-3 操作数段	(105)
4-1-4 注释段	(106)
4-2 转移指令汇编	(106)
4-2-1 无条件相对转移	(107)
4-2-2 子程序调用	(107)
4-2-3 位条件转移	(107)
4-2-4 标志条件转移	(108)
4-2-5 循环控制转移	(108)
4-3 伪指令	(109)
4-3-1 起始伪指令ORG	(109)
4-3-2 标号赋值伪指令	(110)

4-3-3	数据存储伪指令	(110)
4-3-4	保留存储区伪指令	(111)
4-3-5	条件汇编伪指令	(112)
4-3-6	汇编结束伪指令	(112)
4-4	宏指令	(112)
4-4-1	宏定义	(113)
4-4-2	宏调用	(113)
4-4-3	宏扩展	(113)
4-4-4	本地定义伪指令	(114)
4-4-5	重复汇编伪指令	(114)
4-5	汇编语言程序设计	(115)
4-5-1	简单程序	(115)
4-5-2	循环程序	(116)
4-5-3	分支程序	(119)
4-5-4	子程序	(121)
4-5-5	模块结构	(122)
4-5-6	程序设计举例	(125)
习题 4-1		(131)
5	单片机系统	(133)
5-1	最小系统	(133)
5-2	系统总线	(134)
5-2-1	外接只读存储器ROM	(134)
5-2-2	外接读写存储器RAM	(136)
5-2-3	总线控制	(139)
5-3	复位	(142)
5-3-1	复位时序	(142)
5-3-2	复位电路	(143)
习题 5-1		(144)
6	半导体存储器	(145)
6-1	存储单元选址	(145)
6-2	半导体存储器类型	(146)
6-3	只读存储器	(147)
6-3-1	掩模型只读存储器MROM	(147)
6-3-2	不可擦只读存储器PROM	(148)
6-3-3	光可擦只读存储器EPROM	(148)
6-3-4	EPROM芯片应用	(150)
6-3-5	MCS-96 EPROM编程方法	(152)
6-3-6	电擦除只读存储器EAROM	(158)
6-4	读写存储器	(159)

6-4-1 静态读写存储器	(159)
6-4-2 动态读写存储器	(160)
6-4-3 静态读写存储器应用	(162)
6-5 可编程阵列逻辑	(165)
6-5-1 电路工作原理	(165)
6-5-2 门阵列PAL	(166)
6-5-3 门阵列GAL	(167)
6-5-4 输出宏元OLMC	(167)
6-5-5 码点地址图	(170)
6-5-6 门阵列GAL编程	(171)
6-6 存储器传送数据可靠性	(171)
习题 6-1	(174)
7 中断系统	(176)
7-1 数据传送方式	(176)
7-1-1 同步传送方式	(176)
7-1-2 查询传送方式	(176)
7-1-3 中断传送方式	(177)
7-1-4 直接传送方式	(178)
7-2 中断响应	(178)
7-2-1 中断向量	(179)
7-2-2 中断源扩展	(179)
7-2-3 中断优先	(180)
7-3 MCS—96中断系统	(183)
7-3-1 中断源	(183)
7-3-2 中断控制电路	(184)
7-3-3 中断源扩展	(186)
7-3-4 中断控制指令	(186)
7-3-5 中断初始化程序	(189)
7-4 MCS—96中断时序	(190)
习题 7-1	(190)
8 输入输出端口	(192)
8-1 端口地址	(192)
8-1-1 存储器映射地址	(192)
8-1-2 端口独立编址	(193)
8-1-3 MCS—96的端口地址	(194)
8-2 MCS—96专用寄存器	(195)
8-3 并行端口	(197)
8-3-1 P0端口	(197)
8-3-2 P1端口	(197)

