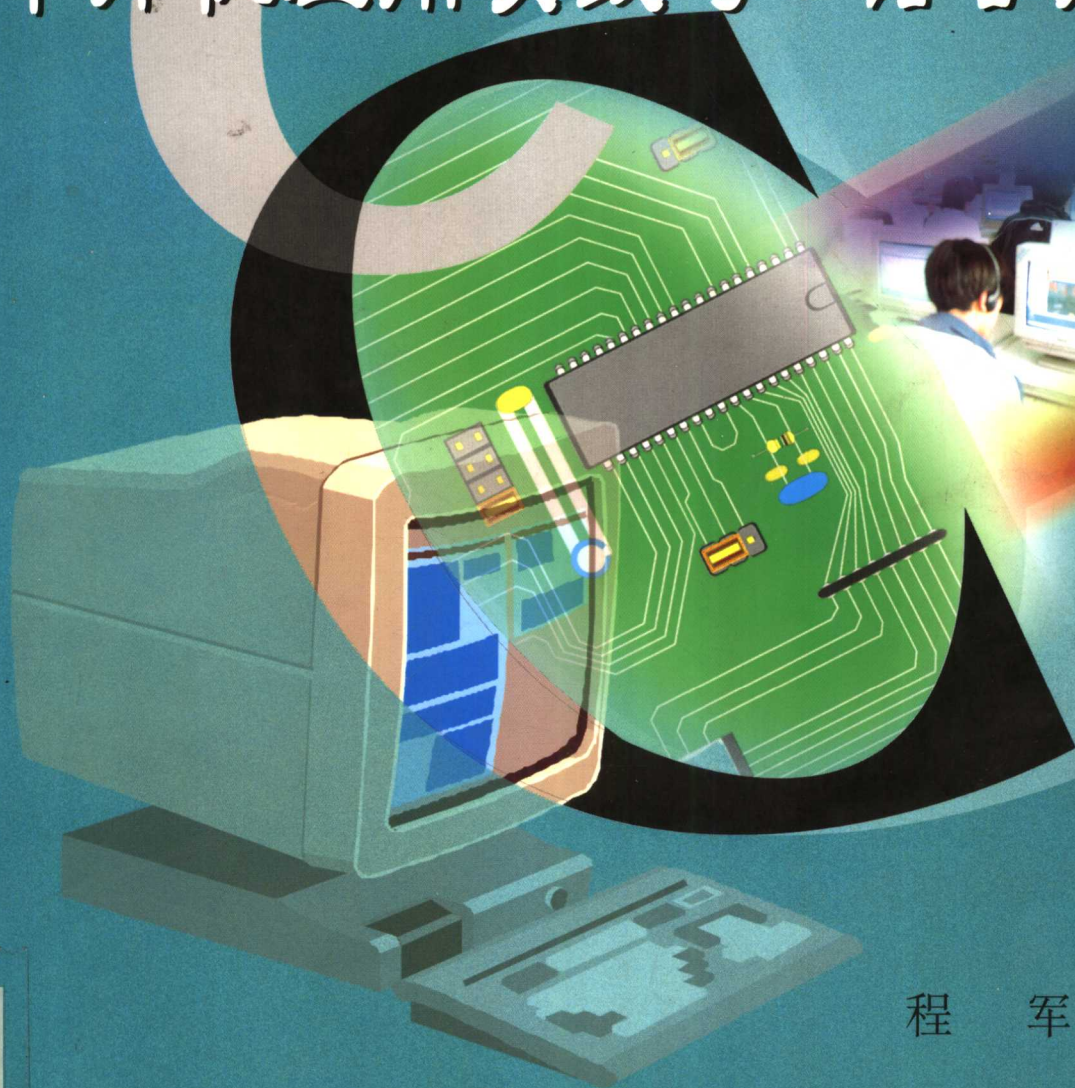




Intel 80C196

单片机应用实践与C语言开发



程 军 编著

北京航空航天大学出版社

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

Intel 80C196

单片机应用实践与 C 语言开发

程 军 编著

北京航空航天大学出版社

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

内 容 摘 要

16 位单片机特别适用于复杂实时控制系统,如车辆上的应用、数据采集、工业控制、信号处理等。本书主要介绍了目前 Intel 16 位微控制器型单片机的高级产品 80C196Kx、87C196CA 系列产品的结构原理、外设配置及初始化编程方法,采用的编程语言为 C 语言。大部分实例程序为作者应用及调试通过。书中介绍了对这两类单片机的开发方法,给出了作者研制这种开发机编制的源程序,便于读者参考;还介绍了 C 语言编程、编译、连接原理及生成文件系统,便于理解单片机 C 语言编程的特点;同时介绍了用于单片机的实时操作系统和 Internet 应用。有关 C 语言编程和仿真器部分也适于早期的 196 系列产品,如 8098、8096BH、80C196KB/KC/KD。

本书可作为广大单片机软件编程和系统设计人员,特别是那些有兴趣试图尝试建立自己开发系统的爱好者的实用参考资料,也可作为大专院校有关专业本科生和研究生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

