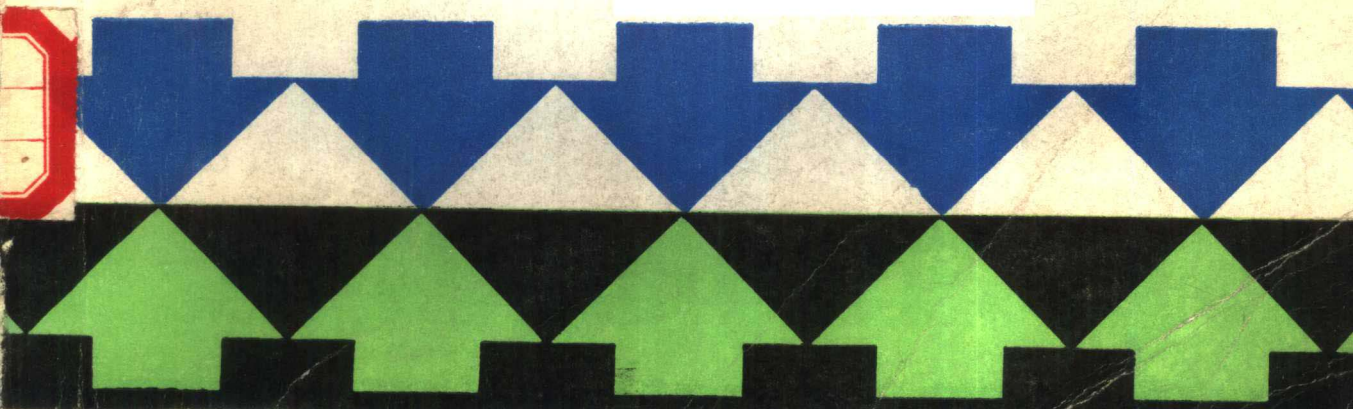


高等学校教学参考书

微型计算机 及其应用

江苏科学技术出版社



TP306
299

高等学校教学参考书

微型计算机及其应用

王 凯 俞钟俊 张为民 编著

江苏科学技术出版社

内 容 提 要

本书以单板微型计算机为背景,系统地介绍了微处理机的基本原理、程序设计方法和接口技术。

全书共分十章,内容包括概论、微处理器的结构、微处理器的指令系统、微型计算机的汇编语言、Z80汇编语言程序设计、存储器及其设计、微型计算机的输入/输出、微型计算机的接口设计、微型计算机的中断系统及单板微型计算机。

本书是国家教育委员会规定的大学理科非计算机专业计算机原理课程的主要教学参考书,内容丰富,注重实用,可作为高等院校理科非计算机专业学生学习有关课程的教材,也可作为微型计算机培训班的教材及供从事计算机应用的科技人员、中学教师参考。

微 型 计 算 机 及 其 应 用

王凯 俞钟俊 张为民 编著

出版:江苏科学技术出版社

发行:江苏省新华书店

印刷:江苏海门印刷厂

开本787×1092毫米 1/16 印张29.5 插页1 字数720,000

1987年8月第1版 1987年8月第1次印刷

印数1—3,000册

书号:15196·235 定价:6.25元

责任编辑 程增础

前 言

计算机,特别是微型计算机的广泛应用已经成为当前正在世界范围内兴起的新技术革命的一个重要标志。在我国微型计算机的推广应用也已成为一个重要的课题。近年来国内高等院校的许多非计算机专业都相继开设了《计算机原理》或《微机原理》等课程,不少单位也在开办以工程技术人员为主要对象的微机学习班,许多工程技术人员、中学教师为了更新自己的知识结构,也都在自学微机课程。为了适应上述几方面的需要,我们在多年教学讲稿的基础上编写了这本书。

本书以目前国内应用最广的机型——Z 80微处理器为背景,从应用的角度系统地介绍了微处理器的基本原理、程序设计方法和接口技术。

本书作为一本微型计算机的教材,取材于近年来国内外出版的一些书刊和手册。在选材上注重基础和实用,在编写上力求符合认识规律,便于自学,在各章后均配置了一定数量的习题供读者练习。

