



Intel 16 位单片机

(修订版)



徐爱卿 编著

Intel 16 位单片机

(修订版)

徐爱卿 编著

北京航空航天大学出版社

内容简介

8 位、16 位和 32 位单片机各有其适用的领域。16 位单片机特别适用于复杂的、实时性要求较高的自动控制系统、数据采集系统、一般的信号处理系统和高级智能仪器。本书基于丰富的资料,全面介绍了 Intel 公司 MCS-96 系列 16 位单片机(从 8096 至 80C196NT),重点描述了 8096、80C196KB、80C196KC 和 80C196MC 的硬件结构以及 MCS-96 系列的指令系统。书中给出的丰富的应用实例有助于读者进一步掌握单片机主要资源的使用方法。

本书可作为大专院校有关专业本科生和研究生的教学参考书,更是从事单片机应用的广大科技工作者的必备的实用参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

Intel 16 位单片机/徐爱卿编著. —修订本. —北京:
北京航空航天大学出版社, 2002. 7
ISBN 7-81077-197-3

I. I… II. 徐… III. 单片微型计算机, MCS-96 系
列 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 037105 号

Intel 16 位单片机(修订版)

徐爱卿 编 著

责任编辑 王小青

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

<http://www.buaapress.com.cn>

E-mail: pressell@publica.bj.cninfo.net

河北省涿州市新华印刷厂印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:32 字数:717 千字

2002 年 7 月第 2 版 2002 年 7 月第 1 次印刷 印数:19 000~23 000 册

ISBN 7-81077-197-3/TP·110 定价:35.00 元

修订版前言

自 1995 年本书初版至今, Intel 16 位单片机又有了不少新的成员, 其性能也有很大的发展, 但此次修订的目的主要是压缩篇幅, 降低书价, 以利于读者, 所以没有增加新的内容。

在修订中, 对于那些读者在掌握 Intel 16 位单片机原理的内容和实际开发应用中有参考价值的內容都保留下来了。

删去的主要有以下几部分内容:

(1) 删去原书第 5 章“ACC-196N 单片机仿真器”。

目前市场上各种用于 Intel 16 位单片机的开发仿真器很多, 虽然原书介绍的仿真器原理结构等对读者了解仿真器有一定的参考价值, 但由于该型号在仿真器市场上已不销售, 所以此次修订中将整章内容删去。

(2) 删去原书第 6 章“应用实例”中关于“用可编程外围芯片 PSD 3XX 扩展外围功能”一节。

在单片机应用系统的电路设计中, 可编程外围芯片 PSD 是一种很重要的器件。当时尚缺乏 PSD 方向的参考书籍, 为便于读者理解书中介绍的两个具体应用例子, 所以在 6.15 节中介绍了 PSD3XX 系列的结构原理。考虑北京航空航天大学出版社已于 1998 年出版了《单片机现场可编程外围芯片 PSD 的原理及应用》一书, 故此次修订时就删去了这部分内容, 而只保留了 2 个应用实例。

(3) 删去原书第 7 章“速查资料”中的部分内容。

原书第 7 章中 7 个型号的 Intel 16 位单片的速查资料给读者在应用时提供了极大的方便, 虽然占了些篇幅, 但仍不忍将其全部删去, 而是采取了不同内容不同的处理。

对于在书中未作系统介绍的 (8X196KR、8XC196KT、8X196NT/NQ) 3 种单片机系列, 其速查资料的全部内容予以删去。

对于在书中作了详细介绍的 4 种 (8X9X、8XC196KB、8XC196KC、8XC196MC) 单片机系列, 凡是在正文中已出现过的内容, 速查资料中尽量删去, 主要有引脚定义表、封装及引脚、指令系统一览表、指令长度/状态周期率。当然这也会给读者在速查时带来小小的不便, 但从读者需要查找的内容而言, 在修订本中都是能查到的。

编著者于北京

2002 年 1 月

前 言

两年多以前一位朋友问笔者：“你认为应该把发展和推广的重点放在 8 位单片机还是 16 位单片机上？”笔者曾答复：“目前国内外用得最多的是 8 位单片机，对于大多数应用场合，采用 8 位机足以解决问题了。但这不等于我们不必重视 16 位单片机的发展和推广。虽然 8 位单片机本身也在发展（如增加了新的外设装置，提高了时钟频率等），但其结构上的固有限制使它在一些复杂系统中无法取代 16 位单片机。国内应用 16 位单片机还不普遍，其部分原因正是我们的推广工作做得还不够。”当笔者即将完成本书的文稿时，更加确信，我们在大力推广普及 8 位单片机的同时，千万不要忽视 16 位单片机的推广应用工作，一定要让广大科技工作者全面地了解 4 位单片机、8 位单片机、16 位单片机、甚至 32 位单片机的性能特点，以便对症下药，为自己所开发的应用系统选择合适的单片机，更快更好地研制出新产品。

