

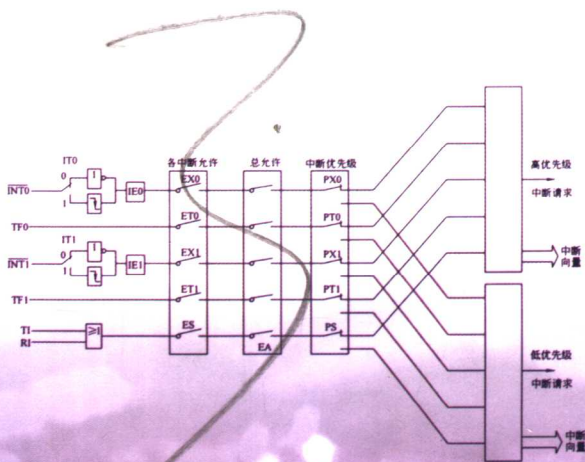


普通高等教育“十一五”电气信息类规划教材

DIANQI  
XINXILEI

# MCS-51单片机 原理及应用

贾好来 主 编



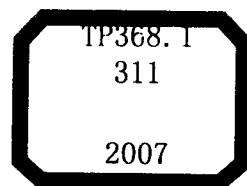
 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育“十一五”电气信息类规划教材

# MCS-51 单片机原理及应用

贾好来 主编



机械工业出版社

本书首先介绍了单片机的发展概况,然后系统介绍了 MCS-51 单片机的基本结构、指令系统、汇编语言程序设计、单片机的 C 语言编程、系统扩展与接口技术、应用系统设计开发技术。书中列举了大量的工程应用实例,深入浅出地讲述了单片机应用系统的开发。

本书可作为高等学校电子、通信、电气工程与自动化、机电一体化等专业的教材,也可供高等职业教育、自学考试和从事微机应用的人员参考。

本书配有免费电子教案,欢迎选用本书作教材的教师索取,电子邮箱: yu57sh@163.com

### 图书在版编目 (CIP) 数据

MCS-51 单片机原理及应用/贾好来主编. —北京:机械工业出版社, 2006.12

普通高等教育“十一五”电气信息类规划教材  
ISBN 978-7-111-20462-6

I. M... II. 贾... III. 单片微型计算机, MCS-51—高等学校—教材  
IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 145433 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:于苏华 版式设计:张世琴 责任校对:李秋荣

封面设计:张静 责任印制:杨曦

北京机工印刷厂印刷

2007 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 16.25 印张 · 399 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-20462-6

定价: 25.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379711

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

作为 20 世纪的伟大发明，单片机已经在国民经济建设和日常生活的各个领域得到广泛应用，成为技术现代化和产品革新的有力工具，单片机应用技术已经成为工科大学生必须掌握的实用技术。本书是根据高等教育本科工程专业的要求和单片机技术的最新发展，总结了多年的教学和实践经验编写而成的。

本书可作为高等学校电子、通信、电气工程与自动化、机电一体化等专业的教材，也可供高等职业教育、自学考试和从事微机应用的人员参考。

全书共 14 章，首先介绍了单片机的发展概况，然后系统介绍了 MCS-51 单片机的基本结构、指令系统、汇编语言程序设计、单片机的 C 语言编程、系统扩展与接口技术、应用系统设计开发。

单片机 C 语言编程技术已成为单片机应用系统开发的重要手段，在一个泛 C 的时代，不掌握单片机 C 语言编程技术的开发人员算不上是真正的单片机应用人员。为此，本书将单片机 Cx51 语言引入单片机教学，力图使读者通过本书的学习，掌握单片机的汇编语言编程、C 语言编程、硬件设计，为今后的工作打下坚实的基础。

全书主要部分由贾好来编写，王爱乐编写了第 2~7 章、第 12~14 章的习题与思考题，张灵根据自己的教学经验制作了本书的电子教案，并上机验证了本书所有程序。

本书在编写过程中得到江苏大学朱幌秋教授、太原理工大学武兴华老师的帮助，提出了宝贵的意见，太原理工大学许春雨老师审阅了书稿，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，加之单片机技术日新月异，书中错误和不当之处，敬请读者指正。来函敬请至：[jiahaolai@sina.com](mailto:jiahaolai@sina.com)。

编 者

# 目 录

前言	4.2 算术运算程序设计	65
第1章 单片机概论	4.3 非数值计算程序	70
1.1 单片机的概念	4.4 数字滤波程序	81
1.2 单片机的发展概况	4.5 子程序和参数传递方法	84
1.3 Intel 和 Freescale 的单片机	习题与思考题	87
1.4 单片机的应用领域	第5章 MCS-51 单片机的中断系统	88
习题与思考题	5.1 微型计算机中断技术概论	88
第2章 MCS-51 单片机的硬件结构	5.2 MCS-51 单片机的中断控制	90
2.1 MCS-51 单片机内部总体结构	习题与思考题	98
2.2 MCS-51 单片机的引脚	第6章 MCS-51 单片机的定时器/计数器	100
2.3 MCS-51 的微处理器	6.1 定时器/计数器的结构	100
2.4 MCS-51 存储器的结构	6.2 MCS-51 的定时器/计数器控制	101
2.5 MCS-51 的并行 I/O 口	习题与思考题	107
2.6 MCS-51 时钟电路与时序	第7章 MCS-51 单片机的串行接口	109
2.7 MCS-51 的复位和复位电路	7.1 MCS-51 串行接口的4种运行模式	109
习题与思考题	7.2 串行口控制寄存器	111
第3章 MCS-51 单片机指令系统	7.3 波特率的产生	113
3.1 机器语言、汇编语言、C语言	7.4 多机通信	114
3.2 寻址方式	习题与思考题	115
3.3 指令分类	第8章 Cx51 的数据类型及基本运算	117
3.4 数据传送指令	8.1 C语言程序的基本结构	117
3.5 算术运算指令	8.2 Keil Cx51 标识符与关键字	119
3.6 逻辑运算指令	8.3 数据与数据类型	121
3.7 转移控制指令	8.4 常量与变量	122
3.8 空操作指令	8.5 Cx51 数据的存储类型	124
3.9 位处理指令	8.6 Cx51 编译器对8051特殊功能寄存器(SFR)的定义	127
3.10 伪指令	8.7 Cx51 对8051并行接口的定义	128
习题与思考题		
第4章 MCS-51 单片机汇编语言程序序设计		
4.1 汇编语言程序结构		