Intel 80C196 单片机应用实践与 C 语言开发/程军
编著. —北京:北京航空航天大学出版社,2000.11
ISBN 7-81012-988-0

I . I . . . II . 程 . . . III . ①单片微型计算机②C 语言—
程序设计 IV . TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 36795 号

Intel 80C196 单片机应用实践与 C 语言开发

程 军 编 著

责任编辑 王 建 新

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市学院路 37 号(100083) 发行部电话(010) 82317024

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

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

河北省涿州市新华印刷厂印制 各地书店经销

*

开本:787×1092 1/16 印张:20 字数:512 千字

2000 年 11 月第 1 版 2000 年 11 月第 1 次印刷 印数:4000 册

ISBN 7-81012-988-0/TP·402 定价:32.00 元

前 言

Intel 公司的微控制器 80C196 已经发展了四代。最初 80 年代发展了 8098/8096 16 位单片机,其中 8098 芯片在我国应用极广;第二代则是以 80C196KB 为代表的 16 位单片机;第三代则是以 80C196KC 为代表的 16 位单片机,它扩展了外设功能,运算性能较第一、二代有所提高;第四代则是以 80C196KR 为代表的 16 位单片机,它外设功能大大丰富。这一系列的不同类型可以运用于不同的目的,例如:MC 系列由于有波形发生器而适于电机控制,CA 系列由于有 CAN 总线而特别适用于车辆上的控制;特别是第四代 80C196 单片机,由于外设接口的增加使控制功能大大丰富,为实现高级复杂系统提供了条件。然而就 Intel 的 16 位机而言,国内目前的应用大多集中在 Intel 80C196KB/KC 第二、三代单片机上,Intel 第四代单片机还少有应用。一方面是由于国内还缺少这方面的开发系统,同时这类开发机大多依赖于进口;另一方面,这类单片机编程的难度要稍大些,缺少应用实例参考,因此使许多用户望而却步,使这类单片机的潜能未能真正发挥出来。

近几年国外 16 位单片机使用量逐年增加,特别是许多 16 位单片机开始嵌入 DSP 技术,如 Intel 80296SA 就是在 196 系列基础上发展而来的,它大大提高了单片机的运算速度,同时它的代码与 196 系列兼容,这大大扩展了 16 位单片机的应用领域与范围。在我国前些年有一大批应用 Intel 8098 单片机的用户,这些用户已熟悉和掌握 8098 单片机系统知识,但这一单片机是比较老的机型,并且 Intel 公司已基本不生产,所以在用户掌握 8098 单片机应用及知识的基础上过渡到与这一系统相兼容并且更先进的单片机,应是广大用户所期望的。本书的目的就是介绍这类可以继承原有的 8098 系统,并且具有扩展更高档单片机潜能的、目前是应用主流的 16 位单片机。采用主流单片机的优点是便于开发产品的系列化,例如 8XC196Kx 是一种基本的结构,大部分 196 系列的单片机都与它的结构相同,但它们之间的配置丰富多彩,用户可以有很多选择的余地与空间,而且最重要的是它们之间的代码兼容性好,只要作很少的改动就可以配置到产品系列中去。

笔者先后使用过单片机的 8051 系统、8096 系统、80C196KC 以及 87C196CA。开始编程主要以汇编语言为主,后来又转向 Intel 的 PL/M 语言。近两年主要使用 C 语言编程。笔者的应用对象主要是车辆上的电子控制系统,如防抱死控制系统、防滑控制系统、自动变速控制系统等。这类系统大多要求比较高的 CPU 性能和丰富的外设接口,用 8 位单片机很难胜任,而用 PC 微机或 32 位微机又有些不

便,成本太高,不利于发展成为最终实用的产品。16 位单片机恰好满足了这一档次的应用要求。通过几年的开发实践,笔者更愿意使用第四代单片机,即以 80C196KR 为代表的单片机,由于它们丰富的外设接口功能,可以实现比较复杂的功能。同时笔者更愿意使用 C 语言来编程,因为它的可读性好,程序维护容易,而且便于在不同的 CPU 之间移植。使用 C 语言已是单片机发展方向,因为单片机 CPU 发展很快,计算速度对大多数应用问题已不再构成困难。

笔者在开发产品的过程中,开始阶段曾使用过不同厂家生产的仿真器,虽然它们之间的性能有些差别,但无论怎样好的单片机开发机都需要用户花许多时间去熟悉,特别是软件中的一些“bug”会使用户浪费很多时间和精力去查找。而有些应用问题,用户需要介入开发仿真系统时,则很难实现这种愿望。因为绝大多数仿真器都是自我封闭的,用户无法得到它的控制权,所以研制自己的开发机也是解决问题的方法之一。

笔者编写本书的目的是介绍第四代单片机的功能。由于目前已有一些有关 16 位单片机书籍,本书不再作过多的介绍。本书主要通过对功能的简洁介绍,用编程实例加以实现,并且这些程序大多数是笔者在应用过程中调试通过的,这些程序都是用 C 语言来实现的,采用 Intel 的 ApBUILDER 软件和 Tasking 公司 C 编译器、连接器。本书介绍了自行开发的 80C196 仿真器。这种开发机对用户是开放的,这是一个很重要的优点,这样就可以很容易地集成到用户的应用系统中。本书主要用 Visual Basic 编制了开发程序,给出了开发系统的源程序,以使用户能实现开发机的自我设计。