自笔者主编的《MCS-96 系列 16 位单片微型计算机》一书于 1989 年 1 月出版以来，16 位单片机发展很快。截止 1994 年 4 月，Intel 公司已先后推出该系列的 20 余个品种共 50 余个型号的芯片，使该系列产品的性能逐步提高，功能不断扩大。

MCS-96 系列的芯片大体可归纳成 6 类。第一类产品是 NHMOS 的 8X9X，其中 8098 芯片在我国应用极广。第二类以 CHMOS 的 80C196KB 为代表，它保留了 8X9X 芯片的基本硬件结构，作了局部性的改进，除了可以工作于 2 种节电方式外，没有增添新的功能。第三类以 80C196KC 为代表，它的一个重要特征是增加了外设事务服务器（PTS），大大提高了中断事务的实时处理能力。第四类以 80C196KR 为代表，增添了同步串行口和适于主从机通信的从口（Slave port）功能，并以事件处理器阵列（EPA）代替了原来的高速输入/输出部件（HSIO）。第五类以 80C196MC 为代表，其主要特征是增添了一个 3 相波形发生器，特别适用于电机控制。第六类包括 80C196NT/NP，该类芯片的主要特征是寻址空间由 64 KB 扩大到了 1 MB。

本书在《MCS-96 系列 16 位单片微型计算机》的基础上，增添了大量新的内容，实际上已经是“面目全非”了，因此更名为《Intel 16 位单片机》。本书全面介绍了 MCS-96 系列的各种单片机，并重点描述了有代表性的几种芯片。国内已流行甚广的 8098，只是 8096 的一种“简化”型芯片。本书在详细叙述 8096 芯片之后，以对比的方式对 8098 作了简要的介绍。作者认为这样将比仅限于了解 8098 对读者有更大的帮助。

书中列举了大量新的应用实例，特别是控制系统方面的例子。作者相信这些应用例子一定会给读者以十分有益的启示。

国内已有多家公司推出了 80C196 的开发系统，本书介绍的是北京艾科电子技术公司生产的 ACC-196N 仿真器，除介绍使用方法之外，还简要地介绍了仿真器软硬件设计原理，以

期对读者有更多的帮助。

孙涵芳主编并执笔编写了第1~4章和第6章,第5章由王良启、孙涵芳合作编写,第7章由徐爱卿和孙青合作编写。

由于水平所限,且手头参考资料尚嫌不足,书中难免有阐述不清和错误之处,恳请读者批评指正。

主编者于北京

1994年4月

目 录

1 绪 论	1
1.1 单片机的发展概貌	1
1.2 MCS-96 系列单片机产品概貌	4
1.3 有关本书的一些说明	5
2 8096 的体系结构和硬件描述	7
2.1 8096 的芯片型号	7
2.2 8096 的框图和主要性能特点	7
2.3 中央处理器 CPU	10
2.3.1 CPU 总线	11
2.3.2 RALU	11
2.3.3 CPU 寄存器阵列	11
2.3.4 CPU 的基本操作	11
2.4 时钟信号	12
2.5 存储器空间	13
2.5.1 内部 RAM 空间	13
2.5.2 保留的存储空间	16
2.5.3 内部 ROM/EPROM	17
2.6 寄存器控制器	17
2.7 系统总线和存储器的扩展	17
2.7.1 外部存储器操作时序	18
2.7.2 读信号 $\overline{RD}$	19
2.7.3 写信号 $\overline{WR}$	19
2.7.4 就绪信号 READY	20
2.7.5 总线工作方式和芯片配置寄存器	21
2.8 软件概述	28
2.8.1 操作数类型	29
2.8.2 寻址方式	30

