

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAOJING JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



DANPIANJI
YUANLI JI YINGYONG

单片机 原理及应用

许珉 毛晓波 主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

普通高等教育“十一五”规划
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHU

TP368.1/371

2007

DANPIANJI
YUANLI JI YINGYONG

单片机 原理及应用

主编 许 珉 毛晓波
编写 董主怀 孙同明 郑文棋 范秉琪
主审 谢宋和 马 平



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”规划教材。

全书共有 12 章, 主要介绍了 8XC196KB/KC 系列 16 位单片机的硬件结构与工作原理、指令系统与汇编语言程序设计、定时器及其应用、中断系统、高速输入/输出 HSI/HSO、内部 A/D 和 PWM (D/A) 的原理及应用、串行口及其应用、单片机系统的扩展和电量测量的基本算法原理及程序实现等, 并给出了大量的硬件和软件应用实例。

本书可作为电气工程及其自动化、自动化或相关专业本科教材, 也可以作为高职高专和函授教材, 同时可作为相关工程技术人员参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机原理及应用/许珉, 毛晓波主编. —北京: 中国电力出版社, 2007

普通高等教育“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5083-5892-5

I. 单... II. ①许... ②毛... III. 单片微型计算机—高等学校—教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 098249 号

中国电力出版社出版、发行
(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)
汇鑫印务有限公司印刷
各地新华书店经售

2007 年 8 月第一版 2007 年 8 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 17 印张 408 千字
印数 0001—3000 册 定价 27.20 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前言

为贯彻落实教育部《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》和《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》的精神,加强教材建设,确保教材质量,中国电力教育协会组织制订了普通高等教育“十一五”教材规划。该规划强调适应不同层次、不同类型院校,满足学科发展和人才培养的需求,坚持专业基础课教材与教学急需的专业教材并重、新编与修订相结合。本书为新编教材。

本书是为适应我国高等教育改革的需要,结合高等教育电气工程及其自动化专业的特点,使该专业的学生能够从事电气测量与微型机继电保护装置及其他单片机控制系统设计工作而编写的。作者在参考了国内外大量文献和工程设计资料的基础上,吸取各家之长,并结合多年单片机教学和应用的经验,精选了单片机原理及接口技术的基础知识,并注意反映当代单片机技术的发展趋势,体现了培养应用型人才的要求。书中全面系统地介绍了8XC196KB/KC系列16位单片机的硬件结构与工作原理、指令系统与汇编语言程序设计、片内外设功能、接口技术、中断系统、外部功能扩展及单片机在电气测量与微型机继电保护装置中的应用等。本书可作为电气工程及其自动化或相近专业本科生和研究生《单片机原理及应用》课程的教学用书,也可以作为有关专业工程技术人员的参考书。

《单片机原理及应用》是一门实践性很强的课程,本书在讲述基本原理的同时,注重其实用性和先进性,注意结合近年来单片机技术的最新发展,特别是各类新型接口芯片及其在工业中的实际应用,力求反映单片机应用领域中的新技术、新成果。本教材重点突出、层次分明、易于讲授、便于自学,给出了大量的硬件和软件应用实例,其中许多实例来自于作者开发的80C196应用装置,并且每章都附有思考题与习题。

本书由许珉和毛晓波任主编。其中,第1、2、3、4章由毛晓波编写,第7、8、12章由许珉编写,第5、6章由毛晓波、董生怀编写,第9章由许珉和孙同明编写,第10章由毛晓波和许珉编写,第11章及附录由许珉、郑文棋、孙同明和范秉琪编写。本书由谢宋和教授、马平教授主审,并提出了许多宝贵意见和建议,谨此表示衷心的感谢。

在本书编写过程中卢宜和卜海滨等专家提供了大力支持。此外,本书编写过程中还参阅了有关文献、有关厂家的用户使用说明书等技术资料,在此对给予本书帮助和支持的所有专家、老师及文献资料的作者一并表示衷心的感谢。