本书的初稿承南京工学院仇仪杰教授审阅并提出了很多宝贵的意见,在此谨致诚挚的谢意。

限于编者水平,本书的缺点和错误之处恳请批评指正。

编 者

1985年12月于华东师范大学

目 录

前 言

第一章 概论	1
§ 1-1 微处理器与微型计算机	1
一、微处理器和大规模集成电路工艺	1
二、微处理器、微型计算机和微型计算机系统	3
三、微处理器和微型计算机的应用	8
§ 1-2 计算机的基础知识	9
一、数制与编码	9
二、逻辑系统	20
三、存储器	31
四、计算机的基本结构	32
五、计算机的工作机理	35
习 题	41
第二章 微处理器的结构	45
§ 2-1 微处理器的一般结构	45
一、微处理器的结构框图	45
二、微处理器的工作机理	46
三、微处理器的组成及各部分作用	47
§ 2-2 微处理器示例——Z80-CPU	51
一、ALU算术逻辑单元	51
二、寄存器阵列	52
三、指令寄存器和控制逻辑	54
四、Z80总线	54
五、Z80-CPU定时	56
习 题	62
第三章 微处理器的指令系统	63
§ 3-1 指令系统概述	63
一、指令、指令系统、计算机的程序	63
二、指令应包含的信息	63
§ 3-2 寻址方式	64
一、立即数寻址	65
二、寄存器寻址	66
三、存储器寻址	67
四、位寻址	69
§ 3-3 Z80指令系统	69

一、数据传送指令	69
二、数据操作指令	82
三、程序控制指令	91
四、状态管理和位操作指令	94
§ 3-4 Z80-CPU标志	95
一、零标志Z	95
二、进位标志C (C _y)	95
三、符号标志S	95
四、奇偶/溢出标志, P/V	96
习 题	97
第四章 微型计算机的汇编语言	101
§ 4-1 概述	101
一、机器语言和汇编语言	101
二、汇编程序的类型	102
三、汇编语言更适用于微型机	103
§ 4-2 Z80汇编语言	104
一、汇编语句(指令语句)	104
二、汇编命令(伪指令)	108
三、宏指令	111
习 题	113
第五章 Z80汇编语言程序设计	115
§ 5-1 简单程序	115
一、单字节数据加法	115
二、拆字程序(拆取十六进制数的程序)	117
三、找两个数的较大数	118
§ 5-2 简单程序循环	120
一、数据求和	121
二、二进制小数的规格化	123
§ 5-3 字符编码数据	125
一、确定字符串的长度	126
二、判断字符串的一致性	128
§ 5-4 代码转换	129
一、十六进制到ASCII码的转换	130
二、十进制到七段代码的转换	131
§ 5-5 算术问题	133
一、多精度加法	133
二、十进制相加	134
三、八位二进制相乘	136
§ 5-6 表格和清单	139
§ 5-7 子程序	142

习 题	144
第六章 存储器及其设计	147
§ 6-1 存储器	147
§ 6-2 半导体存储器及其基本存储电路	148
一、随机存取存储器——RAM	148
二、只读存储器——ROM	150
§ 6-3 半导体存储器芯片	152
一、单片半导体存储器的结构	152
二、Intel 2114	154
三、Intel 2116	156
四、Intel 2716	160
§ 6-4 存储器的设计	163
一、存储体的组织方式	163
二、地址空间的分配	165
三、RAM与CPU连接的定时问题	168
四、动态RAM芯片与CPU的连接	172
习 题	175
第七章 微型计算机的输入/输出	176
§ 7-1 一般的输入/输出过程	176
一、外围接口的功能	176
二、一般的输入/输出过程	177
三、CPU与外围设备之间的接口信号	179
四、输入/输出端口的寻址方法	180
§ 7-2 八位输入/输出转接口——Intel 8212	181
一、8212的结构	181
二、8212在微机系统中的应用举例	183
§ 7-3 可编程序并行输入/输出接口芯片——Z80-PIO	183
一、Z80-PIO的特性	184
二、Z80-PIO体系结构	184
三、Z80-PIO引脚功能	185
四、工作方式选择	188
五、中断控制	193
六、PIO的复位	195
七、PIO初始化程序举例	196
八、PIO应用举例	197
§ 7-4 可编程序计数器/定时器芯片——Z80-CTC	199
一、CTC概述	199
二、CTC的结构	199
三、CTC引脚说明	202
四、CTC的操作	204