2.8.3	程序状态字	32
2.8.4	指令系统概述	34
2.9	中断系统	41
2.9.1	中断源	41
2.9.2	中断控制	42
2.9.3	中断优先级控制	45
2.9.4	中断禁区	46
2.9.5	中断响应时间	47
2.10	定时器	48
2.10.1	定时器 1	48
2.10.2	定时器 2	48
2.10.3	定时器中断	49
2.11	高速输入器	49
2.11.1	HSI 事件形式寄存器	50
2.11.2	FIFO 队列寄存器	51
2.11.3	HSI 中断	51
2.11.4	HSI 中数据的读取和状态寄存器	51
2.11.5	HSI 引脚功能控制	52
2.11.6	HSI 原理回顾	53
2.11.7	HSI 的软件设计	53
2.12	高速输出器	56
2.12.1	HSO CAM 阵列	56
2.12.2	HSO 状态	58
2.12.3	HSO 的清除	58
2.12.4	HSO 中采用定时器 2	59
2.12.5	HSO 中断	59
2.12.6	软件定时器	60
2.13	A/D 转换器	61
2.13.1	A/D 转换器框图	62
2.13.2	A/D 命令寄存器	62
2.13.3	A/D 结果寄存器	63
2.13.4	A/D 转换过程	63
2.13.5	A/D 转换程序举例	64
2.13.6	A/D 转换精度	65

2.13.7. A/D 转换器输入电路	65
2.13.8 提高 A/D 转换器的分辨率	67
2.14 模拟输出	70
2.14.1 脉宽调制器	70
2.14.2 利用 HSO 输出 PWM 脉冲	71
2.14.3 把 PWM 信号变为直流信号	71
2.15 串行口	72
2.15.1 串行口操作模式	73
2.15.2 多机通信	74
2.15.3 串行口的控制	75
2.15.4 波特率的确定	76
2.15.5 串行口程序举例	78
2.16 输入/输出	79
2.16.1 输入口——P0 和 P2.1~P2.4	80
2.16.2 准双向口——P1 和 P2.6、P2.7	80
2.16.3 P3、P4 口和系统总线	82
2.16.4 输出口和控制输出	83
2.17 输入/输出控制和状态寄存器	84
2.17.1 I/O 控制寄存器 0(IOC0)	84
2.17.2 I/O 控制寄存器 1(IOC1)	84
2.17.3 I/O 状态寄存器 0(IOS0)	85
2.17.4 I/O 状态寄存器 1(IOS1)	85
2.18 监视定时器	86
2.18.1 监视定时器的使用	86
2.18.2 软件保护	87
2.19 复位	88
2.19.1 复位信号和复位状态	88
2.19.2 复位电路	89
2.19.3 内部复位逻辑	91
2.20 879X 的 EPROM 编程和保护	92
2.20.1 自动编程方式	94
2.20.2 自动编程方式下的成组编程	95
2.20.3 从机编程方式	96
2.20.4 自动芯片配置字节编程方式	98

2.20.5	运行编程方式	99
2.20.6	ROM/EPROM 程序上锁	100
2.20.7	Intel 编程算法	101
2.20.8	标记字	101
2.20.9	擦除 879X EPROM	102
2.21	8096 的封装和引脚	102
2.21.1	封装形式	102
2.21.2	引脚表	104
2.21.3	引脚描述	104
3	80C196 高性能 16 位单片机	107
3.1	概 述	107
3.2	80C196KB	110
3.2.1	中央处理器 CPU 和存储器控制器	110
3.2.2	时钟信号	110
3.2.3	存储器空间	111
3.2.4	软件概述	117
3.2.5	中断系统	118
3.2.6	定时器	123
3.2.7	高速输入器 HSI	125
3.2.8	高速输出器 HSO	126
3.2.9	A/D 转换器	130
3.2.10	脉宽调制输出 PWM	131
3.2.11	串行口	131
3.2.12	输入/输出口	133
3.2.13	输入/输出控制和状态寄存器	137
3.2.14	复位和复位状态	137
3.2.15	特殊工作方式	138
3.2.16	片内 EPROM 编程和保护	140
3.2.17	8XC198 和 8XC194	142
3.2.18	80C196KB 的封装和引脚	143
3.3	80C196KC	152
3.3.1	概 述	152
3.3.2	存储器空间	152