限于作者水平,书中不妥之处在所难免,恳请读者和同行批评指正。

作者

2007年6月

目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 单片机发展概述	1
1.2 单片机的应用领域	2
1.3 8XC196系列单片机的特点与分类	3
思考题与习题	5
第2章 196单片机基本结构和工作原理	6
2.1 80C196KB单片机的基本构成	6
2.2 中央处理器CPU	10
2.3 存储器空间	12
2.4 总线控制	17
2.5 输入/输出(I/O)口	22
2.6 系统复位	25
2.7 80C196KB其他性能简介	26
2.8 80C196KC的基本结构和性能特点	28
思考题与习题	31
第3章 196单片机指令系统	33
3.1 寻址方式	33
3.2 程序状态字	35
3.3 指令系统概述	36
3.4 指令系统详解	38
3.5 伪指令	61
思考题与习题	62
第4章 196单片机程序设计	64
4.1 定点数与浮点数的表示方法	65
4.2 定点数运算程序设计	66
4.3 浮点数运算程序设计	75
4.4 数制转换程序设计	85
4.5 数据处理子程序设计	96
思考题与习题	101
第5章 196中断系统及其应用	103
5.1 中断的概念	103

5.2	196 中断系统的结构	104
5.3	196 中断系统应用举例	111
5.4	80C196KC 外设事务服务器	115
	思考题与习题	120
第 6 章	196 定时器及其应用	122
6.1	80C196KB 定时器	122
6.2	80C196KC 定时器	125
6.3	196 定时器应用实例	125
	思考题与习题	130
第 7 章	高速输入/输出 HSI/HSO 及其应用	131
7.1	高速输入 HSI 及其应用	131
7.2	高速输出 HSO 及其应用	136
	思考题与习题	142
第 8 章	A/D 和 PWM (D/A) 的原理及应用	143
8.1	A/D 转换器的原理	143
8.2	A/D 转换器的控制与应用	145
8.3	脉冲宽度调制输出 PWM (D/A) 的原理及应用	147
	思考题与习题	149
第 9 章	串行口及其应用	150
9.1	串行通信	150
9.2	80C196KB 串行口的工作原理	151
9.3	串行口的应用	154
9.4	RS-232C、RS-485 接口	157
	思考题与习题	160
第 10 章	196 存储器系统扩展	161
10.1	程序存储器扩展	161
10.2	数据存储器扩展	164
10.3	大容量数据存储器的扩展	167
10.4	大容量程序存储器和数据存储器及 I/O 的扩展	168
10.5	EEPROM 扩展	170
10.6	P3 口和 P4 口的重构	179
	思考题与习题	180
第 11 章	196 单片机接口技术及应用	182
11.1	并行接口的扩展	182
11.2	开关量输入与输出电路	185
11.3	数据采集系统	186

11.4 人机对话电路	202
11.5 实时时钟 DS12887	223
11.6 硬件自动复位电路	228
思考题与习题	229
第 12 章 电量测量的基本算法及程序实现	231
12.1 傅里叶算法及程序实现	231
12.2 均方根法及程序实现	238
附录	248
附录 I 80C196 单片机指令简表	248
附录 II 80C196 单片机指令系统	251
参考文献	261

第1章 绪 论

1.1 单片机发展概述

微型计算机是在 20 世纪 70 年代初,随着大规模集成电路的发展而出现的高新技术。微型计算机的飞速发展使计算机的应用普及成为现实,它已广泛应用于社会生产、生活的各个方面,对国民经济及社会发展产生了巨大影响,带动着各行各业的技术进步。单片微型计算机作为微型计算机的一员,在工业控制、仪器仪表及家用电器的智能化等方面,更具有其特殊的意义,发挥着重要的作用。

单片微型计算机简称单片机 (Single Chip Microcomputer),是指在一块芯片上集成有中央处理器 (CPU)、存储器 (RAM 和 ROM)、基本 I/O 接口以及定时器/计数器等部件,并且具有独立指令系统的智能器件,即在一块芯片上实现一台微型计算机的基本功能。与普通微型计算机相比,单片机具有体积小、质量轻、价格廉、可靠性高、控制功能强等特点,其非凡的嵌入式应用形态对于满足嵌入式应用需求具有独特的优势。