笔者尝试建立了仿真器软硬件和一种简单的 C 编译器和连接器。之所以这样做,因为笔者在应用单片机的经历中常常要花费大量的时间去熟悉别人的这类软硬件,有些错误总是搞不明白,但源程序又是封闭的,所以自己尝试来开发这类软件。这在过去是比较困难的,但现在由于计算机软件的飞速发展,做起来也有了这种可能。例如 VB、VC 语言中提供了大量的函数、方法、动态库控件,过去需大段代码做的事情现在可以用几个很简单的函数方法实现。通过这样做也可以研究同类产品优、缺点,并且可以发展一种灵活的系统,因为硬件的发展很快,若总是被动地接受专业公司的软件,需要不断地去熟悉。当然,如果什么都自己去,在条件不具备的情况下会花费很多的时间,也会得不偿失。总之计算机软硬件的发展,使用高级软件来开发比较小型的单片机软件会变得越来越容易,这也是作这种尝试的原因。

本书共分为五章和一个附录。第一章论述 80C196 的基本结构,第二章为用 C 语言编程实践,第三章介绍相关的 C 语言编译和连接方法,第四章介绍开发系统研制方法,第五章介绍单片机的最新发展。附录给出单片机的有关技术资料。

虽然本书是以 Intel 的第四代 C196 单片机结构进行介绍的,但有关 C 语言编

程方法仍然适用于 Intel 的早期 16 位单片机,如 8098 以及 80C196KB/KC/KD。对这些早期的单片机编程,只要使用不同的头文件及库文件就可以用 Intel 或 Tasking 的编译器进行编程,这样用户可以将早期用汇编编制的程序变为 C 语言程序。第三章与第四章有关编程和仿真器的开发适用于整个 C196/296 系列单片机。本书所介绍的仿真开发原理对于其他类型的单片机,如 8051、TMS320C240,也具有一定的参考价值,特别是在编译器设计方面和目标文件的处理方面作者都进行了尝试。这对于深入掌握单片机开发和仿真器技术都具有参考价值。第五章有关单片机的实时操作系统和 Internet 应用是反映单片机的最新进展。作者在介绍国内外最新进展的基础上也进行了初步的尝试,给出了相应的程序代码,相信能对读者有所参考。

能够写成此书,笔者十分感谢自己的同事多年来给予大力支持与帮助,特别是崔继波、郭庆波、苟凯英、徐光辉、高跃奎、高发廷、李文奎同志,在 Intel 87C196CA 单片机的车辆防抱死制动控制系统(ABS)控制器硬件、单片机的开发系统的研制等方面作了大量有效的工作,同时在一起经常研讨有关的技术问题,为笔者的编程和开发实践提供了强有力的支持与帮助,受益非常,在此深表谢意。本书的第 4.2 节由郭庆波同志完成,同时与笔者一起编制了其中的一些仿真器程序;苟凯英同志对全书进行了大量的文字加工及编辑工作,也编制了一些程序,在此表示衷心的感谢。

在本书的编写过程中,北京航空航天大学何立民教授对书稿提出了许多很好的建议,在此表示感谢。另外,本书写作过程中参考许多文章可能未能一一在参考文献中列出,在此表示歉意。笔者采用了一些单片机有关网站,如国内的中国单片机公共实验室的参考资料,在此表示感谢。

由于水平所限书中难免有缺点与错误,恳请读者批评指正。

作 者*

2000 年 4 月

* 程军通讯地址:山东省济南市英雄山路 165 号(250002)

电 话:0531-2746170

E-mail: ford @ public.jn.sd.cn

目 录

第一章 80C196 单片机系统概况

1.1 80C196 单片机系列简介	1
1.1.1 HSIO 系列	2
1.1.2 EPA 系列	3
1.1.3 电机控制系列	5
1.1.4 小 结	5
1.2 8XC196Kx 单片机基本结构及硬件外设	8
1.2.1 CPU 框架	8
1.2.2 内部定时器	10
1.2.3 内部外设	10
1.3 8XC196Kx 单片机存储器空间结构	13
1.3.1 存储器的地址分配	13
1.3.2 窗 口	20
1.4 8XC196Kx 单片机寻址方式	23
1.4.1 数据类型	23
1.4.2 寻址方式	25
1.4.3 软件标准和惯例	26

第二章 外设端口的原理与编程

2.1 输入输出端口	28
2.1.1 输入输出功能概述	28
2.1.2 独立输入口 P0	28
2.1.3 双向口 P1、P2、P5 和 P6	29
2.1.4 双向口 P3、P4	32
2.1.5 输入输出的编程方法	33
2.1.6 输入输出的编程实例	34
2.2 标准中断及 PTS 中断	37
2.2.1 中断系统概述	37
2.2.2 中断信号和寄存器	38
2.2.3 中断源和中断请求	39
2.2.4 标准中断编程	41
2.2.5 PTS 控制块中断的初始化	44
2.2.6 编程实例	45
2.3 异步串行通讯	51
2.3.1 功能概述	51