8-3-3	P2端口	(198)
8-3-4	P3和P4端口	(199)
8-3-5	P3和P4端口重建	(200)
8-4	串行端口	(201)
8-4-1	串行通信	(201)
8-4-2	双工通信	(203)
8-4-3	调制与解调	(203)
8-4-4	纠错方法	(204)
8-4-5	RS—232C标准串行接口	(205)
8-4-6	MCS—96串行接口	(206)
8-4-7	串行接口电平变换	(212)
8-5	定时器	(212)
8-5-1	狗哨定时器	(212)
8-5-2	定时器1	(213)
8-5-3	定时器2	(213)
8-6	模拟量输出	(215)
8-6-1	DA变换器	(215)
8-6-2	脉冲宽度调制	(224)
8-7	模拟量输入	(228)
8-7-1	AD变换	(228)
8-7-2	AD变换器分类	(230)
8-7-3	积分型AD变换器	(231)
8-7-4	比较型AD变换器	(232)
8-7-5	采样保持器	(236)
8-7-6	AD变换精度	(238)
8-7-7	MCS—96 AD变换器	(239)
8-7-8	MCS—96 AD变换器应用	(241)
8-8	端口控制寄存器和端口状态寄存器	(243)
8-8-1	端口控制寄存器	(243)
8-8-2	端口状态寄存器	(244)
8-9	高速输入器	(245)
8-9-1	高速输入器结构	(245)
8-9-2	高速输入引脚控制	(246)
8-9-3	高速输入器中断	(247)
8-9-4	高速输入器程序	(247)
8-9-5	高速输入器应用	(248)
8-10	高速输出器	(251)
8-10-1	高速输出器结构	(251)
8-10-2	高速输出器输出功能控制	(253)

8-10-3	高速输出器中断.....	(254)
8-10-4	高速输出器应用.....	(254)
8-10-5	高速输出器应用举例.....	(256)
习题 8-1		(265)
附录		

0 绪 论

从电子计算机出现到现在,还不到半个世纪,但是它已经渗透到国防、生产、交通、教育、医疗、生活和娱乐各个方面。可以说,电子计算机的拥有量和应用水平,标志着一个国家科学技术的发达程度,也标志着一个国家的生产水平。今天,人们的衣食住行,无一不与计算机打交道。不是直接地,也是间接地在计算机的参与下进行。因此,计算机的工作原理已经成为生活中的常识,不能再拒之门外。作为工程技术人员,不论哪行哪业,计算机知识都是需要的。

本书结合Intel公司的近期产品MCS—96微控制器(Microcontroller)介绍电子计算机的基本原理和MCS—96芯片的应用技术。

0-1 数字计算机与模拟计算机

电子计算机可以分成两类:一类称为电子数字计算机,一类称为电子模拟计算机。一般所说电子计算机就是指电子数字计算机。

数字计算机以事物的状态来表示数。算盘就是一个数字式计算工具。一个算珠放在靠近梁处代表1,放在靠近框处就代表零。算盘以算珠所处的位置(状态)来表示数;电子数字计算机则以电压的高低(状态)来表示数。一般,输出电压在2.4 V以上作为高电平,以1记之;输出电压在0.8 V以下作为低电平,以0记之。0和1称为代码(Code)。电平(Level)与电压的含义有所区别。所谓电平是指电压的一个范围。在此范围内电压变化,电平却不变。

一个输出端只能表示一位数,而且只能表示两个数符之一:0或1。两个输出端联合起来表示2位数,就有00, 01, 10和11四种代码。以它们分别代表十进制中的0、1、2和3,则两个输出端联合起来可以表示 $4(2^2)$ 个数。8个输出端联合起来表示8位数,由00000000到11111111,有256种代码,可以表示十进制的0到255,共计 $256(2^8)$ 个数。表示一个数的位数称为字长。8位代码称为1个字节(Byte)。无论多么大的



图0-1 算盘的状态计数方法

数,只要增加位数(增加字长)都可以表示。这就是二进制(逢2进1)表示数的方法。十位二进制数能表示1024个数,用1 k记之, $1 k = 1024$ 。

电子模拟计算机以输出的量值表示数。例如输出电压4.5 V,它可以代表4.5,也可以乘上一个比例系数,代表9, 45等等。一个模拟加法器(图0-2),它的输出电压 V_o 就是各输入电压 V_{i1} , V_{i2} 及 V_{i3} 之和。