3.3.3	寄存器窗口	154
3.3.4	程序状态字	157
3.3.5	80C196KC 的新增指令	158
3.3.6	外设事务服务器 PTS	158
3.3.7	定时器	171
3.3.8	高速输入器 HSI	171
3.3.9	高速输出器 HSO	171
3.3.10	A/D 转换器	172
3.3.11	脉冲调制输出 PWM	175
3.3.12	串行口	175
3.3.13	复位和复位状态	175
3.3.14	特殊工作方式	176
3.3.15	片内 EPROM 编程和保护	177
3.3.16	封装和引脚	178
3.4	80C196MC	178
3.4.1	存储器空间	179
3.4.2	窗 口	182
3.4.3	输入/输出口 2	185
3.4.4	事件处理器阵列 EPA	188
3.4.5	波形发生器	196
3.4.6	脉宽调制器	211
3.4.7	模拟/数字转换器 A/D	213
3.4.8	存储器映射的输入/输出口 P3、P4 和 P5	217
3.4.9	中断和外设事务服务器 PTS	221
3.4.10	特殊工作方式	253
3.4.11	复位和复位状态	254
3.4.12	监视定时器	255
3.4.13	芯片配置寄存器	256
3.4.14	外部存储器接口	257
3.4.15	87C196MC 的编程	257
3.4.16	80C196MC 的封装和引脚	258
3.4.17	80C196MD 中的频率发生器	262

4 MCS-96 指令系统详述	272
5 应用实例	324
5.1 ASM-96 中的伪指令	324
5.2 查表插值子程序	326
5.2.1 查表插值子程序之一	326
5.2.2 查表插值子程序之二	328
5.3 利用 HSI 测量脉冲	329
5.4 利用 HSO 产生 PWM 输出	332
5.5 串行口模式 1 的应用	335
5.6 A/D 转换器的使用	338
5.7 模拟量/PWM 转换	338
5.8 利用 HSIO 作软件串行口	343
5.9 利用 80C196KB/KC 作机器人的分布式伺服电机控制	353
5.9.1 伺服电机控制的硬件方案	354
5.9.2 伺服电机控制的软件设计	364
5.9.3 机器人分布式控制系统中的通信	370
5.9.4 一个六轴机器人的分布式控制	373
5.10 80C196MC 用于三相交流感应电机的控制	377
5.10.1 引言	377
5.10.2 实验性硬件电路	379
5.10.3 三相交流感应电机控制软件设计中的几个问题	381
5.10.4 三相输出波形	385
5.10.5 程序流程图	386
5.10.6 源程序	386
5.11 80C196MC 用于三相直流无刷电机的控制	395
5.11.1 驱动直流无刷电机的变频器类型	395
5.11.2 波形发生器的驱动波形	397
5.11.3 电流-频率控制特性	398
5.11.4 程序中某些数据(常数和变量)之间的关系	399
5.11.5 程序流程图	400
5.11.6 源程序	401
5.12 80C196MC 用于四相步进电机的控制	408

5.12.1 控制原理	408
5.12.2 程序流程	410
5.12.3 源程序	410
5.13 P3 和 P4 口的重构	416
5.14 超过寻址范围的外部存储器的扩展法	418
5.14.1 扩展 256 KB 外部存储器的硬件方案	418
5.14.2 扩展存储器超过寻址范围时的软件考虑	421
5.15 用可编程外围芯片 PSD3XX 扩展外围功能	425
5.15.1 接口方案之一	425
5.15.2 接口方案之二(外接等待周期发生器)	427
6 速查资料	430
6.1 8X9X 速查资料	431
6.1.1 存储器和专用寄存器布局图	431
6.1.2 专用寄存器位定义	432
6.1.3 引脚描述	434
6.1.4 操作码表	436
6.1.5 中断表	438
6.1.6 公 式	438
6.1.7 复位状态	438
6.2 8XC196KB 速查资料	439
6.2.1 存储器布局图	439
6.2.2 CPU 专用寄存器布局图	439
6.2.3 专用寄存器位定义	440
6.2.4 引脚描述	444
6.2.5 操作码表	446
6.2.6 指令系统一览表	448
6.2.7 指令长度/操作码	451
6.2.8 指令执行时间(状态周期)	453
6.2.9 中断表	456
6.2.10 公 式	456
6.2.11 复位状态	457
6.3 8XC196KC 速查资料	458
6.3.1 存储器布局图	458

6.3.2	专用寄存器布局图	458
6.3.3	专用寄存器位定义	459
6.3.4	操作码表	464
6.3.5	指令系统一览表	466
6.3.6	指令长度/操作码	469
6.3.7	指令执行时间(状态周期)	471
6.3.8	中断表	475
6.3.9	公 式	476
6.3.10	复位状态	477
6.4	8XC196MC 速查资料	478
6.4.1	存储器布局图	478
6.4.2	专用寄存器布局图	479
6.4.3	专用寄存器位定义	480
6.4.4	引脚定义表	489
6.4.5	引脚描述	490
6.4.6	中断表	492
6.4.7	公 式	493
6.4.8	复位状态	493
参考文献		495