五、CTC程序设计	205
六、CTC定时	207
七、CTC应用举例	209
§ 7-5 可编程串行输入/输出接口芯片——Z80-SIO	211
一、串行数据传送的基本概念	211
二、Z80-SIO概述	216
三、SIO主要性能	216
四、SIO引脚功能说明	217
五、SIO的结构	219
六、SIO功能讨论	222
七、Z80-SIO程序编制	224
八、SIO的操作	236
九、SIO编程举例	242
习 题	247
第八章 输入/输出接口设计	249
§ 8-1 接口概述	249
§ 8-2 键盘接口	254
一、CPU通过PIO与键盘的接口	254
二、CPU总线与键盘的接口	257
§ 8-3 显示器接口	260
一、静态显示接口	262
二、动态显示接口	262
§ 8-4 模拟通道接口	266
一、数/模转换器	266
二、模/数转换器	268
三、模拟通道接口的设计	273
四、采样、保持和滤波	279
§ 8-5 电传打字机(TTY)接口	280
一、以硬件为主的接口设计	281
二、以软件为主的接口设计	283
§ 8-6 音频盒式磁带机接口	287
一、音频盒式磁带机数据记录格式的规定	287
二、接口的硬件连接	288
三、接口程序	289
习 题	300
第九章 微型计算机的中断系统	302
§ 9-1 中断的概念	302
§ 9-2 中断系统的特点	303
一、中断的输入	303
二、中断的响应	304

三、数据的保护和恢复	305
四、确定中断源	305
五、优先级中断	307
六、中断的开放和禁止	311
§ 9-3 Z80系统的中断结构	312
一、概述	312
二、中断响应的过程	313
三、中断优先级	315
四、Z80/8080中断的相容性	317
五、Z80外设接口芯片的中断	318
§ 9-4 中断应用举例	322
一、启动用中断	322
二、键盘中断	324
三、实时时钟中断	326
四、电传打字机中断	329
习 题	332
第十章 单板微型计算机	333
§ 10-1 概述	333
§ 10-2 TP-801单板机的主要技术特性	333
§ 10-3 TP-801单板机硬件结构	334
一、时钟电路	334
二、Z80-CPU	335
三、存储器	335
四、I/O接口	337
五、其它部分	340
§ 10-4 TP-801单板机监控程序分析	341
一、初始化、显示和键盘分析程序	341
二、键处理程序 (0230~0633H)	343
三、实用子程序 (0634~07A5H)	351
四、表格 (07A6~07FFH)	351
§ 10-5 微型计算机总线介绍	351
一、总线概述	351
二、S-100总线	353
三、IEEE-488标准接口	363
习 题	369
附 录	370
附录 I Z80指令表	370
附表一 Z80指令的机器码表	371
附表二 Z80指令功能表	381
附表三 Z80和8080A之间寄存器和状态标志的对应	400

附表四	Z80助记符和对应的8080A助记符	401
附录 I	6502指令系统	406
附录 II	CRC校验原理	414
附录 IV	TP-BUG监控程序清单	417
附录 V	常用名词汉英对照	456
附录 VI	TP-801单板机原理图	462

第一章 概 论

§ 1-1 微处理器与微型计算机

一、微处理器和大规模集成电路工艺

微处理器是大规模集成电路(LSI)和计算机技术相结合的产物。它的出现是现代科学技术发展的一个重要成果。

第一台微处理器Intel 4004是1971年由美国的一家半导体厂家英特尔(Intel) 公司制造出来的。目前,大多数的微处理器仍由半导体厂家生产。微处理器与微型计算机的发展始终依赖于大规模集成电路技术的进展。

二十世纪四十年代末出现了晶体管,五十年代末出现了第一个集成电路(IC), 1964年制造出门一级的集成电路,即在一个硅芯片上集成一个逻辑门电路,其中约包含有近10个晶体三极管,这类IC后来被称为小规模集成电路(SSI)。1968年则生产出了寄存器一级的集成电路,即在一个硅芯片上集成出一个完整的寄存器电路,其中含有上百个晶体三极管,这类IC被称为中规模集成电路(MSI)。1971年在集成电路发展史上出现了重大的突破,以1K位的半导体存储器芯片、单片的通用异步接收器/发送器(UART)以及单片的微处理器4004为代表的集成电路(LSI)问世。所谓LSI指的是在一块硅片上集成了数百个以上晶体三极管的电路芯片。自1971年以来,各种微处理器芯片集成度几乎以每两年提高一倍的速度向前发展。图1-1以一块芯片上逻辑门的密度变化情况为例给出了电路密度提高的趋势。