2.3.2 串行口工作方式	51
2.3.3 串行口编程	53
2.3.4 编程实例	55
2.4 同步串行通讯	62
2.4.1 系统概述	62
2.4.2 SSIO 握手协议	63
2.4.3 SSIO 口编程	64
2.4.4 编程实例	66
2.5 从口	71
2.5.1 功能概述	71
2.5.2 从口的硬件配置	72
2.5.3 从口工作方式及配置	73
2.5.4 从口的编程方法	75
2.6 事件处理器阵列	77
2.6.1 系统概述	77
2.6.2 定时器/计数器功能	78
2.6.3 EPA 通道功能	79
2.6.4 EPA 和定时器/计数器编程	80
2.6.5 编程实例	87
2.7 A/D 转换	96
2.7.1 功能概述	96
2.7.2 A/D 变换的编程	97
2.7.3 编程实例	100
2.8 CAN 串行通讯控制器	107
2.8.1 功能概述	107
2.8.2 CAN 控制器工作原理	107
2.8.3 位定时器	110
2.8.4 CAN 控制器的配置	112
2.8.5 CAN 总线编程实例	119
2.9 芯片控制字功能及有关外设	121
2.9.1 总线宽度控制	121
2.9.2 等待状态	123
2.9.3 芯片配置字的编程	125
2.9.4 单片机系统的复位	125
2.9.5 单片机耗电方式定义	126
2.9.6 单片机系统的编程与加密	128

第三章 80C196 C 编译器

3.1 单片机 C 语言简介	130
3.1.1 单片机 C 语言概述	130

3.1.2 单片机 C 语言语法简介	133
3.1.3 单片机 C 语言的关键字	138
3.1.4 嵌入汇编程序	139
3.2 单片机 C 语言编译器	140
3.2.1 系统概述	140
3.2.2 C 语言编译器	141
3.2.3 编译程序控制指令	144
3.2.4 编译文件输出	148
3.2.5 目标文件格式	153
3.2.6 目标文件实例	159
3.3 单片机 C 语言连接器	161
3.3.1 连接器工作过程	161
3.3.2 连接生成的绝对地址目标文件	170
3.3.3 C196 库文件	174
3.3.4 C196 头文件	177
3.3.5 主程序定义	180
3.3.6 寄存器文件	181
3.3.7 对窗口的支持	183
3.3.8 OH196 转换器	184
3.3.9 C196 库程序	184
3.4 Intel ApBUILDER C 语言可视化软件	185
3.4.1 软件外貌	185
3.4.2 外设端口描述	189
第四章 单片机开发系统	
4.1 开发系统总体结构	191
4.1.1 开发工具平台	192
4.1.2 开发系统软件实现方案	192
4.1.3 开发系统硬件实现方案	193
4.2 开发系统硬件设计	195
4.2.1 简单开发系统	195
4.2.2 带双口 RAM 的 PC 插卡式开发系统	196
4.2.3 采用 PC 并行口的开发系统	202
4.3 开发系统软件实现	207
4.3.1 集成开发环境的建立	207
4.3.2 开发环境的功能	209
4.3.3 编辑系统程序代码的实现	210
4.3.4 程序运行的实现	212
4.3.5 单片机与 PC 微机的数据处理与交换	222
4.3.6 单片机仿真器的应用	226

4.4 开发机编译器的设计	228
4.4.1 C 编译器的设计	229
4.4.2 汇编代码生成	239
4.4.3 汇编语言生成机器代码	242
4.4.4 连接器的设计	254
4.5 目标文件的处理	255
4.5.1 目标文件的读取	255
4.5.2 记录的建立	264
第五章 单片机系统的最新发展	
5.1 单片机的实时多任务系统	268
5.1.1 实时操作系统简介	268
5.1.2 实时多任务操作系统的原理	270
5.1.3 实时多任务操作系统的实现实例	272
5.2 单片机的 Internet 网络	277
5.2.1 单片机的 Internet 通讯的实现原理	277
5.2.2 用 Visual Basic 实现 Web 服务	282
5.2.3 单片机 Internet 实现实例	286
附 录	
附录 A 80C196 汇编指令一览表	298
附录 B 87C196CA 和 8XC196Kx 信号分类和引脚图	299
附录 C 87C196CA 和 8XC196Kx 引脚说明	301
附录 D 有关 Intel 196 系列单片机技术的 Internet 网上资源	306
参考文献	

第一章 80C196 单片机系统概况

本章主要介绍 196 系列单片机的基本内部结构。196 系列是一个比较庞大的 16 位单片机,包括了许多种类,各种型号、性能、规格差别都是比较大的,所以这一章概述了整个 196 系列,给出了一个最新的产品一览表;对 8XC196Kx 基本结构进行了介绍,包括内部 CPU 结构和外设端口的工作原理与基本特性、存储器结构和地址分配、存储器的寻址方式和编程常规,这些知识都是编程和设计应用系统所必需的。还有一些相关的单片机技术资料,如引脚定义及功能、引脚外貌,都放在附录中供读者参考。