8.8 位变量 (BIT) 及其 Cx51 的定义 .....	129	12.1 MCS-51 存储器的扩展 .....	178
8.9 Cx51 运算符、表达式及其规则 .....	130	12.2 MCS-51 的 I/O 接口扩展 .....	186
习题与思考题 .....	136	12.3 MCS-51 单片机系统键盘与显示器 接口 .....	199
<b>第 9 章 Cx51 构造数据类型</b> .....	137	12.4 MCS-51 单片机系统总线扩展技 术 .....	207
9.1 数组类型 .....	137	12.5 用可编程外围芯片扩展接口电路 .....	211
9.2 指针类型 .....	140	习题与思考题 .....	213
9.3 结构类型 .....	144	<b>第 13 章 MCS-51 单片机与 D/A、 A/D 的接口</b> .....	215
9.4 联合类型 .....	146	13.1 MCS-51 与 DAC 的接口 .....	215
9.5 枚举 .....	148	13.2 MCS-51 与 ADC 器件接口 .....	224
习题与思考题 .....	148	习题与思考题 .....	234
<b>第 10 章 Cx51 流程控制语句</b> .....	149	<b>第 14 章 MCS-51 单片机应用系统 设计、开发与调试</b> .....	236
10.1 C 语言程序的基本结构及流程图 .....	149	14.1 单片机应用系统设计步骤 .....	236
10.2 选择语句 if .....	150	14.2 单片机应用系统硬件设计 .....	237
10.3 Switch/case 语句 .....	150	14.3 MCS-51 单片机系统举例 .....	237
10.4 循环语句 .....	151	14.4 单片机应用系统软件设计 .....	240
习题与思考题 .....	153	14.5 单片机应用系统的开发和调试 .....	240
<b>第 11 章 Cx51 函数</b> .....	154	习题与思考题 .....	246
11.1 函数的分类 .....	154	<b>附录</b> .....	247
11.2 函数的定义 .....	155	附录 A MCS-51 指令表 .....	247
11.3 函数的参数和参数值 .....	158	附录 B ASCII (美国标准信息交换码) 表 .....	252
11.4 函数的调用 .....	159	<b>参考文献</b> .....	253
11.5 中断服务函数与寄存器组定义 .....	162		
11.6 变量的存储方式 .....	163		
11.7 Cx51 编程实例 .....	170		
习题与思考题 .....	177		
<b>第 12 章 MCS-51 单片机系统扩展与 接口技术</b> .....	178		

# 第 1 章 单片机概论

## 1.1 单片机的概念

顾名思义，“单片机”就是将计算机的基本部件集成到一块芯片上，包括 CPU（Central Processing Unit）、ROM（Read Only Memory）、RAM（Random Access Memory）、并行口（Parallel Port）、串行口（Serial Port）、定时器/计数器（Timer/Counter）、中断系统（Interrupt System）、系统时钟及系统总线等。

虽然单片机具有通用计算机的基本部件，但又不同于通用计算机。单片机主要用于控制场合，所追求的目标是：尽可能体积小，又能实时、快速地对外部事件做出响应，迅速采集大量数据，做出逻辑判断与推理后实现对被控对象的参数调整与控制。

为实现这一目的，各种单片机附加了各种控制功能，如片内 A/D、PWM、PCA 计数器捕获/比较逻辑、高速 I/O 口、看门狗定时器（WDT）、显示驱动电路等，其内涵早已突破了传统 Microcomputer 的内容，成为 Microcontrollers。实际上，单片机一词在国外早已更名为“Microcontrollers”。

单片机以嵌入式系统的形式隐藏在各种装置、产品和系统中。如键盘、鼠标、软驱、硬盘、显示卡、显示器、Modem、网卡、声卡、打印机、扫描仪、数码相机、USB 集线器等均是由单片机控制的。制造工业、过程控制、通信、仪器仪表、汽车、船舶、航空航天、军事装备、消费类产品等均是单片机的应用领域。

单片机按照其用途可分为通用型和专用型两大类。

通用型单片机具有比较丰富的内部资源，性能全面且适应性强，能覆盖多种应用需求。用户可以根据需要设计成各种不同应用的控制系统，即通用单片机有一个再设计的过程。通过用户的进一步设计，才能组建成一个以通用单片机芯片为核心再配以其他外围电路的应用控制系统。通用型单片机虽然适应性强，但在具体的应用系统中，片内资源可能没有得到充分利用。通常所说的和本书所介绍的单片机是指通用型单片机。

专用单片机是专门针对某个特定产品的，例如，专用于电机控制的单片机、车载电子设备、语音信号处理和家用电器中的单片机等。这种“专用”单片机针对性强且用量大，为此，用户常与芯片制造商合作，设计和生产专用的单片机芯片。由于专用单片机芯片是针对某一种产品或某一种控制应用而专门设计的，设计时已经对系统结构的最简化、软硬件资源利用的最优化、可靠性和成本的最佳化等方面都作了通盘的考虑和设计，所以专用的单片机的综合优势十分明显。

实际上，各个芯片制造商都推出了各种“专用芯片”，例如，美国微芯公司推出的电机控制单片机，为各种电机控制，如步进电机、有刷直流电机、交流感应电机、变速无刷直流电机以及开关磁阻电机提供了全套应用解决方案。各种经验层次的设计人员都能够快速地完成成本效益高的电机电子控制器的设计。

目前，专用单片机芯片已成为单片机发展的一个重要方向。但是，无论专用单片机在应

用上有多么“专”，其原理和结构都是以通用单片机为基础的。

## 1.2 单片机的发展概况

单片机的发展历史可分为以下4个阶段：

单片机初级阶段（1974~1976年），因工艺限制，单片机采用双芯片形式且功能比较简单。例如，美国仙童（Fairchild）公司生产的第一台F8单片机，由于仅包括8位CPU、64B的RAM和2个并行口，需另加一块3851（由1KB ROM、定时器/计数器和2个并行I/O口构成）才能构成一台完整的计算机。