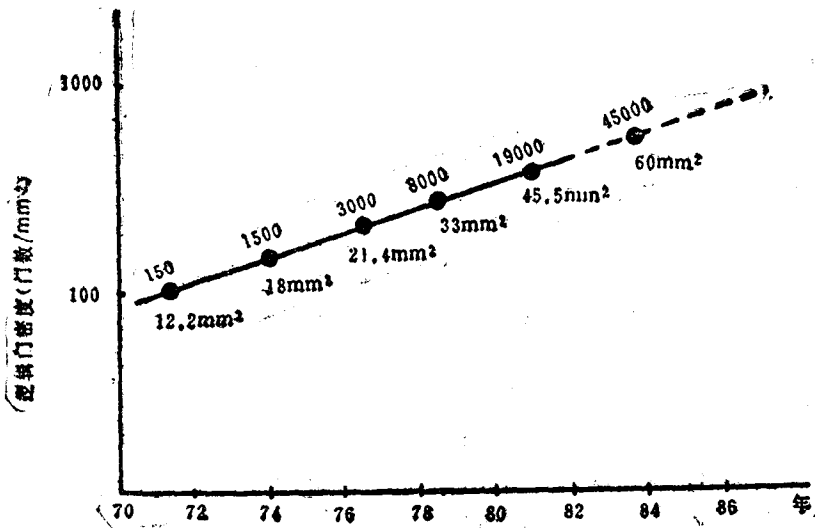


图1-1 一块芯片上的逻辑门数

随着LSI技术的发展,集成度的提高,微处理器也不断发展。1973~1974年间出现了以Intel 8080、Intel 8085、Zilog公司的Z 80、Motorola公司的MC-6800为代表的八位微处理器,其集成度已达每芯片数千个晶体管。例如Z 80是一个单片的微处理器,它在一个硅片上集成了8200个晶体三极管。1978~1979年间又相继出现了以Intel 8086、Z-8000和MC-68000为代表的16位微处理器。8086的集成度达29000管芯/片,而MC-68000的集成度则达6.8万管芯/片。进入八十年代后微处理器有了新的发展,市场上已出现了单片的16位微型计算机,即在一块硅片上不仅包含了整个16位微处理器而且还包含了一定数量的存储器及输入/输出接口电路。单片的32位微处理器也已投放市场。可以预见,随着LSI技术的发展微处理器和微型计算机必将有更大的发展。

制造微处理器的LSI工艺主要有两种类型:一种为金属-氧化物-半导体晶体管工艺(简称MOS工艺);另一种为双极型晶体管工艺。相对而言,MOS工艺比较简单、集成度可做得比较高。目前市场上的大部分微处理器是采用MOS工艺制造的。双极型晶体管工艺集成度较低但其电路工作速度快,因此目前主要用于位片式微处理器。所谓位片式微处理器是把两位或四位数位的算术逻辑部件做在一片电路(叫做位片)上,微处理器则由多片位片再加上一些带有微程序控制的控制电路片连接起来组成。

MOS工艺又可分为PMOS工艺、NMOS工艺和CMOS工艺等几种。

PMOS(P沟道MOS)电路工艺实现起来比较容易,但所用电源电压较高($>10\text{V}$),功耗大,工作速度较低,PMOS微处理器的时钟频率一般在1MHz以下。Intel公司的4004, 4040和8008这些早期的微处理器都是采用PMOS工艺制成的。

NMOS(N沟道MOS)电路的突出优点是晶体管电路开启电压较低,电源电压用5伏,电路的逻辑电平可与晶体管-晶体管逻辑电路(TTL)匹配。NMOS微处理器的时钟频率一般为2~4兆赫。第二代的微处理器如Intel 8080、MC-6800和Z 80都是采用NMOS工艺制成的。七十年代后期研制出一种高性能且沟道极短的NMOS产品被称为HMOS工艺电路。由于其沟道只有2~3微米,所以可使晶体管面积大大缩小,从而集成度大大提高,由于可在一块硅片上做几万只晶体管的电路,因此它便成为超大规模集成电路(VLSI)中的一种十分重要的工艺。HMOS电路的工作速度很高,用HMOS工艺制造的微处理器,其时钟频率可达5~8兆赫。Intel公司的新型16位微处理器产品8086就是采用这种工艺制造的。

CMOS(互补MOS)工艺是用P型沟道和N型沟道晶体管组合起来的一种互补电路工艺。其主要优点是功耗很小(单片功耗1~10毫瓦),抗干扰性能好,电源电压低(3~5伏),所以主要用在宇航和航空工业中。