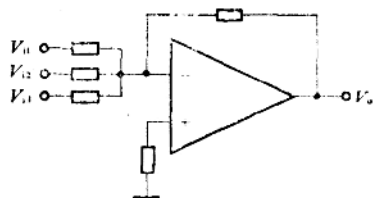


图0-2 模拟加法器

$$V_0 = -(V_{11} + V_{12} + V_{13})。$$

由于模拟计算机输出电压 V 。不可避免地要受到电源波动, 噪声, 以及温度的影响, 读出的数值要保证0.1%的精度已经是不容易了。而数字计算机却不怕干扰, 输出电压在一定范围内变化, 并不改变它所代表的数值: 1或0。数字计算机抗干扰能力特别强, 这是数字计算机的第一大优点。一般来说, 要提高计算精度, 只要增加它的字长就可以实现。因此数字计算机的计算精度是可以控制的, 而模拟计算机的计算精度达到一定程度就难以提高了。数字计算机可以做到计算非常精确, 这是数字计算机的第二大优点。数字计算机以输出状态代表数: 0或1。同样也可以输出状态代表逻辑值: 是或非, 正或负, 大或小, 等等。因此数字计算机不但能处理数, 而且能作逻辑判断。数字计算机的作用就从运算扩展到管理, 控制、信息处理等一切领域。这是数字计算机的第三大优点。数字计算机依靠程序来控制它的工作。同一台计算机装入不同的程序, 工作情况完全不同。计算机称为 硬件 (Hardware), 程序称为软件 (Software)。相同的硬件, 不同的软件, 就可以完成不同的任务。在已有硬件基础上不断设计新的软件, 就可以不断增加它的功能, 提高它的通用性, 这是数字计算机的第四大优点。模拟计算机都是为解决某类问题而设计的电路, 它只能求解某一类问题的结果。几乎谈不上通用性。数字计算机的划时代意义正是表现在这四大优点上。

模拟计算机也有一个非常突出的优点, 就是“快”。模拟计算机依靠电子在电路中流动传播信息, 从输入到输出一般延迟时间为纳秒级。数字计算机依靠执行程序求得结果, 速度要低得多。例如作频谱分析, 模拟计算机不到 $1\mu\text{s}$ 就能得到结果, 而数字计算机却要经毫秒, 秒, 分, 甚至数小时才能得到结果 (决定于计算工作量和计算机运算速度)。所以也有将模拟计算机与数字计算机结合起来做成的专用计算机, 互相取长补短。

0-2 电子计算机发展简史

1944年, 美国哈佛大学 (Harvard) 和国际商业机器公司IBM (International Business Machines Corporation) 共同研制了一台继电器式计算机, 称为HARVARD MARKI。由于它还不具备程序控制的雏形, 大多数人并不承认它是第一台电子计算机。

1946年, 美国宾夕法尼亚大学的埃克特 (J. P. Eckert) 和莫克利 (J. W. Mauchley) 领导设计, UNIVAC公司制造电子数字积分器和计算机ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Calculator), 被普遍认为是第一台电子计算机。它采用18 800个电子管, 耗电150 kW, 占地150 m^2 , 质量30 000 kg, 耗资数十万美元。每秒钟能作5 000次加法运算。在今天看来, 这样一个庞然大物, 其性能还及不上一个随身携带的计算器。尽管如此, 它的高速度能完成人力所不能解决的问题。大家从这台计算机看到了它的划时代意义, 看到了它的应用价值和发展前景。于是众多的人投向这方面研究, 使得近50年来, 电子计算机突飞猛进地发展, 渗透到一切应用领域, 成为各种工作中不可缺少的工具。

以上所举第一台电子计算机是指数字计算机。如果是模拟计算机, 可以追溯到1931年, 美国V. Bush为解线性微分方程而设计的微分分析器。

自1946年以后, 以电子管为基本元件不断制造出新的计算机, 在功能, 运算速度等方面都有提高、改进和完善。但是它们共同的问题是体积大, 功耗高, 故障多。人们称之为第一代计算机。

1948年, 半导体晶体管诞生了。晶体管体积小, 重量轻, 功耗低。它的工作电压比电子管低得多。它也不需要像电子管那样用灯丝加热。晶体管是代替电子管的理想器件。1956年出现了用晶体管制造的计算机, 减小了体积、质量和功耗, 称为第二代计算机。

1959年, 集成电路制造成功。虽然第一片集成电路仅在一块芯片上制作了4个晶体管, 但是它揭示了发展方向。此后, 集成度不断提高, 由小规模SSI (Small Scale Integration)、中规模MSI (Medium Scale Integration)、大规模LSI (Large Scale Integration)、甚大规模VLSI (Very Large Scale Integration), 一直到超大规模ULSI (Ultra Large Scale Integration) 集成电路。一片芯片上已能集成一千万个晶体管。有人预计, 到本世纪末, 集成度将达到十亿个晶体管。一般, 集成度的规模以每片芯片上制作的晶体管数来划分。见表0-1。

表0-1 集成电路的集成度

	SSI	MSI	LSI	VLSI	ULSI
集成度 (晶体管数/片)	$<10^2$	$10^2 \sim 10^3$	$10^3 \sim 10^5$	$10^5 \sim 10^7$	$>10^7$
特征线宽 (μm)	>10	$5 \sim 10$	$3 \sim 5$	$1 \sim 3$	<1