低性能单片机阶段（1976~1978年），以Intel公司制造的MCS-48单片机为代表，这种单片机片内集成有8位CPU、并行I/O口、8位定时器/计数器、RAM和ROM等。不足之处是没有串行口，中断处理比较简单，片内RAM和ROM容量较小且寻址范围不大于4KB。

高性能单片机阶段（1978~1982年），这个阶段推出的单片机普遍带有串行口、多级中断系统、16位定时器/计数器，片内ROM、RAM容量加大，且寻址范围可达64KB，有的片内还带有A/D转换器、可编程逻辑器件PLD、USB接口、PWM通道等。这类单片机的典型代表是Intel公司的MCS-51系列、Freescale公司的6801和Zilog公司的Z8等。由于这类单片机的性能价格比高，所以仍被广泛应用，是目前应用数量较多的单片机。

8位单片机巩固发展及16位、32位单片机推出阶段（1982年至今），此阶段的主要特征是一方面发展16位单片机、32位单片机及专用型单片机；另一方面，不断完善高档8位计算机，改善其结构，以满足不同用户的需要。16位单片机的典型产品如Intel公司生产的MCS-96系列单片机，其集成度已达120000管子/片，主振为12MHz，片内RAM为232B，ROM为8KB，中断处理为8级，而且片内带有多通道10位A/D转换器和高速输入/输出部件（HSI/HSO），实时处理的能力很强。而32位单片机除了具有更高的集成度外，其主振已达66MHz，这使32位单片机的数据处理速度比16位单片机增快许多，性能比8位、16位单片机更加优越。

目前，8位单片机无论在内部资源数量还是在性能上均达到相当高的水平，如意法半导体公司推出的 $\mu$ PSD3200系列单片机内含标准的8032核，主振为40MHz，容量达256KB的主Flash存储器和32KB次Flash存储器，32KB的SRAM，4通道8位ADC，16个宏单元通用PLD，5个PWM通道，USB、I<sup>2</sup>C、双UART，可实现工业控制系统的单芯片解决方案。

近年来，数字信号处理器（Digital Signal Processors）在电机控制、移动通信、图像处理、航天、雷达、网络及家用电器等方面得到了广泛的应用。DSPs操作的“并行性”、多重流水处理、专门的硬件乘法器和高性能的运算器及累加器、单独的DMA，丰富的片内外设，如A/D、比较器、捕获器、串行口及看门狗等，使DSPs既具有其他微处理器和单片机嵌入系统的特点，又有独特的高速数字信号处理能力，已经成为世界半导体产业的又一个热点。



### 1.3 Intel 和 Freescale 的单片机

与通用微处理器不同，单片机的生产厂家多，品种多，应用领域广。世界上较为著名的单片机的生产厂家有 Intel、Freescale、Atmel、Microchip、Infineon Technologies、ST Microelectronic、Philips、Toshiba、Zilog、TI、NS 等，品种总量已经超过 1000 多种，真正是百家争鸣，百花齐放。学习者不可能也没有必要在有限的时间内，学习所有的单片机。

一般来说，只要精通了某一型号的单片机，再学习其他型号的单片机就容易多了。考虑到 Intel、Freescale (Motorola) 都是最早设计、制造单片机的公司，尤其是 Intel，自从它向全世界转让 8051 内核的使用权后，以 8051/52 为内核的单片机几乎占了 8 位单片机 50% 的份额，如 ST Microelectronic、Philips、Atmel 等公司生产的单片机均以 8051/8052 为内核，所不同的是片内外设资源的不同；而 Freescale 更是独领风骚，一直是单片机的最大供应商，根据相关统计数据，1999 年 Freescale 单片机的市场份额占世界市场的 17%。故本节对单片机供应商的两大巨头 Intel 公司、Freescale 公司生产的单片机作一简要介绍。

#### 1.3.1 Intel 和 Freescale 的 8 位单片机

##### 1. Intel 公司的 8 位单片机

Intel 公司的 8 位单片机分为经典 MCS-51 系列和先进的 MCS-251 系列。1980 年，Intel 公司推出了至今仍被公认为是 8 位机事实上的工业标准的 MCS-51 系列单片机，表 1-1 列出了 Intel 公司经典的 MCS-51 系列单片机各种型号的主要性能特点。

表 1-1 Intel 公司 MCS-51 系列单片机的主要特点

8051 系列产品	
8031	无 ROM, 128B RAM, 2 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 1 个 UART, 5 个中断源, 最高晶振速度 12MHz
8051	4KB ROM, 128B RAM, 2 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 1 个 UART, 5 个中断源, 最高晶振速度 12MHz
8751	4KB EPROM, 128B RAM, 2 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 1 个 UART, 5 个中断源, 最高晶振速度 12MHz
8052 系列产品	
8032	无 ROM, 256B RAM, 3 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 1 个 UART, 最高晶振速度 12MHz
8052	8KB ROM, 256B RAM, 3 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 1 个 UART, 最高晶振速度 12MHz
8752	8KB EPROM, 256B RAM, 3 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 1 个 UART, 最高晶振速度 12MHz
80C51 系列产品	
80C31	无 ROM, 128B RAM, 2 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 1 个 UART, 5 个中断源, 最高速度 16MHz
80C51	4KB ROM, 128B RAM, 2 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 1 个 UART, 5 个中断源, 最高速度 12MHz

(续)