近 20 年来,单片机技术有了飞跃的发展。世界上著名的集成电路芯片制造商纷纷推出各自的产品,种类型号琳琅满目。纵观整个单片机技术发展过程,可分为以下几个主要阶段:

1. 初级单片机阶段

1974~1976 年,以 Intel 公司的 MCS-48 系列单片机为代表。该系列单片机在芯片内集成有 8 位 CPU、1K 字节 ROM、64 字节 RAM、27 根 I/O 线和 1 个 8 位定时器/计数器。

特点:存储器容量较小,寻址范围小 ($\leq 4\text{KB}$),无串行接口,指令系统功能不强。

2. 高性能 8 位单片机阶段

1978~1983 年,以 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机为代表。该系列单片机普遍带有串行口、16 位定时器/计数器、多级中断处理系统等,如 MCS-51 系列的 8051 单片机,其片内资源包括 8 位 CPU、4K 字节 ROM、128 字节 RAM、4 个 8 位并行口、1 个全双工串行口、2 个 16 位定时器/计数器等,寻址范围 64K,并有控制功能较强的布尔处理器。除 MCS-51 系列产品以外,Motorola 公司的 6801、Zilog 公司的 Z8、Microchip 公司的 PIC 系列 RISC 单片机、TI 公司的 MSP430F 系列低功耗单片机、台湾凌阳公司的 Sunplus 系列 8 位单片机等,也以各自优良的性能和突出的特点在我国各个领域获得了广泛应用。

特点:结构体系完善,性能已大大提高,面向控制的特点进一步突出。

3. 16 位单片机阶段

1983 年,以 Intel 公司的 MCS-96 系列的 8096 单片机为代表。与 8 位机相比,该系列单片机具有更快的运算速度、更丰富的软硬件资源和更优越的性能。8096 的片内资源包括 16 位 CPU、8K 字节 ROM、232 字节 RAM、5 个 8 位并行口、1 个全双工串行口、2 个 16 位定时器/计数器、8 路 10 位 A/D 转换器、1 路 PWM 输出及高速 I/O 部件等,寻址范围 64K。

特点:运算速度大大提高,片内资源更加丰富,增加了高速输入/输出部件、A/D 转换

器、PWM 输出及监视定时器等。此类单片机称得上是名副其实的微控制器 (MCU)。

4. 高性能 16 位单片机阶段

继 8096 之后, Intel 公司又推出了一系列高性能的 CMOS 工艺 16 位单片机——8XC196XX。它在 8096 功能的基础上, 增加了寄存器窗口、CAM 锁定、空闲和掉电工作方式、支持 HOLD/HILDA 协议等新功能; 片内资源进一步丰富, 增加了 (根据型号不同) 外设事务服务器 PTS、事件处理器阵列、同步串行口 SSIO、PWM 通道数、片选单元等。

特点: 芯片性能全面提高, 片内面向测控系统的外围电路进一步增强, 可以方便灵活地应用于复杂的自动测控系统及设备。

近年问世的 32 位单片机一般不把存储器部分集成在同一芯片, 不属于通常意义上的单片机, 就不在此讨论了。

1.2 单片机的应用领域

由于单片机具有优越的控制性能、灵活的嵌入品质和良好的性能价格比, 因而获得了极其广泛的应用, 主要概括为以下几个方面。

1. 智能仪器仪表

单片机用于各种仪器仪表, 一方面增强了仪器仪表的功能、提高了精度, 使仪器仪表智能化, 同时还简化了仪器仪表的硬件结构; 另一方面, 用单片机可方便地改造原有的测量、控制仪表, 如温度、压力、流量、浓度、电气测量仪表等, 使其向数字化、智能化、多功能化、柔性化发展, 完成仪器仪表产品的升级换代。

2. 测控系统

单片机可应用于各种工业实时控制系统、自适应控制系统、数据采集系统、交流调速系统等。例如, 温度控制、生产线自动控制、水闸自动控制、温室气候控制、电动机转速控制等。