1964年开始, 集成电路成为制造计算机的主要器件。由中、小规模开始, 直到大规模、甚大规模。因此计算机的体积、质量、功耗和成本不断降低, 而功能和速度却日益提高。用分立元件制作的计算机接线多, 焊点多, 这是引起故障的一个主要症结所在。采用大规模集成电路后使得无故障工作时间大幅度提高, 由原来的数小时、数十小时, 提高到数千小时, 数万小时。采用集成电路制造的计算机称为第三代计算机。也有人把中、小规模集成电路制造的计算机称为第三代, 把大规模、甚大规模集成电路制造的计算机称为第3.5代或第四代。

电子计算机在几十年的发展历程中, 不断改进, 提高, 优选, 逐步形成了几个发展分支。

巨型机: 指功能强, 容量大, 速度快, 系统复杂, 但价格高昂的计算机。这种计算机为数不多, 只能供计算中心站、国防宇航中心、气象中心等军事部门、研究机关使用。解决计算工作量特别大的问题。因此一些重要单位必须拥有巨型机。这种机型的计算速度达到每秒上亿次。并且将继续提高到十亿次, 百亿次。一般的中、小单位没有必要, 也负担不起这种巨型机的费用。

微型机: 计算机的发展, 使微型计算机的功能逐渐达到, 甚至超过原有的中、小型机。这样微型计算机就得到了充分发展的空间。以其价格低廉, 使用方便为特点, 向一切应用领域渗透。作为个人计算机, 它可以放在办公桌上, 作为办公室自动化工具; 也可以放在商店、仓库、售票室等, 作为自动化管理的工具; 还可以深入到家庭, 作为生活中的有力助手。微型机更可以作为终端设备, 与计算中心联成网络系统。用户能直接查询, 调用计算中心的信息资源。

微型计算机的出现完全是大规模集成电路发展的结果。它的主要电路集成在一片芯片上, 称为中央处理器CPU (Central Processing Unit), 也称微处理器MPU (Microprocessing Unit)。现摘录几种重要的CPU芯片列于表0-2中, 可见发展之一斑。

1971年开始出现微型计算机。当时是初级阶段, 尚不够成熟。以后经8位、16位, 再后是32位三个发展阶段而臻于成熟。1977年, Apple公司推出Apple-Ⅱ微型计算机, 是8位机

表0-2 几种CPU芯片主要性能

型 号	位数	工 艺	集成度 (万/片)	选址能力 (字节)	引脚数	生产厂	生产时间
4004	4	PMOS	0.12		16	Intel	1971
8008	8	PMOS	0.2		18	Intel	1972
8080	8	NMOS	0.5	64 k	40	Intel	1974
Z80	8	NMOS	0.9	64 k	40	Zilog	1976
8086	16	HMOS	2.9	1 M	40	Intel	1978
Z8000	16	HMOS	1.75	8 M	40/48	Zilog	1978
MC68000	16	HMOS	6.8	16 M	64	Motorola	1979
NS32032	32	NMOS	7	16 M	68	NS	1983
Z80000	32	NMOS	15	16 G	68	Zilog	1983
80386	32	CMOS	27.5	64 T	132	Intel	1986

的一个典型产品，被誉为微型计算机的“第一个里程碑”。1981年，IBM公司推出16位机的典型产品IBM PC，被誉为是“第二个里程碑”。现在微型计算机正向48位和64位发展。今后完全有能力取代中、小型计算机。

控制机：生产过程中采用计算机是提高产品质量，降低成本，节约能源和提高产品性能的有利工具。很多生产设备中配有专用计算机，对生产设备进行自动控制。大型设备如加工中心、数控机床、化工设备、飞机、机车等都配有自动控制机。小的设备如仪器仪表、磁盘驱动器、编织机、录音机、录像机等也都配有专用控制机。有的一台设备可能配有多个控制机，分别控制各种功能。这类控制机往往要求有测试功能，使产品的自动化程度大大提高。而在成本上却以价格低廉见胜，能够推广应用到各个方面。

我国计算机制造行业虽然起步较晚，但其发展速度却毫不逊色。1958年我国自行研制成第一台M3型电子管计算机；1964年开始生产DJS—6晶体管计算机；1974年研制成功DJS—130集成电路小型计算机；1976年研制成功DJS—050微型计算机，尤其是1983年研制成功超高速巨型电子计算机“银河”，运算速度达 10^8 次/s，显示了我国计算机发展的实力与水平。自此，我国已掌握了从小到大，各种计算机的研制技术和生产工艺。不过面对计算机技术突飞猛进的发展趋势，仍需付出艰辛的努力才能迎头赶上世界先进水平。