80C51 系列产品	
87C51	4KB EPROM, 128B RAM, 2 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 1 个 UART, 5 个中断源, 最高速度 12MHz
8XC52/54/58 系列产品	
80C32	无 ROM, 256B RAM, 3 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 1 个 UART, 6 个中断源, 最高速度 20MHz
80C52	8KB ROM, 256B RAM, 3 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 1 个 UART, 6 个中断源, 最高速度 20MHz
87C52	8KB EPROM, 256B RAM, 3 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 1 个 UART, 6 个中断源, 最高速度 20MHz
80C54	16KB ROM, 256B RAM, 3 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 1 个 UART, 6 个中断源, 最高速度 20MHz
87C54	16KB EPROM, 256B RAM, 3 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 1 个 UART, 6 个中断源, 最高速度 20MHz
80C58	32KB ROM, 256B RAM, 3 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 1 个 UART, 6 个中断源, 最高速度 20MHz
87C58	32KB EPROM, 256B RAM, 3 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 1 个 UART, 6 个中断源, 最高速度 20MHz
8XL52/54/58 系列产品	
80L52	8KB ROM, 256B RAM, 3 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 1 个 UART, 6 个中断源, 最高速度 20MHz
87L52	8KB EPROM, 256B RAM, 3 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 1 个 UART, 6 个中断源, 最高速度 20MHz
80L54	16KB ROM, 256B RAM, 3 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 1 个 UART, 6 个中断源, 最高速度 20MHz
87L54	16KB EPROM, 256B RAM, 3 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 1 个 UART, 6 个中断源, 最高速度 20MHz
80L58	32KB ROM, 256B RAM, 3 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 1 个 UART, 6 个中断源, 最高速度 20MHz
87L58	32KB EPROM, 256B RAM, 3 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 1 个 UART, 6 个中断源, 最高速度 20MHz
8XC51FX 系列产品	
80C51FA	无 ROM, 256B RAM, 3 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 1 个 UART, 1 个 PCA, 6 个中断源, 最高速度 16MHz
83C51FA	8KB ROM, 256B RAM, 3 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 1 个 UART, 1 个 PCA, 6 个中断源, 最高速度 16MHz
87C51FA	8KB EPROM, 256B RAM, 3 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 1 个 UART, 1 个 PCA, 6 个中断源, 最高速度 20MHz

(续)

8XC51FX 系列产品	
83C51FB	16KB ROM, 256B RAM, 3个16位定时器/计数器, I/O引脚32个, 1个UART, 1个PCA, 6个中断源, 最高速度20MHz
87C51FB	16KB EPROM, 256B RAM, 3个16位定时器/计数器, I/O引脚32个, 1个UART, 1个PCA, 6个中断源, 最高速度20MHz
83C51FC	32KB ROM, 256B RAM, 3个16位定时器/计数器, I/O引脚32个, 1个UART, 1个PCA, 6个中断源, 最高速度20MHz
87C51FC	32KB EPROM, 256B RAM, 3个16位定时器/计数器, I/O引脚32个, 1个UART, 1个PCA, 6个中断源, 最高速度20MHz
8XL51FX 系列产品	
80L51FA	无ROM, 256B RAM, 3个16位定时器/计数器, I/O引脚32个, 1个UART, 1个PCA, 6个中断源, WDT, 最高速度20MHz
87L51FA	8KB OTP, 256B RAM, 3个16位定时器/计数器, I/O引脚32个, 1个UART, 1个PCA, 6个中断源, WDT, 最高速度20MHz
83L51FB	16KB ROM, 256B RAM, 3个16位定时器/计数器, I/O引脚32个, 1个UART, 1个PCA, 6个中断源, WDT, 最高速度20MHz
87L51FB	16KB OTP, 256B RAM, 3个16位定时器/计数器, I/O引脚32个, 1个UART, 1个PCA, 6个中断源, WDT, 最高速度20MHz
83L51FC	32KB ROM, 256B RAM, 3个16位定时器/计数器, I/O引脚32个, 1个UART, 1个PCA, 6个中断源, WDT, 最高速度20MHz
87L51FC	32KB OTP, 256B RAM, 3个16位定时器/计数器, I/O引脚32个, 1个UART, 1个PCA, 6个中断源, WDT, 最高速度20MHz
8XC51GX 系列产品	
80C51GB	无ROM, 256B RAM, 3个16位定时器/计数器, I/O引脚48个, 2个PCA, 1个UART, 8通道A/D, WDT, 最高速度16MHz
83C51GB	8KB ROM, 256B RAM, 3个16位定时器/计数器, I/O引脚48个, 2个PCA, 1个UART, WDT, 8通道A/D, 最高速度16MHz
87C51GB	8KB EPROM, 256B RAM, 3个16位定时器/计数器, I/O引脚48个, 2个PCA, 1个UART, WDT, 8通道A/D, 最高速度16MHz
8XC152JX 系列产品	
80C152JA	无ROM, 256B RAM, 2个16位定时器/计数器, I/O引脚40个, 1个UART, 最高速度16.5MHz
80C152JB	无ROM, 256B RAM, 2个16位定时器/计数器, I/O引脚56个, 1个UART, 最高速度16.5MHz
83C152JB	8KB ROM, 256B RAM, 2个16位定时器/计数器, I/O引脚40个, 1个UART, 最高速度16.5MHz
8XC51SL 系列产品	
80C51SL - BG	无ROM, 256B RAM, 2个16位定时器/计数器, I/O引脚24个, 1个UART, 4通道A/D, 最高速度16MHz, 键盘控制

(续)