采用双极型工艺做成的微处理器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)以及集成注入逻辑电路(I^2L)。

TTL工艺所制成的微处理器的工作时钟频率范围为5~10兆赫,典型例子有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。

ECL工作速度最高,其工作时钟频率可达20MHz,典型例子有Motorola公司的四位片10800系列以及Fairchild公司的ECL100K系列的八位片微处理器。

I^2L 工艺也属双极型工艺,其工艺简便的程度可与MOS工艺相比较。故用 I^2L 工艺制成的微处理器其集成度高、功耗较低。但工作速度比TTL和ECL要低很多,典型例子有Texas公司的SB P400(4位)和SB P9900(16位)。

表1-1对几种主要的半导体工艺作了比较。

表1-1 半导体工艺的比较

工 艺	速 度 1 = 速度最高	功 耗 1 = 功耗最低	集成密度 1 = 最复杂	耐用性 1 = 最好	价 格 1 = 最便宜	经 验 1 = 使用最久	与TTL的 兼 容 性
PMOS	6	4	2	5	1	2	不
NMOS	5	3	1	4	2	3	有时
CMOS	3	1	3	1	3	4	能
肖特基 TTL	2	5	5	2	3	1	能
ECL	1	6	6	6	6	5	不
I ² L	3	2	3	3	3	6	

图1-2则表示速度-功率乘积和门传输延迟的进展情况。图中清楚地表明由于工艺的改进而使门传输延迟时间下降了一个或几个数量级。

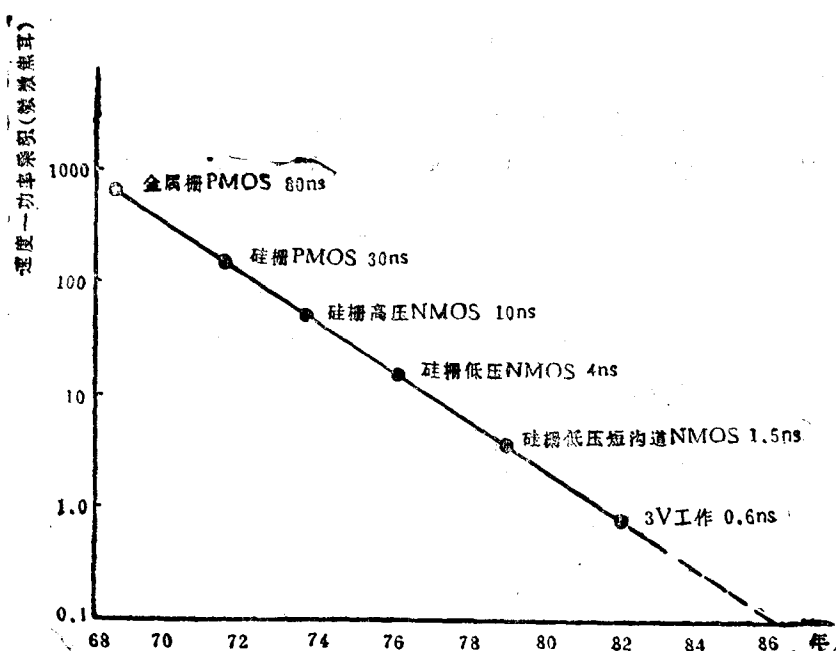


图1-2 速度-功率乘积和门传输延迟

二、微处理器、微型计算机和微型计算机系统

由于微型计算机发展极快,其结构形式也日新月异,就是主要部件的名称也很不统一。为避免在以后讨论中用词上的混淆不清,有必要对几个名词进行定义。

①微处理器 简称MPU。是指把运算器和控制器看成一个整体,将其做在一片或几片大规模集成电路上的器件。目前最流行的Intel8080A、ZilogZ80、MC6800都属于8位单片微处理器的范围,微处理器也可称为中央处理单元(CPU),或称 μP 。

②微型计算机 简称 μC 。微处理器和其它主要部件,即存储器 and 输入/输出接口电路等用某种方法结合在一起以后就构成了微型计算机,它相当于一台计算机的主机部分。在某些场合已经可以作为一台专用微型计算机使用了。把上述主要部件结合在一起的方式不外两