以上所述着重于介绍硬件方面的发展过程。与此同时，软件也有很大发展。开始时，人们对于软件发展的需要尚认识不足。随着计算机的普及与提高，很快感到软件人材奇缺。因此不少人转向软件开发工作。

软件的发展首先依赖于编制软件工具的发展，也就是计算机语言的发展。计算机只能接受0、1组成的代码。用这种0、1代码编制程序就称为机器语言(Machine Language)。用机器语言编写的程序人们很难看懂，也很难编写和检查。不久人们改用英语缩写字母代替0、1代码。例如用ADD表示加，用SUB表示减。这些缩写字母称为助记符(Mnemonic)。用助记符表示的计算机语言就称为汇编语言(Assembly Language)。汇编语言虽然比机器语言方便，但是它们共同存在的问题是程序只能适用于一种机型。换一种机型就必须重新编写，软件没有通用性。为了解决这一问题出现了各种过程性语言(也就是一般所指的高级语

言), 例如FORTRAN (1954), COBOL (1960), ALGOL (1960), BASIC (1964), PL/1 (1964), FORTH (1969), PASCAL (1970), C (1972), ADA (1980), 等等。高级语言脱离了机型, 具有通用性, 而且使软、硬件设计形成分工。一方面形成了软件行业, 软件成为商品; 另一方面也使更多的人容易掌握软件编制方法, 为计算机推广应用创立了必要的条件。此后各种大型软件层出不穷, 有数据处理软件、工程设计软件、有限元计算软件、文献检索软件、CAD软件等等, 使得计算机功能显著加强, 避免了很多重复劳动。

尽管计算机的运算速度快得令人惊叹, 但是仍有很多问题它是解决不了的。解决不了的问题受两方面限制: 第一是运算速度仍嫌太低; 第二是存储容量不够, 也就是计算机的记忆能力不足。因此人们在努力研究继续提高计算机的速度和存储容量的方法。不过有些问题单依靠提高速度和存储容量是解决不了的。例如博弈, 围棋盘有361个交叉点, 每个点上可以放置白子、黑子或空。作最简单的考虑, 它有 3^{361} 种棋谱, 相当于 $10^{172.24}$ (实际上由于棋盘的对称性棋谱要少于此数)。这是一个天文数字。如果每一种棋谱只要1 ns计算时间, 则计算 $10^{172.24}$ 种棋谱仍然需要 3×10^{155} 年。显然计算机对解这样的问题是无能为力的。(其它如气象、图像识别等也有很多类似问题。)可是棋手却能在很短时间内作出最佳选择。尽管这种选择并不非常准确。可见现有的计算机有它先天性的弱点, 就是“精确有余, 模糊不足”。

现有的计算机基本上都是按照冯·诺伊曼 (John Von Neumann) 于1945年提出的程序控制的原理制造的。计算机发展到今天, 已经感觉到这种原理的局限性。计算机再一次飞跃必须有所突破。

目前, 各国都在争先研究下一代计算机。集成光路、超导器件和仿生技术将可能在下一代计算机中应用。在软件方面也将研究出智能软件, 使计算机拥有学习、推理、自生软件的本领。尤其在计算机的工作原理方面将会有所突破, 从新的数学基础上产生新的程序控制原理。

0-3 单片机发展概况

集成电路发展的结果产生了微型计算机。微型计算机一个很大的应用方面是作为专用控制机。这种计算机一般不需要太大的存储容量。降低价格是推广应用的主要问题。于是生产厂家提供一种比较简单的计算机, 全部集成电路芯片安装在一块像书本这样大的印刷电路板上。这就是单板机。单板机上装有简单的数字显示器件和输入键盘, 附装到被控系统上, 占

表0-3 单片机芯片

	位数	片内RAM (字节)	片内ROM (字节)	并行端口 线数	串行 端口	定时器	模拟 输出	模拟输入	引脚 数	生产厂	生产时间
F8	8	64	1 k	8		1×8				Fairchild	1976
MCS-48	8	128	2 k	27		1×8			40	Intel	1976
Z8	8	144	2 k	32	双工	2×8			40	Zilog	1977
MC6801	8	128	2 k	29	双工	1×16			40	Motorola	1978
MCS-51	8	128	4 k	32	双工	2×16			40	Intel	1980
MCS-96	16	232	8 k	48	双工	2×16	PWM	10位AD×8	68	Intel	1982