8XC51SL 系列产品	
81C51SL - BG	8KB <sup>①</sup> ROM, 256B RAM, 2 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 24 个, 1 个 UART, 4 通道 A/D, 最高速度 16MHz, 键盘控制
83C51SL - BG	8KB ROM, 256B RAM, 2 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 24 个, 1 个 UART, 4 通道 A/D, 最高速度 16MHz, 键盘控制
80C51SLAH	无 ROM, 256B RAM, 2 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 24 个, 1 个 UART, 4 通道 A/D, 最高速度 16MHz, 键盘控制
81C51SLAH	16KB <sup>①</sup> ROM, 256B RAM, 2 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 24 个, 1 个 UART, 4 通道 A/D, 最高速度 16MHz, 键盘控制
83C51SLAH	16KB ROM, 256B RAM, 2 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 24 个, 1 个 UART, 4 通道 A/D, 最高速度 16MHz, 键盘控制
87C51SLAH	16KB EPROM, 256B RAM, 2 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 24 个, 1 个 UART, 4 通道 A/D, 最高速度 16MHz, 键盘控制
80C51SLAL	无 ROM, 256B RAM, 2 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 24 个, 1 个 UART, 4 通道 A/D, 最高速度 16MHz, 键盘控制
81C51SLAL	16KB <sup>①</sup> ROM, 256B RAM, 2 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 24 个, 1 个 UART, 4 通道 A/D, 最高速度 16MHz, 键盘控制
83C51SLAL	16KB ROM, 256B RAM, 2 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 24 个, 1 个 UART, 4 通道 A/D, 最高速度 16MHz, 键盘控制
87C51SLAL	16KB ROM, 256B RAM, 2 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 24 个, 1 个 UART, 4 通道 A/D, 最高速度 16MHz, 键盘控制
8XC51RA/RB/RC 系列产品	
80C51RA	无 ROM, 512B RAM, 3 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 1 个 UART, 最高速度 24MHz, WDT
87C51RA	8KB ROM, 512B RAM, 3 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 1 个 UART, 最高速度 24MHz, WDT
87C51RB	16KB ROM, 512B RAM, 3 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 1 个 UART, 最高速度 24MHz, WDT
87C51RC	32KB ROM, 512B RAM, 3 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 1 个 UART, 最高速度 24MHz, WDT

① ROM——内含系统软件标准 BIOS; 8XL5X 和 8XC51SLAL——低电压器件。

1994 年, Intel 公司在 MCS-51 单片机的基础上, 推出了能执行 C 语言代码的 MCS-251 系列单片机, 其性能是 MCS-51 单片机的 5~15 倍, 指令与 MCS-51 兼容。MCS-251 系列单片机采用了先进的基于寄存器的 CPU 结构; 24 位地址线可寻址高达 16MB 的存储器; 为加速指令读取而设置的页面模式; 流水线指令执行单元; 包含 16 位算术指令和逻辑指令的增强型指令系统; 可扩展至 64KB 的堆栈空间; 两个时钟周期的最小指令执行时间 (MCS-51 为 12 个时钟周期), 是 MCS-51 用户系统理想的升级换代产品。表 1-2 列出了 MCS-251 产品

的基本性能和特点。

表 1-2 Intel 公司 MCS-251 系列单片机的主要特点

80C251SB	无 ROM, 1024B RAM, 3 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 1 个 UART, 1 个 PCA, WDT, 最高速度 16MHz
80C251SQ	无 ROM, 512B RAM, 3 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 1 个 UART, 1 个 PCA, WDT, 最高速度 16MHz
83C251SA	8KB ROM, 1024B RAM, 3 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 1 个 UART, 1 个 PCA, WDT, 最高速度 16MHz
83C251SB	16KB ROM, 1024B RAM, 3 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 1 个 UART, 1 个 PCA, WDT, 最高速度 16MHz
83C251SP	8KB ROM, 512B RAM, 3 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 1 个 UART, 1 个 PCA, WDT, 最高速度 16MHz
83C251SQ	16KB ROM, 512B RAM, 3 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 1 个 UART, 1 个 PCA, WDT, 最高速度 16MHz
87C251SA	8KB EPROM, 1024B RAM, 3 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 1 个 UART, 1 个 PCA, WDT, 最高速度 16MHz
87C251SB	16KB EPROM, 1024B RAM, 3 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 1 个 UART, 1 个 PCA, WDT, 最高速度 16MHz
87C251SP	8KB EPROM, 512B RAM, 3 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 1 个 UART, 1 个 PCA, WDT, 最高速度 16MHz
87C251SQ	16KB EPROM, 512B RAM, 3 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 1 个 UART, 1 个 PCA, WDT, 最高速度 16MHz
8xC251TB	16KB ROM (80C251TB 无 ROM), 1024B RAM, 3 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 2 个 UART, 1 个 PCA, WDT, 最高速度 24MHz
8xC251TQ	16KB ROM (80C251TQ 无 ROM), 512B RAM, 3 个 16 位定时器/计数器, I/O 引脚 32 个, 2 个 UART, 1 个 PCA, WDT, 最高速度 24MHz

## 2. Freescale 公司的 8 位单片机

Freescale 原是 Motorola 公司半导体事业部, 2004 年从 Motorola 分离而组建公司。Freescale 公司是世界上最大的单片机供应商, 其 8 位单片机的产量一直居世界第一位, 约占整个国际市场的 1/3 左右。Freescale 公司于 1979 年推出真正的单片机 M6801, 采用 NMOS 工艺, 内含 2.5 万只晶体管。1982 年, 该公司又研制成结构更为简单的 M6804 系列单片机, 采用内部串行结构和动态 RAM 技术。1983 年 Freescale 公司采用 HCMOS 技术再次推出 MC68HC05 系列单片机, 其速度要比 M6805 快 3~4 倍, I/O 功能更强, 功耗更低。1984 年推出了 MC68HC11 系列单片机, 采用 HCMOS 工艺制造, 具有灵活的 CPU、大量面向控制的外围接口以及更加复杂的 I/O 功能; 1999 年推出了性能更高的 MC68HC08 系列单片机。

根据 Freescale 公司 2006 年 3 季度发布的产品信息, Freescale 目前推广的 8 位单片机共以下 5 大系列, 80 个品种:

- 以 HCS08 CPU 为内核的通用单片机系列;
- 以 RS08 CPU 为内核的通用系列单片机;
- 以 HC08 CPU 为内核的通用系列单片机;
- 以 HCS08 CPU 为内核的专用系列单片机;
- 以 HC08 CPU 为内核的专用单片机系列。

为了使读者能对 Freescale 公司目前推广的 8 位单片机有一个初步了解, 现把以 HCS08 CPU、RS08 CPU、HC08 CPU 为内核的部分通用系列单片机列于表 1-3。更多更详细的内容请参阅 [www.freescale.com](http://www.freescale.com)。