3. 电力系统

单片机在电力参数测量、继电保护、电力计量、电能表研发、生产等行业均有十分广泛的应用。例如: 电子式标准电能表、电子式测试电源、电能表校验装置、配电自动化与管理、无功自动补偿装置、全数字电力载波机、数字程控调度交换机等。

4. 机电一体化产品

机电一体化产品是集机械技术、自动化技术、微电子技术和计算机技术为一体, 具有智能化特征的机电产品。单片机与传统的机械产品结合, 使传统机械产品结构简化、控制智能化, 构成新一代机电一体化产品。例如, 机器人、数控机床、点钞机、自动包装机、电传打字机、传真机、复印机等。

5. 智能接口

在计算机系统、功能集散系统及分布式测控系统中, 常用单片机进行接口的控制与管理, 单片机与主机可并行工作, 大大提高系统的运行速度。例如: 在大型数据采集系统中, 单片机作为前端采集模块, 具有控制方便灵活、采集速度快、成本低廉等优点; 在分布式测控系统中, 单片机用于接口通信控制以及构成测控子系统等。

6. 医疗器械

当今,高科技的医疗器械令人眼花缭乱,从医用微型机器人、智能监护仪、医用呼叫器等微型、小型器械到CT、MRI等大型设备,从医疗信息管理系统中计算机与通信设备的采集处理、到远程医疗的电子通信网络,无处不包含单片机的应用。

7. 交通导航

在交通领域,单片机也有极其广泛的应用。例如:车辆检测系统、车牌识别系统、自动驾驶系统、航天测控系统、黑匣子等。据有关资料介绍,一辆BMW-7系列宝马车就用了63个MCU,用于控制车灯、门窗、安全气囊和音响等。

8. 家用电器

家用电器也是单片机生产厂家竞争非常激烈的应用领域。该领域的应用特点是量大面广、价格低廉。如电冰箱、洗衣机、空调器、电饭煲、高档洗浴设备、智能玩具等。

1.3 8XC196 系列单片机的特点与分类

8XC196 系列单片机是 Intel 公司推出的 MCS-96 家族中的高档产品,是当前世界上具有极高性能/价格比的 16 位单片微机。与 8 位单片机相比,具有更为快捷的运算速度、更多的外围子系统、更高效的指令系统,特别适用于较复杂的控制系统、伺服系统、变频调速电机控制系统等,还适用于一般的信号处理系统、高级智能仪器仪表及高性能的计算机外部设备控制器等实时性要求较高的场合。与 MCS-51 等系列高性能的 8 位单片机相比,8XC196 系列单片机具有下列特点和优势。

(1) 16 位 CPU。它的最大特点是没有采用累加器结构,而改用寄存器—寄存器结构,CPU 的操作直接面向 256 字节的寄存器空间,消除了 MCS 51 系列单片机结构中累加器的“瓶颈”效应,提高了操作速度和数据的吞吐能力。

(2) 512 字节寄存器阵列和专用寄存器。其中 488 字节为寄存器阵列,它兼具一般单片机通用寄存器和 RAM 的功能,又都可用作累加器。另外 24 个字节为专用寄存器。

(3) 总线宽度可控。它的外部数据总线可动态地工作于 8 位或 16 位方式,以便适应对片外存储器进行字节操作或字操作的不同需要。

(4) 8~16KB 片内 ROM。总存储器空间为 64KB (80196NX 扩大到了 1MB),ROM 与 RAM 统一编址。系列中带片内 ROM 或 EPROM 的芯片,其容量为 8KB 或 16KB。

(5) 高效的指令系统。该指令系统可以对带符号数和不带符号数进行操作,有 16 位乘 16 位和 32 位除 16 位的乘除指令、有符号扩展指令、还有数据规格化指令(方便浮点运算)等。此外,三操作数指令的使用大大提高了编程效率。