种:一种是所谓单片微型计算机,这是大规模集成电路进一步发展的必然结果,比较有代表性的产品有: Intel 8048/8748、Motorola 6400、Mostek 3870、Texas TMS 9940等。在一片大规模集成电路中,除包含上述8位微处理器外,还包含1024~2048字节只读存储器(ROM), 64~128字节随机存取存储器(RAM), 2~4个可编程序的外围接口电路以及中断控制、定时器、计数器等其它电路,单片上共集成了二万多只场效应管,另一种是按常规的装配方法,一些被称为单板计算机的产品就属于此类。

为了与微处理器进行配合,以便构成各种用途的微型计算机,各器件厂还提供品种繁多、功能齐全的配套电路或称支持电路。它们之中有多种系统控制器和总线驱动器,时钟信号发生器、I/O接口电路、锁存器、可编程序的外围设备专用及通用接口、通信接口和各类存储器等。

③微型计算机系统 简称MCS,将前述的微型计算机加上电源部件以及控制板,并装入机箱,配上外部设备就构成了微型计算机硬件系统。作为完整的微型计算机系统还必须包括软设备,诸如基本汇编、交叉汇编、高级语言,以及应用程序等。

值得指出的是,对集成度比较低,但速度较高的某些双极型大规模集成电路来说,大多以位片形式出现,用它们来构成微型计算机当然是采用的常规装配方法。由于这种位片方式具有灵活及高速等特点,也是构成微型计算机的一种方式。

图1-3概括了微处理器、微型计算机和微型计算机系统三者的相互关系。

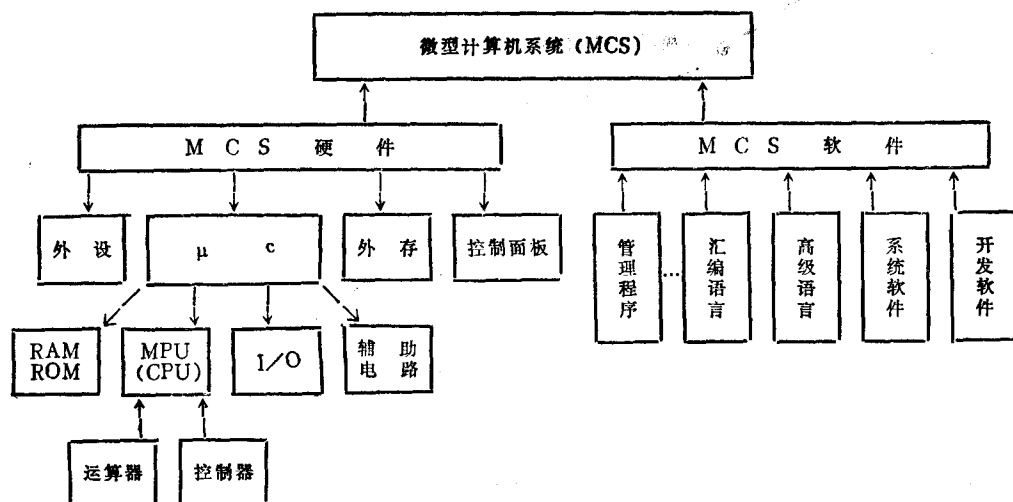


图1-3 微处理器、微型计算机和微型计算机系统的组成

表1-2、表1-3、表1-4、表1-5分别对几种典型的微处理器,单片微型计算机以及微型计算机系统进行了比较。

表1-2 八位微处理器简表

型号	字长 (位)	引脚数	工艺	寻址范围 (字节)	输入 逻辑电平 高(V) 低(V)	时钟频率 (MHz)	电 源 V_1 (V) V_2 (V) V_3 (V)	功 耗 (mW)	工作温度 范围 (-)(°C) (+)(°C)	基本指 令条数	中断级数 和类型	几种寻 址方式	制造厂家
C8080A	8	40	MNG	64K	3.3 0.8	2.08	12 5 -5	1200	0 70	78	采用8214八级优先权中断控制器,可接受8个不同的中断申请	4	Intel
C8085A	8	40	N沟道 MOS 工艺	64K	2.0 0.8	3.0	5	850	0 70	80	4级中断,其中TRAP(陷阱)中断为不可屏蔽中断	4	Intel
Z80	8	40	N沟道离 子注入 硅栅 MOS工艺	64K	2.0 0.8	2.5	5	1500	0 70	150	可屏蔽中断及不可屏蔽中断	10	Zellog
MC6800	8	40	MNG	64K	2.0 0.8	1.0	5	1000	0 70	72	可屏蔽中断向量,单独设有非屏蔽中断	7	Motorola
MC6809	8	40	HMOS 高绝缘 N沟道	64K	2.0 0.8	1.0	5	1000	0 70	59		10	Motorola
R6502	8	40	MNG	64K	2.4 0.4	1.0	5	575	0 70	56	可屏蔽中断及不可屏蔽中断	13	RocRwell