HC08 CPU 是 Freescale 公司为嵌入式系统设计的高性能 CPU, 供电电压为 5V 时总线速度可达 8 MHz, 指令简洁高效, 包括乘法和除法指令, 最小指令周期 125ns, 指令系统和 MC68HC05 兼容, 易学易用, 优化的 C 语言可得到紧凑代码。16 种灵活的寻址方式, 堆栈指针 16 位; 完全静态、低电压、低功耗设计, 具有待机和停机两种节电模式。时钟可选晶振、陶瓷、RC 网络或外部时钟, 确保系统时钟定时精度与成本间的优化。

HCS08 是高性能、低功耗的 CPU, 内部总线时钟频率可达 20MHz, 指令系统和 HC08 兼容, 单线后台调试接口, 支持 32 个复位/中断源, 实时仿真调试。具有计算机正常工作监视器 (COP)、低电压复位、非法地址复位、非法代码复位等安全措施。高精度的内部晶振发生器, 消除了外部振荡器的干扰。

RS08 内核是非常受欢迎的 S08 中央处理器 (CPU) 的简化版。它被精心打造成效率更高、成本更低并适合小容量内存的微控制器。RS08 去除了超低端应用不必要的功能, 另一方面对其余的运算进行了增强, 从而使最大可寻址空间仅为 16KB 的超小型控制器的使用效率得以大大提高。RS08 内核比 S08 小 30%, 并进行了优化, 可以在超小型封装中实现低成本、省空间的应用, 并且电路连线较少, 因而能提高电路板的可靠性。

表 1-3 中, IC (Input Capture) 为输入捕捉, OC (Output Compare) 为输出比较, I/O (Bidirectional Input and Output Port Pins) 为双向输入输出端口引脚, SPI (Serial Peripheral Interface) 为串行外围接口, SCI (Serial Communication Interface) 为串行通信接口。

### 1.3.2 Intel 和 Freescale 的 16 位单片机

#### 1. Intel 公司的 16 位单片机

Intel 公司的 16 位单片机主要有 MCS-96 系列和 MCS-296 系列, 是最流行的 16 位嵌入式系列单片机之一。

与 MCS-51 单片机不同, 8xC196 系列单片机没有采用常规的累加器结构, 其操作直接面向多字节寄存器空间 (由至少 232 字节的寄存器阵列和 24 字节的专用寄存器构成)。寄存器-寄存器结构消除了通常的累加器瓶颈效应, 可实现快速的上下文切换; 加速了数据交换和更改的能力, 提高了 CPU 的吞吐能力, 也加速了输入输出过程。这些特点使 8xC196 系列单片机非常适合于复杂的实时控制应用, 如磁盘控制、调制解调器、打印机、模式识别和电机控制。所有器件均有位、字节、字和 32 位操作。8xC196 的总线控制器包含可编程等待状态发生器, 总线宽度可动态选择为 8 位、16 位。为多处理器系统设置了 HOLD/HLDA 协议。8xC196NP/NU 还包含动态可选择的多路复用/非多路复用总线和—个芯片选择单元。三操作

表 1-3 Freescale 公司的 8 位通用单片机的主要特点

HCS08 和 RS08 系列单片机	
MC9S08AW16	16KB Flash, 1KB RAM, 2-CH + 6-CH 16 位定时器/IC/OC 或 PWM, I/O 引脚最高可达 50 个, SPI, 2 SCI, I <sup>2</sup> C, 16 通道 10 位 ADC, 工作电压 3V 或 5V, 总线最高频率 20MHz
MC9S08AW32	32KB Flash, 2KB RAM, 2-CH + 6-CH 16 位定时器/IC/OC 或 PWM, I/O 引脚最高可达 50 个, SPI, 2 SCI, I <sup>2</sup> C, 16 通道 10 位 ADC, 工作电压 3V 或 5V, 总线最高频率 20MHz
MC9S08AW60	60 Flash, 2KB RAM, 2-CH + 6-CH 16 位定时器/IC/OC 或 PWM, I/O 引脚最高可达 50 个, SPI, 2 ESCI, I <sup>2</sup> C, 16 通道 10 位 ADC, 工作电压 3V 或 5V, 总线最高频率 20MHz
MC9S08GB32A	32KB Flash, 2KB RAM, 3-CH + 5-CH 16 位定时器/IC/OC 或 PWM, I/O 引脚最高可达 56 个, SPI, 2 SCI, I <sup>2</sup> C, 8 通道 10 位 ADC, 工作电压 1.8~3.6V, 总线最高频率 20MHz
MC9S08GT32A	32KB Flash, 2KB RAM, 2-CH + 2-CH 16 位定时器/IC/OC 或 PWM, I/O 引脚最高可达 39 个, SPI, 2 SCI, I <sup>2</sup> C, 8 通道 10 位 ADC, 工作电压 1.8~3.6V, 总线最高频率 20MHz
MC9S08GB60A	60KB Flash, 4KB RAM, 3-CH + 5-CH 16 位定时器/IC/OC 或 PWM, I/O 引脚最高可达 56 个, SPI, 2 SCI, I <sup>2</sup> C, 8 通道 10 位 ADC, 工作电压 1.8~3.6V, 总线最高频率 20MHz
MC9S08GT60A	60KB Flash, 4KB RAM, 2-CH + 2-CH 16 位定时器/IC/OC 或 PWM, I/O 引脚最高 39 个, SPI, 2 SCI, I <sup>2</sup> C, 8 通道 10 位 ADC, 工作电压 1.8~3.6V, 总线最高频率 20MHz
MC9S08GT16	16KB Flash, 1KB RAM, 2-CH + 2-CH 16 位定时器/IC/OC 或 PWM, I/O 引脚最高 36 个, SPI, 2 SCI, I <sup>2</sup> C, 8 通道 10 位 ADC, 工作电压 1.8~3.6V, 总线最高频率 20MHz
MC9S08QG4	4KB Flash, 256B RAM, 2-CH 16 位定时器/IC/OC 或 PWM, I/O 引脚最高 12 个, SPI, SCI, I <sup>2</sup> C, 8 通道 10 位 ADC, 工作电压 1.8~3.6V, 总线最高频率 10MHz
MC9S08QG8	8KB Flash, 512B RAM, 2-CH 16 位定时器/IC/OC 或 PWM + MTIM, I/O 引脚最高 12 个, SPI, SCI, I <sup>2</sup> C, 8 通道 10 位 ADC, 工作电压 1.8~3.6V, 总线最高频率 10MHz
MC9RS08KA1	1KB Flash, 63B RAM, MTIM, ACMP, 封装 6pin DFN、8pin DIP、8pin SOIC
MC9RS08KA2	2KB Flash, 63B RAM, MTIM, ACMP, 封装 6pin DFN、8pin DIP、8pin SOIC
HC08 系列单片机	
MC908AB32	32KB Flash, 1KB RAM, 4-CH + 4-CH 16 位定时器, SCI, SPI, 8 通道 8 位 ADC
MC68HC908AP16	16KB Flash, 1KB RAM, 2-CH + 2-CH 16 位定时器/IC/OC 或 PWM, I/O 引脚最高可达 32 个, SPI, 2 SCI, I <sup>2</sup> C, 8 通道 10 位 ADC, 工作电压 3V 或 5V, 总线最高频率 8MHz
MC68HC908AP32	32KB Flash, 2KB RAM, 2-CH + 2-CH 16 位定时器/IC/OC 或 PWM, I/O 引脚最高可达 32 个, SPI, 2 SCI, I <sup>2</sup> C, 8 通道 10 位 ADC, 工作电压 3V 或 5V, 总线最高频率 8MHz
MC68HC908AP64	64KB Flash, 2KB RAM, 2-CH + 2-CH 16 位定时器/IC/OC 或 PWM, I/O 引脚最高可达 32 个, SPI, 2 SCI, I <sup>2</sup> C, 8 通道 10 位 ADC, 工作电压 3V 或 5V, 总线最高频率 8MHz
MC908CP32	32KB Flash, 512B RAM, 2-CH + 2-CH 16 位定时器, SPI, SCI, 8 通道 8 位 ADC
MC68HC908GR4	4KB Flash, 384B RAM, 2-CH + 1-CH 16 位定时器/IC/OC 或 PWM, I/O 引脚 21 个, SPI, SCI, 6 通道 8 位 ADC, 工作电压 3V 或 5V, 总线最高频率 8MHz
MC68HC908GR8	7.5KB Flash, 384RAM, 2-CH + 1-CH 16 位定时器/IC/OC 或 PWM, I/O 引脚 21 个, SPI, SCI, 6 通道 8 位 ADC, 工作电压 3V 或 5V, 总线最高频率 8MHz