1.1 80C196 单片机系列简介

MCS96 16 位单片机是一种在工业界应用广泛的嵌入式控制器,由于它的高性能的寄存器—寄存器结构,可以很好地运用于实时控制应用,如工业自动化控制,车辆控制,电机控制等。8XC196 系列有一个共同的内核,即 CPU 是通用寄存器—寄存器结构。CPU 操作直接面向内存所有数据寄存器,消除了某些单片机只用累加器作运算的瓶颈效应,因而运算速度和数据吞吐能力大大提高。8XC196 总线控制器可以用程序控制等待时间,这样 CPU 可和其他外设方便联接,总线宽度也可以控制为 8 位或 16 位。单片机的 HOLD/HOLDA 协议可以用于多微控制器系统。MCS96 单片机系列主要有 3 种:主流产品是 EPA I/O 端口系列,这种类型有丰富的外设接口,灵活的输入/输出系统和事件处理器阵列(EPA);HSIO 系列由带有高速输入/输出口的系统构成;电机控制系列主要应用于电机控制应用系统,这一系列也用 EPA 作为 I/O 控制。MCS-96 单片机的主要特点见表 1-1。

表 1-1 MCS-96 单片机的主要特点

特 点	效 益
16 位 CPU	高性能,主频达 50 MHz
片上内存	低价格
寄存器—寄存器结构	效率高,比基于累加器结构的 CPU 有更简洁的程序代码,更充分地利用内存
具有可编程的等待时间和 8 位、16 位总线宽度控制	经济性好,充分利用内存和外设接口
三种不同的系列: 事件阵列(EPA) 高速输入/输出(HSIO) 电机控制	每种系列的特点: 高级性能:外设可配置输入/输出和模块事件阵列结构 速度:带有高速输入和输出 HSIO 波形发生:用波形发生和 EPA 作为系统的输入输出

MCS96 的进一步发展是 MCS296 控制器,它是在 MCS96 基础上发展起来的又一新的 MCS96 系列。例如:80296SA 是由 8XC196NU 单片机发展起来的,它保持了二进制指令代码

兼容性,因此可以直接用 80296SA 代替 8XC196NP/NU 并大大提高性能。80296SA 改进了先前 MCS96 系列的数据结构,使它更加适用于嵌入式数字信号处理和反馈控制系统。80296SA 可以以 12.5 MIPS 进行 DSP 运算和以 16 MIPS 进行一般的数学运算。80296SA 有 512B RAM 和 2 KB 的程序/数据 RAM。80296SA 用于与 8XC196NU 相同的外设接口,即外部引脚都是相同的。此外 80296SA 包括一个锁相环,外部时钟可以驱动内部 CPU 以 1/2 或 1/4 外部工作频率,这样系统可以用较低的外部时钟,同时维持内部尽可能高的工作频率。另外,片选单元、中断、定时器功能都得到加强,窗口功能加强可以包括外部存储器区的定义窗口,便于直接寻址。

下面介绍各个系列的 C196 单片机。

1.1.1 HSIO 系列

(1) 8XC196KB

8XC196KB 是第一个 CHMOSMCS96 系列成员。它仅有 8 KB 的 ROM 和 8 KB OTPROM 两种,带有 232B 的寄存器 RAM。8XC196KB 用高速输入/输出(HSIO)结构进行事件控制。HSIO 有 4 个输入、6 个输出,用两个 16 位定时器/计数器作为系统时间基准,还有硬件 PWM、全双工位串口(SIO)、看门狗定时器和 8 通道 10 位分辨率的 A/D 转换器,同时它有 4 个输入/输出口并与其他外设共同复用。

(2) 8XC196KC

8XC196KC 是出现的第二种 CHMOS 196 系列单片机。它有 16 KB ROM 型和 16 KB OTPROM 型两种,带有 488 B 寄存器 RAM。它主频可运行到 20 MHz,在性能上比 8XC196KB 提高 25%。8XC196KC 除有 8XC196KB 的所有功能和接口外,还有如下特性:有三个由硬件产生的 PWM 发生器,有 8 位和 10 位可编程采集和转换时间的 A/D 变换;有外设事务服务器(PTS),它由微代码处理中断事件,类似于 DMA 通道方法,这样可以大大减少 CPU 响应中断服务的开销;带有水平和垂直窗口映射功能。

(3) 8XC196KD

8XC196KD 有所有 8XC196KC 的特性,但是它进一步扩展了片上内部存储器。它有 32 KB 的 ROM 型和 OTPROM 型两种,同时内部带存 1 000 B 的 RAM。它也有主频达 20 MHz 的类型,由于它的内部 ROM 比较大,所以可以应用于高级语言编程的场合。

HSIO 系列的主要特点如下:

- 可运行 20 MHz 的工作主频;
- 可达 1 000 B 寄存器 RAM;
- 可动态配置 8 位或 16 位总线宽度;
- 8 通道高速 I/O 口(HSIO);
- 可达三个 PWM 发生器;
- 16 位看门狗定时器;
- 电源的闲置和掉电模式;
- 快速寄存器—寄存器结构;
- 可达 32 KB 内部 OTPROM;
- 总线 HOLD/HOLDA 协议;
- 16 位定时器和 16 位计数器;
- 全双工位串行口;
- 8 通道 8 位或 10 位 A/D 变换;
- 外设事件服务器(PTS)。

1.1.2 EPA 系列

(1) 8XC196KR

8XC196KR 是高度集成 MCS96 控制器系列的高级类型。它有 16 KB 可选 OTPROM 型或 ROM 型, 488 B 的寄存器 RAM 和 256 B 的内部 RAM, 内部 RAM 可被用于运行程序或数据存储。它用事件处理阵列(EPA)进行事件的监测与控制, 在 16 MHz 主频下 EPA 有 250 ns 的分辨率, 有 10 个捕捉/比较端口和 2 个比较端口, EPA 极其灵活, 并有 2 个 PWM 发生器。它带有外设事务服务器(PTS), 并可用 EPA 支持 PWM。它带有一个从口(slave port), 支持与其他总线系统的数据交换, 如实现 PC 总线接口的连接界面。它有两个串行口, 一个是标准的串行口(SIO), 其结构与 80C196KB 相同; 另一个是同步串行口(SSIO), 具有全双工位同步通讯的功能, 通讯速率较高。两个串行口都有各自的可编程的波特率定义。8XC196KR 的 A/D 变换是基于 8XC196KC 的设计结构, 但它带来更多的功能和模式。

(2) 8XC196KT

它是 8XC196KR 的加强型。它带有 32 KB OTPROM, 1 000 B 的寄存器 RAM 和 512 B 的内部 RAM。它的总线控制器带有新功能, 即同外部存储器连接时允许无等待时间。其他性能与结构都与 8XC196KR 相同。

(3) 8XC196NT

它与 8XC196KT 相同, 但有 1 MB 外部存储器寻址空间, 4 个 A/D 输入由扩展地址口(EPORT)所代替。这 4 个 EPORT 引脚用于扩展地址线(A16~A19)或用于标准的低速 I/O 端口。它有 20 MHz 的主频, 有可多路复用或独立的地址/数据总线功能, 带有片选功能, 可以简化单片机与外部存储器的硬件连接。它有 3 个 PWM 输出, 5 V 25 MHz 主频。

(4) 8XL196NP

它与 8XC196NT 功能也是相同的, 但提供低工作电压, 即 3 V 13 MHz。

(5) 80X196NU

它将 8XC196NP 的性能提高一倍, 工作主频达 50 MHz(5 V), 同时内置了一个 32 位的累加器以提高乘法/加法运算能力。80C196NU 与 8XC196NP 在引脚上是兼容的, 其他功能与 80X196NP 相同。

(6) 87C196CA

87C196CA 是集成 CAN2.0B 总线控制器的高性能 16 位微控器, 特别适用于实时事件控制, 如车辆防抱死制动系统、4 缸发动机控制和可编程逻辑控制。在 16 位主频时其性能要较其他标准产品性能提高 25%。在片内的 CAN 控制器与 Intel 82527 独立 CAN 控制器在软件上是兼容的。87C196CA 扩展了 87C196Kx/87C196Jx, 与 87C196JT 相似, 具有 32 KB OTPROM、1 KB 的寄存器 RAM、256 KB 的内存 RAM, 内存 RAM 可用于执行关键的程序循环。它带有事件处理阵列(EPA), 12 个模块化的高速 I/O 单元, 带有 PWM。

(7) 87C196CB

它是 87C196CA 的一个超集, 具有所有 87C196CA 功能, 但它进一步扩展了存储器、I/O 口和附加特性。它带有 56 KB OTPROM, 1.5 KB 寄存器 RAM, 512 B 内存 RAM。它的外部存储器的寻址空间可达 1 MB, 便于应用于高级语言编程、大容量程序的场合。丰富的外设接口和数量众多的 I/O 口使它可以应用于比较复杂的控制系统中。它有 12 个 EPA 单元, 56 个