1 绪 论

1.1 单片机的發展概貌

随着微电子工艺水平的提高,近二十余年来单片微型计算机有了飞跃的发展。世界上著名的集成电路芯片制造商纷纷推出各自的产品,单片机型号之多,已达到难以统计的地步。

以著名的芯片制造业巨头——Intel 公司为例,早期推出的 MCS-48 系列单片机是一种功能较简单、寻址范围很有限的低性能 8 位单片机,除了一些传统的应用领域(如键盘控制器)外,这类单片机已在很大程度上被稍后推出的 MCS-51 系列 8 位单片机所取代。在 MCS-51 系列单片机的内核 8051/80C51 的基础上,Intel 公司、Philips 公司、Siemens 公司等很多大公司,纷纷推出了名目繁多的派生芯片。这类单片机是目前世界上用得最广的一类单片机。它的繁衍发展之路也是其他系列单片机发展的共同道路。归纳起来,它是沿两条路发展的:

① 改进集成电路制造工艺,提高芯片的工作速度,降低工作电压和降低功耗。早期的 8051 的最高振荡器频率为 12 MHz,一个机器周期为 $1\mu\text{s}$ 。Intel 公司推出的 80C51ZX 的一个机器周期仅为 $1/6\mu\text{s}$ 。早期的 8051 的正常工作电压都为 5 V,而 Philips 公司的 80CL51/80CL410 可工作于 1.8 V 的低电压。80CL51/80CL410 是全静态设计的,当芯片采用外部时钟时,可工作于直流状态,即可把外部时钟完全关掉仍能保持住芯片的内部状态;当时钟重新加上时,芯片将继续正常工作。当外部时钟停止时,芯片的消耗电流只有 $1\mu\text{A}$ 。

② 在保留共同的 CPU 体系结构、最基本的外设装置(如异步串行口、定时器等)和一套公用的指令系统的基础上,根据不同的应用领域,把不同的外设装置集成到芯片内,在同一家族内繁衍滋生出各种型号的单片机。

Intel 公司在 8051/80C51 的基础上,已衍生出 10 种共 50 多个型号的芯片;Philips 公司在 80C51 的基础上衍生出 20 多种近 50 个型号的芯片。使用户可根据系统设计的要求选用合适的型号,而不必重新熟悉指令系统和 CPU 的结构。

虽然 8 位单片机是目前用得最广的单片机,但是在一些比较复杂的系统中,它就显得力不从心了,不得不让位于 16 位单片机。

本书介绍的 MCS-96 系列 16 位单片机特别适用于各类自动控制系统,如工业过程控制系统、伺服系统(随动系统)、分布式控制系统、变频调速电机控制系统等。还适用于一般的信号处理系统和高级智能仪器,以及高性能的计算机外部设备控制器和办公自动化设备控制器。这些系统通常要求实时处理、实时控制。和 MCS-51 系列相比,MCS-96 系列单片机至少在

以下几个方面提高了系统的实时性:

① CPU 中的算术逻辑单元不采用常规的累加器结构,改用寄存器-寄存器结构。CPU 的操作直接面向 256 字节的寄存器,消除了一般 CPU 结构中存在的累加器的瓶颈效应,提高了操作速度和数据吞吐能力。

② 256 字节寄存器中,24 字节是专用寄存器,其余 232 字节均为通用寄存器。其通用寄存器的数量远比一般 CPU 的寄存器数量多。这样就有可能为各中断服务程序中的局部变量指定专门的寄存器,免除了中断服务过程中保护寄存器现场和恢复寄存器现场所支付的软件开销,并大大方便了程序设计。

③ 有一套效率更高、执行速度更快的指令系统。可以对带符号数和不带符号数进行操作,16 位乘 16 位指令的执行时间为 $1.4 \sim 6.25 \mu\text{s}$ (对不同型号的芯片),32 位除 16 位指令的执行时间为 $2.4 \sim 6.25 \mu\text{s}$;还有符号扩展、数据规格化(用于浮点计算中)等指令。此外,3 操作数指令大大提高了指令效率。

④ 在 80C196KC 以后的芯片中,增加了一个外设事务服务器 PTS,专门用于处理外设中断事务。和普通中断服务过程相比,PTS 服务大大减少了 CPU 的软件开销。

除上述几点外,MCS-96 系列单片机还集成了更为丰富的外设装置。概括现有资料,MCS-96 系列单片机包含的外设装置有:

① 振荡器和时钟发生器。

② 定时器/计数器。

③ 标准输入/输出口。

④ 全双工异步和同步串行输入/输出口。

⑤ 监视定时器(Watchdog timer),用于提高系统抗干扰能力。

⑥ 模拟/数字转换器。

⑦ 高速输入/输出器(HSIO)或事件处理器阵列(EPA)。用于记载引脚上输入事件(信号电平的跳变)的发生时刻和按预定时间执行操作。

⑧ 脉宽调制输出。可用于直接驱动电机类的执行元件,或滤波后获得直流输出。

⑨ 波形发生器。可直接输出三相脉宽调制波形。特别适用于变频调速电机控制系统。可用于驱动三相交流感应电机、直流无刷电机、步进电机等多种类型的电机。

⑩ 外设事务服务器(PTS)。它是一种微代码硬件中断处理器,提高了中断事务的实时处理能力。

⑪ 从口(Slave Port)。它是单片机(从机)与其他微处理器或单片机(主机)的一个并行通信接口,具有简单的通信握手功能。

⑫ 频率发生器。能产生一定范围的频率信号,其典型用途之一是形成频率调制的编码信号。

⑬ 片选输出单元。可直接对外提供片选信号,对应的地址范围可由软件确定。

综上所述, MCS-96 系列 16 位单片机, 具有更丰富的软硬件资源, 具有更高的性能。它比 8 位单片机更适用于一些比较复杂的系统中。

8 位单片机和 16 位单片机是真正的单片微型计算机, 因为它们包含了一台计算机所应该具有的全部基本部件。从这个含义来讲, 目前问世的 32 位单片机已不是名符其实的单片计算机了, 因为它们一般都不把存储器部分集成在同一芯片上。Intel 公司, 把前者称之为嵌入式微控制器, 英文名为 Embedded Microcontroller; 把后者(不包含存储器的)称为嵌入式处理器, 英文名为 Embedded Processor。为了简便, 我们统称为单片机。

Intel 公司推出的新一代的 32 位单片机——80386EX 是一种全静态设计的、以 80386SX 为内核的、包含有 386SX 个人计算机绝大部分外设器件并增添了某些单片机的特征的 32 位嵌入式处理器。这种单片机的 CPU 结构和指令系统与动态型 80386SX 相同, 它可以在 DOS 和 Windows 的环境下开发软件, 使得为数众多的 PC 机用户毋须经过长期的培训学习就可加入到 80386EX 的开发行列中, 极大地缩短了开发周期。

80386EX 的强大的数据处理能力, 使得嵌入式应用系统有可能采用多媒体技术; 全静态设计和低电压工作芯片(3 V), 使它能用于复杂的便携式系统中。读者可以想象这种 32 位单片机的迷人的应用前景。下面是 80386EX 的主要功能和特征:

- ① 386EX 的内核是全静态设计, 意味着去掉外加时钟后处理器将保持它的各种状态。
- ② 386EX 是模块化设计的, 容易改变设计, 形成系列产品。
- ③ 386EX 提供了 2 种工作电压的芯片, $V_{cc} = (5 \pm 10\%)V$ 和 $(3 \pm 10\%)V$ 。
- ④ 386EX 可工作于系统管理模式(SMM), 这种模式是与 SL 增强型 Intel 486 和 Pentium (奔腾)型微处理器相兼容的。在 386EX 中, SMM 模式不仅用于电源管理(节省功耗), 还可用于调试、转换操作系统或使 I/O 装置虚拟化。
- ⑤ 16 位数据总线和 26 位地址总线, 两者不分时复用, 简化了外部接口。直接寻址范围为 64 MB。
- ⑥ PC/DOS 兼容性。

DOS 系统中的 BIOS 是针对专门的外围设备设计的。386EX 集成了与 PC/DOS 相兼容的外设功能, 它们包括:

- 与 82C54 功能相同的定时器/计数器。
- 2 个 8259 可编程中断控制器, 与 ISA 系统一样, 按主/从结构相连。
- 2 个等效于 NS16450 和 INS8250A 的异步串行口(UART)。
- 双通道 DMA 控制器, 是 8237A 的增强型。
- 总线裁决器。

386EX 没有把 DOS 兼容的显示器和键盘接口控制器集成在芯片内, 这是考虑到嵌入式应用系统的特点而定的, 在这类应用场合, 通常不用常规的 CRT 显示器和标准键盘。

- ⑦ 增强了嵌入式应用的特征。