HC08 系列单片机	
MC68HC908GR16	16KB Flash, 1KB RAM, 2-CH + 2-CH 16 位定时器/IC/OC 或 PWM, I/O 引脚最高 37 个, SPI, ESCI, 6 通道 10 位 ADC, 工作电压 3V 或 5V, 总线最高频率 8MHz
MC68HC908GR16A	16KB Flash, 1KB RAM, 2-CH + 2-CH 16 位定时器/IC/OC 或 PWM, I/O 引脚最高 37 个, SPI, ESCI, 8 通道 10 位 ADC, 工作电压 3V 或 5V, 总线最高频率 8MHz
MC68HC908GR32A	32KB Flash, 1.5KB RAM, 2-CH 6 位定时器/IC/OC 或 PWM, I/O 引脚最高 50 个, SPI, ESCI, 24 通道 10 位 ADC, 工作电压 3V 或 5V, 总线最高频率 8MHz
MC68HC908GR48A	48KB Flash, 1.5KB RAM, 2-CH 6 位定时器/IC/OC 或 PWM, I/O 引脚最高 50 个, SPI, ESCI, 24 通道 10 位 ADC, 工作电压 3V 或 5V, 总线最高频率 8MHz
MC68HC908GR60A	60KB Flash, 2KB RAM, 2-CH 6 位定时器/IC/OC 或 PWM, I/O 引脚最高 50 个, SPI, ESCI, 24 通道 10 位 ADC, 工作电压 3V 或 5V, 总线最高频率 8MHz
MC68HC908CT8	8KB Flash, 512B RAM, 2-CH + 2-CH 16 位定时器/IC/OC 或 PWM, I/O 引脚 36 个, SPI, SCI, 8 通道 8 位 ADC, 工作电压 3V 或 5V, 总线最高频率 8MHz
MC68HC908GT16	16KB Flash, 512B RAM, 2-CH + 2-CH 16 位定时器/IC/OC 或 PWM, I/O 引脚 36 个, SPI, SCI, 8 通道 8 位 ADC, 工作电压 3V 或 5V, 总线最高频率 8MHz
MC68HC908JK1E	1.5KB Flash, 128B RAM, 2-CH 16 位定时器/IC/OC 或 PWM, I/O 引脚 15 个, 12 通道 8 位 ADC, 工作电压 3V 或 5V, 总线最高频率 8MHz
MC68HC908JK3E	4KB Flash, 128B RAM, 2-CH 16 位定时器/IC/OC 或 PWM, I/O 引脚 15 个, 12 通道 8 位 ADC, 工作电压 3V 或 5V, 总线最高频率 8MHz
MC68HC908JK8	8KB Flash, 256B RAM, 2-CH + 2-CH 16 位定时器/IC/OC 或 PWM, I/O 引脚 15 个, 13 通道 8 位 ADC, 工作电压 3V 或 5V, 总线最高频率 8MHz
MC68HC908JL3E	4KB Flash, 128B RAM, 2-CH 16 位定时器/IC/OC 或 PWM, I/O 引脚最高 23 个, SCI, 12 通道 8 位 ADC, 工作电压 3V 或 5V, 总线最高频率 8MHz
MC908QB4	4KB Flash, 256B RAM, 4-CH 16 位定时器/IC/OC 或 PWM, I/O 引脚最高 13 个, ESCI, SPI10 通道 10 位 ADC, 工作电压 3V 或 5V, 总线最高频率 8MHz, 引脚数 16
MC908QB8	8KB Flash, 256B RAM, 4-CH 16 位定时器/IC/OC 或 PWM, I/O 引脚最高 13 个, ESCI, SPI10 通道 10 位 ADC, 工作电压 3V 或 5V, 总线最高频率 8MHz, 引脚数 16
MC908QT1A	1.5KB Flash, 128B RAM, 2-CH 16 位定时器/IC/OC 或 PWM, I/O 引脚最高 6 个, 工作电压 3V 或 5V, 总线最高频率 8MHz, 引脚数 8
MC908QT2A	2KB Flash, 128B RAM, 2-CH 16 位定时器/IC/OC 或 PWM, I/O 引脚最高 6 个, 6 通道 10 位 ADC, 工作电压 3V 或 5V, 总线最高频率 8MHz, 引脚数 8
MC908QT4A	4KB Flash, 128B RAM, 2-CH 16 位定时器/IC/OC 或 PWM, I/O 引脚最高 6 个, 6 通道 10 位 ADC, 工作电压 3V 或 5V, 总线最高频率 8MHz, 引脚数 8
MC908QY1A	1.5KB Flash, 128B RAM, 2-CH 16 位定时器/IC/OC 或 PWM, I/O 引脚最高 13 个, 工作电压 3V 或 5V, 总线最高频率 8MHz, 引脚数 16
MC908QY2A	2KB Flash, 128B RAM, 2-CH 16 位定时器/IC/OC 或 PWM, I/O 引脚最高 13 个, 6 通道 10 位 ADC, 工作电压 3V 或 5V, 总线最高频率 8MHz, 引脚数 16
MC908QY4A	4KB Flash, 128B RAM, 2CH 16 位定时器/IC/OC 或 PWM, I/O 引脚最高 13 个, 6 通道 10 位 ADC, 工作电压 3V 或 5V, 总线最高频率 8MHz, 引脚数 16