I/O 引脚。它的新特点是用户可选的 4XPLL 时钟倍频器,外部可选用较低频率,通过倍频使内部得到所要求的高频,这样增加了系统的抗干扰能力。

(8) 80C196EA

80C196EA 是 C196 系列中 EPA 外设型第一个面向车辆驱动控制系统而设计的单片机。另外它还可以应用于电机控制、打印机、医疗设备,它的主频可达 40 MHz。它具有丰富的外设,有 2 MB 可寻址外部空间。80C196EA 具有分离的地址/数据总线,数据与地址总线可以独立使用,也可以复用,这样可以简化单片机与外设存储器的电路设计。带有 4 KB 内部 RAM,有 3 个片选输入,便于带有多个外部存储器芯片,这样更易于设计简化的外挂存储器。80C196EA 的一个新功能是串行汇编单元(SDU),它允许程序 RAM 的内容通过高速专用串行连续被读出或写入,占用较少的 CPU 时间,单个硬件断点也可以通过 SDU 来设置,可以用于调试程序和仿真。它有 17 个灵活的事件处理器阵列(EPA)和 8 个输出模量用于高速输入捕捉和输出比较;这 8 个输出模量是 196 系列的新模量,可以在比较发生时捕捉这一时刻的时间。它有 4 个定时器/计数器,带有 16 通道 10 位 A/D 变换,每一个通道有自己专有的寄存器存放结果;它可以用自动扫描方式进行 A/D 变换,这样可以较少地占用 CPU 时间。为便于单片机之间的通讯,80C196EA 有 2 个 UART 异步串行口和 2 个半双工位同步串行口,每个 UART 可以定义自己的波特率,同步串行口支持多主系统通讯方式。它带有 8 个脉宽调制器(PWM),每个 PWM 具有 8 位分辨率,在 32 MHz 的主频下所发出的 PWM 频率范围为 244 Hz ~ 62.5 kHz。它增强了外设功能,对汽车产品的新功能是堆栈溢出模块(SOM)。SOM 监测堆栈指针,当堆栈指针超出用户定义的上限或下限时,一个非屏蔽中断发生,可用于调试代码并保证系统的完整性。它有可选的倍频器,例如外部时钟为 20 MHz,内部可达 40 MHz;同时有一个可编程的时钟输出,有 5 种频率可供选择输出。除中断和 PTS 功能外,80C196EA 带有两个外设中断处理器(PIHs),每个 PIHs 可以处理来自 EPA 多达 16 个中断请求;它可支持 44 个中断源。80C196EA 的 SSIO、EPA、A/D 功能都较标准的 EPA 型单片机加强了许多。

(9) 8XC196JV

8XC196JV 有较少的外部引脚(52 个),带有 40 KB OTPROM 或 ROM,1 536 B 寄存器 RAM,512 B 内部 RAM,6 个 EPA,其基本内核与 8XC196KR 相同。

(10) 8XC196JT

8XC196JT 有较少的外部引脚(52 个),带有 32 KB OTPROM 或 ROM,1 KB 寄存器 RAM,其余与 8XC196JV 相同。

(11) 8XC196JQ

8XC196JQ 的外部引脚有 52 个,带有 12 KB OTPROM 或 ROM,384 B 寄存器 RAM。

(12) 87C196LA

87C196LA 是用于车辆的微控制器。它的结构与 8XC196Jx 相似,外设引脚比较少,只有 52 个,带有内部 24 KB OTPROM,寄存器 RAM 768 B,没有内部 RAM。它也是高性能 16 位微控器,具有时钟倍频功能,可使外部使用较低的主频电路;同时在复位时 I/O 口为低电位,避免了上拉电阻的需要,这特别便于驱动电路的设计。

(13) 87C196LB

87C196LB 与 87C196LA 基本相同,但增加了一个专用的通讯接口,即 J1850。J1850 是 SAE 的一个车辆通讯标准,类似于串行通讯,可用于中、低速通讯;同时 J1850 支持 10.4 kb/s

的变脉宽(VPW)车辆 B 级网络协议。

(14) 87C196LD

87C196LD 与 87C196LA 引脚及功能基本相同,但有较少的内存。它带有 16 KB OTPROM, 384 B 寄存器 RAM, 是一种低价格、与 87C196JR 引脚兼容的 16 位单片机。它主要增强了同步串行口(SSIO),以提高通讯能力。这种 SSIO 可以兼容 Motorola 串口外设界面(SPI)协议和 National's microwire 协议。为减小尺寸,它去掉了 A/D 变换。

1.1.3 电机控制系列

(1) 8XC196MC/MH

8XC196MC/MH 是用于电机控制的 16 位单片机,主要应用于三相感应交流电机、无刷直流电机和功率逆变器。8XC196MC 有 488 B 寄存器 RAM, 16 KB ROM 或 16 KB OTPROM。8XC196MH 有 744 B 寄存器 RAM, 32 KB ROM 或 32 KB OTPROM。在 16 MHz 主频时, 16×16 乘法需 1.75 ms, $32/16$ 除法需 3.0 ms。8XC196MC/MH 有独特的外设波形发生器(WFG),用于产生三相非重叠互补 PWM 信号。PWM 信号的分辨率为 125 ns(边缘触发),可编程它的频率、占空比;此外,8XC196MC/MH 有 2 个硬件 PWM 发生器,是 8 位分辨率。8XC196MC/MH 也是事件处理阵列(EPA)结构。8XC196MC 有 4 个捕捉/比较模量,4 个比较模量;有 8 个通道 A/D,可以以 8 位或 10 位进行 A/D 变换。8XC196MC/MH 有外设事物服务器(PTS)功能,以减少中断处理时间。8XC196MC 有 40 个 I/O 口,8XC196MH 有 44 个 I/O 端口。

(2) 8XC196MD

8XC196MD 包含了所有 8XC196MC 的功能,并附加如下功能:

- 可编程产生方波,用于远红外线控制通讯。
- 增加了两个捕捉/比较和两个比较模量。
- 8 个附加的 I/O 引脚,两个输入口、一个 A/D 变换。

8XC196MD 与 8XC196MC 的引脚是兼容的,以便于系统由 8XC196MC 到 8XC196MD 的升级。

1.1.4 小 结

从上面 8XC196 单片机的介绍可以看出,早期的 196 系列是以高速输入输出端口为特征的微控制器,它的外设功能比较少,外设端口的复用特性不强,外设端口功能的定义都是采用两个通用的 I/O 口控制寄存器 IOC0、IOC1 和两个通用的状态寄存器 IOS0、IOS1 来判断端口的状态。

196 系列的进一步发展则是以 8XC196Kx 为系列的 EPA 型外设端口为特征的单片机,这一系列的单片机外设接口大大加强,外设端口的复用功能加强。它的最主要特点是用 EPA 替代了 HSIO,这样大大增强系统的灵活性,增加了外设的专用寄存器,中断源也不大大增加。在随后开发的 Intel 16 位单片机都是以 8XC196Kx 为基础,其基本内核没变。

8XC196Jx 系列实际上是 8XC196Kx 的一个子集,只是减少了引脚,但基本结构没有变化,内部 RAM 及 ROM 也有所减少。

8XC196Nx 系列只是把外部和内部存储空间寻址范围扩大,同时增加了地址和数据总线

8XC296SA 则是在 8XC196Nx 的系列基础上增加了 DSP 快速计算功能, 它的基本 CPU 内核已发生了根本变化, 但它的指令及代码与 196 系列是完全兼容的, 同时引脚也与 8XC196Nx 是兼容的。

在近几年新增的 196 系列单片机,如 87C196LA、80C196EA 这些产品中都增加内部倍频器,这样外部可以采用较低的主频振荡器,通过倍频器使内部 CPU 得到放大的主频,供 CPU 系统工作完成计算任务。由于外部频率较低,可以使系统的抗干扰能力增强。

表 1-2a~表 1-2d 为 MCS96 系列单片机的主要性能一览表。

[illegible][illegible]

表 1-2c EPA 系列 2 个定时器(83C196EA 为 4 个) CMOS

型 号	主频 速度 /MHz	OPTR OM/ ROM	寄存器 RAM	内部 代码 RAM	I/O 引脚	I/O 类 型 EPA /HSIO	串口 SIO /SSIO	A/D 输入 通道	寻址 空间	封 装	温 度
8XC196KR	16	16 KB	488 B	256 B	56	10EPA	2	8	64 KB	N-64	C、E、A
	特点:高集成度										
8XC196KT	16	32 KB	1000 B	512 B	56	10EPA	2	8	64 KB	N-64	C、E、A
	特点:比 KR 更大的内存、增强的总线控制										
8XC196JQ	16	12 KB	360 B	128 B	41	6EPA	2	6	64 KB	N-52	A
	特点:低价格、高集成度										
8XC196JR	16	16 KB	488 B	256 B	41	6EPA	2	6	64 KB	N-52	A
	特点:比 JQ 更大内存										
8XC196JT	16	32 KB	1000 B	512 B	41	6EPA	2	6	64 KB	N-52	A
	特点:比 JR 更大内存										
8XC196JV	16	48 KB	1.5 KB	512 B	41	6EPA	2	6	64 KB	N-52	A
	特点:比 JT 更大内存										
87C196CA	16, 20	32 KB	1000 B	256 B	44	6EPA	2	6	64 KB	N-68	A
	特点:集成 CAN2.0 控制器										
87C196CB	16, 20	56 KB	1.5 KB	512 B	56	10EPA	2	8	1 MB	N-84 S-100	A
	特点:集成 CAN2.0 控制器,1 MB 线性地址空间,2 KB RAM										
8XC196NP	25	4 KB	1000 B	无	32	4EPA	1	0	1 MB	S-100, SB-100	C
	特点:1 MB 线性地址空间,低功耗,6 个芯片选择信号,3 个 PWM,可独立数据/地址总线										
8XL196NP	14	4 KB	1000 B	无	32	4EPA	1	0	1 MB	S-100, SB-100	C
	特点:3 V、14 MHz 的 8XC196NP 版本										
8XC196NT	20	32 KB	1000 B	512 B	56	10EPA	2	4	1 MB	N-68	C、E
	特点:带有 1 MB 地址空间的高性能、高集成的控制器										
80C196NU	40 50	0 KB	1000 B	无	33 32	4EPA	1	0	1 MB	S-100, SB-100	C
	特点:带有 1 MB 地址空间,6 个片选信号,3 个 PWM,可独立数据/地址总线										
83C196EA	32	8 KB	1000 B	3 KB	76	17EPA	3	16	2 MB	S-160	A
	特点:带有串行汇编单元(SDU),带有 NU 内核的微控制器										
87C196LA	16	24 KB	768 B	无	41	6EPA	2	6	64 KB		A
	特点:低价格,复位 I/O 口为低电位										
87C196LB	16	24 KB	768 B	无	41	6EPA	2	6	64 KB		A
	特点:带有 SAE J1850 通讯协议口的 LA 版本										
87C196LD	16	16 KB	384 B	无	41	6EPA	2	0	64 KB		A
	特点:低价格,带有增强的串口										