注: MNG为MOS, N沟道, 硅栅。

表1-3 八位单片机微型计算机简表

型号	字长 (位)	引脚数	工艺	存贮器		输入/输出	寻址范围	时钟频率 (MHz)	电源 (V)	功耗 (mW)	工作温度 (°C)	基本指令数	几种寻址方式	中断级数和类型	制造厂
				ROM (字节)	RAM (字节)										
8048 (8035)	8	40	NMOS	1K ROM	64	27条 I/O线8位定时 器/计数器时钟振荡器	64K	2~4	5	1500	0 ~ 70	90	5	单级中断	Intel
8748	8	40	NMOS	1 K EPROM	64	27条 I/O线8位定时 器/计数器时钟振荡器	64K	2~4	5	1500	0 ~ 70	90	5	单级中断	Intel
8051	8	40	HMOS	4K ROM	128	4个8位 I/O口32条 I/O线2个16位定时 器/计数器全双 UART	128K	2~4	5	1500	0 ~ 70	90	5	单级中断	Intel
8022	8	40		2K ROM	64	28条 I/O线8位定时 器/计数器2路8位 A/D	← 参考8048 →								Intel
MC 6801	8	40	NMOS	2K ROM	128	29条并行 I/O线2条信 息交换控制线一个串 行接口16位三功能定 时器	64K		5		0 ~ 70			2级	Motorola
MC 68705 R ₃	8	40	HMOS 高密度 N沟道	3776 EPROM	112	24条双向 I/O线2— 8条数据输入线 A/D 转换器8位计时器		片上 时钟	5 (编程 22V)		0 ~ 50	59	10	4级异步中 断(外部的, 定时器和软 件)	Motorola

表1-4 十六位微处理器简表

微处理器名称		AP×86/10 (8086)	Z8001 [Z8001A]	MC 68000
厂 家		Intel	Zilog	Motorola
工 艺		HMOS	NMOS	HMOS
CPU分类		通用16位并行处理	16位并行处理	16
CPU片数		2~8	1	1
封装引脚		40 (DIP)	48 (DIP)	61
指令条数		133	116+7 (扩展指令)	53
寄存器加法 运算时间 (μs)		400ns/*250ns/**500ns	1μs(0.67μs)	1, 0.67, 0.5, 0.4
寻址方式		直接/间接/相对	8	14
累加器		16位	8 (16)	
寄存器 位数	数 据 寄 存 器	16位×3	16 (16)	8×32位数据寄存器 7×32位地址寄存器
	程序计数器	20位	1 (23)	1×24位
	堆 栈 指 针	16位	1 (23)	2×32位
	其 它	段寄存器: 16位×4 变址寄存器: 16位×2	变址, 15 (16) 堆栈区指针	1×16位 (状态寄存器)
时钟频率 MHz/相		5/8/10 单 相	4M/单相 (6MHz)	4, 6, 8, 10 均 单 相
中断方式		2级	陷阱4种, 非矢量; (NVD, 矢量(NMI, VI)	屏蔽, 非屏蔽中断
堆栈操作		下 推	自动 (正常堆栈和 系统堆栈)	堆 栈 指 针
堆栈级别		无 限	无 限	可达 16MB
存贮容量		1 MB	8 MB	16MB
I/O接口			Z-MMV, CIO, SCC, FIO, FIFO, BEP, DCP, UPC	
DMA		可 (8237A-5, 8257-5)	可 以	可 以
控制方式		直 接	直 接	直 接
功耗(W)		2.5	1.5(MAX)	1
工作温度(°C)		0~70	0~70 (标准)	0~70
备 注		* AP×86/10(8086-2) * 8086-1 此外还有: AP×86/11 AP×86/20 AP×86/21	存储空间 方式程序数据堆栈 系统 8M 8M 8M 正常 8M 8M 8M 内有刷新功能	可异步处理 有误差检查功能 有32位处理能力 7级102种矢量外 部中断