数指令大大提高了指令效率。时钟频率可达 50MHz。

MCS-96 单片机有多个系列产品：EPA（Event Processor Array）系列，HSIO（High Speed Input/Output）系列，电机控制系列，CAN 控制系列。表 1-4 给出了 MCS-96 和 MCS-296 单片机的主要特点和性能。

表 1-4 Intel 公司 16 单片机的主要特点

MCS-96 EPA 系列单片机	
8xC196NT	1000B 寄存器 RAM, 512B RAM, 32KB OTPROM (仅 87C196NT, 80C196NT 无 ROM), 可寻址 1MB 空间, 总线宽度可动态配置为 8 位或 16 位, 增强型总线控制器, HOLD#, HLDA# 总线控制协议, 10 通道事件处理器阵列, 2 个 16 位定时器/计数器, 带独立波特率发生器的全双工串口, 全双工同步串口, 16 位 WDT, 带 S/H 的 4 通道 10 位 A/D 转换器, 空闲和节电模式, 外设事件服务器 PTS, 最高工作频率 20MHz, 工作电压 5V
8xC196NP	1000B 寄存器 RAM, 4KB 内部 ROM (仅 83C196NP, 80C196NP 无 ROM), 可寻址 1MB 空间, 总线宽度可配置为 8 位或 16 位, 增强型总线控制器, 动态多路复用/非多路复用总线, 4 通道事件处理器阵列, 2 个 16 位定时器/计数器, 带独立波特率发生器的全双工串口, 空闲和节电模式, 外设事件服务器 PTS, 3 路 PWM 输出, 最高工作频率 25MHz, 工作电压 5V
8xL196NP	1000B 寄存器 RAM, 4KB 内部 ROM (仅 83L196NP, 80L196NP 无 ROM), 可寻址 1MB 空间, 总线宽度可配置为 8 位或 16 位, 增强型总线控制器, 动态多路复用/非多路复用总线, 4 通道事件处理器阵列, 2 个 16 位定时器/计数器, 带独立波特率发生器的全双工串口, 空闲和节电模式, 外设事件服务器 PTS, 3 路 PWM 输出, 最高工作频率 14MHz, 工作电压 2.7~3.3V
80C196NU	1000B 的寄存器 RAM, 48KB 内部 OTPROM (仅 83C196NU, 80C196NU 无 ROM), 可寻址 1MB 空间, 总线宽度可配置为 8 位或 16 位, 增强型总线控制器, 动态多路复用/非多路复用总线, HOLD#, HLDA# 总线控制协议, 4 通道事件处理器阵列, 2 个 16 位定时器/计数器, 带独立波特率发生器的全双工串口, 空闲和节电模式, 外设事件服务器 PTS, 3 路 PWM 输出, 32 位累加器。供电电压 5V 时可运行于 50MHz 或 40MHz
80C196EA	时钟频率 40 MHz, 寻址空间 2Mbit, 1KB 寄存器 RAM, 3KB 内部 RAM, 2 个全双工串口, 16 位 WDT, 16 通道 10 位 A/D, 动态多路复用/非多路复用总线, 总线可配置为 8 位或 16 位, EPA, 4 个 16 位定时器/计数器, 17 通道高速捕获/比较, 8 通道 8 位 PWM, PTS
MCS-96 HSIO 系列单片机	
8xC196KB	8KB ROM 或 OTPROM (80C196KB 无 ROM), 232B 的寄存器 RAM, HSIO 有 4 个输入和 6 个输出, 其时基为内部任一定时器/计数器, 硬件 PWM, 全双工串行口, WDT, 8 通道 10 位分辨率的 A/D 转换器, 48 个与其他外设共用的 I/O 引脚, 总线宽度可动态配置为 8 位或 16 位, HOLD#, HLDA# 总线控制协议
8xC196KC	16KB ROM 或 OTPROM (80C196KC 无 ROM), 488B 的寄存器 RAM, 时钟频率 20MHz。除具有 8xC196KB 全部的外设之外, 又增加以下功能部件: 3 路硬件 PWM 发生器, 可编程采样和转换时间、8 位或 10 位转换模式的 A/D 转换器, 外设事件服务器 (PTS)
8xC196KD	具有 8xC196KC 的全部功能, 32KB ROM 或 OTPROM, 1000B 的寄存器 RAM, 时钟频率 20 MHz