(6) 高速输入/输出部件。特别适用于测量脉冲宽度和定时产生高分辨力的脉冲。

(7) 5 个 8 位输入/输出口。除了上述高速 I/O 口以外,还有 5 个 8 位 I/O 口,其中多数具有复用功能。

(8) 独立的全双工串行口。具有与 MCS-51 兼容的全双工串行口,但 8XC196 的串行口是独立的,不占用并行口资源。

(9) 多路 A/D 转换器。8XC196 片内的 A/D 转换器具有转换位数(10 位或 8 位)可选择、采样和转换时间可选择等特点。

(10) 脉宽调制输出器 PWM。

(11) 2 个 16 位定时器, 4 个 16 位软件定时器。

(12) 16 位监视定时器 (Watch Dog)。

(13) 28 个中断源。

(14) 80C196KC 之后的芯片中, 增加了外设事件服务器 PTS (Peripheral Transaction Server), 大大降低了中断服务的开销。

(15) 根据型号不同, 片内还集成有波形发生器、频率发生器、同步串行口、从口、事件处理器阵列 EPA 及片选单元等。

目前, MCS-196 系列单片机约有 20 余个品种、近 50 个型号。其代表性的芯片及其主要性能见表 1-1。为便于比较, 表中也列入了 8X96BH。

表 1-1 MCS96/196 系列单片机芯片及其主要性能

型号	ROM/ EPROM	片内 RAM	寄存器 RAM	定时器	A/D 通道	I/O 引脚	捕获/ 比较	串行口	PWM	频率 (MHz)	寻址 空间	增强 功能
8X96BH	8K	0	232	2	4	48	HSIO	1	1	12	64K	
8XC196KB	8K	0	232	2	8	48	HSIO	1	1	12, 16	64K	
8XC196KC	16K	0	488	2	8	48	HSIO	1	3	16, 20	64K	PTS
8XC196KD	32K	0	1000	2	8	48	HSIO	1	3	16, 20	64K	PTS
8X196MC	16K	0	488	2	13	53	8EPA	PTS	2	16	64K	PTS, WFG
8X196MD	16K	0	488	2	14	64	12EPA	PTS	2	16	64K	PTS, WFG, FG
8X196MH	32K	0	744	2	8	50	6EPA	2	2	16	64K	PTS, WFG
8X196JQ	12K	128	360	2	6	41	6EPA	2	EPA	16	64K	PTS, 从口
8X196JR	16K	256	488	2	6	56	10EPA	2	EPA	16	64K	PTS, 从口
8X196KQ	12K	128	360	2	8	56	6EPA	2	EPA	16	64K	PTS, 从口
8X196KR	16K	256	488	2	8	56	10EPA	2	EPA	16	64K	PTS, 从口
8X196KT	32K	512	1000	2	8	56	10EPA	2	EPA	16	64K	PTS, 从口
8X196NP	4K	0	1000	2	0	33	4EPA	1	3	24	1M	PTS, 从口, 片选, 低电压
8X196NT	32K	512	1000	2	4	56	10EPA	2	EPA	20	1M	PTS, 从口
8X196NQ	12K	128	360	2	4	56	10EPA	2	EPA	20	1M	PTS, 从口

注 HSIO—高速输入/输出; PTS—外设事件服务器; EPA—事件处理器阵列; WFG—三相波形发生器;

FG—频率发生器; 从口 从机与主机的通信接口。

根据片内 ROM 的类型不同, 每个品种的芯片又包含三种型号。如 8XC196KC, 表示下列 3 种型号之一:

80C196KC: 无片内 ROM 型。

83C196KC: 掩模 ROM 型。

87C196KC: EPROM 或 OTP (一次可编程) 型。

为叙述方便, 在没有特指片内 ROM 类型的情况下, 对于上述 3 种型号, 均用 80C196KC 来表示。同样, 8XC196KX 常表示为 80C196KX, 8XC196XX 常表示为 80C196

或称谓 196 单片机等。

鉴于篇幅所限,本书主要介绍 8XC196KB 和 8XC196KC 的硬件结构与工作原理、指令系统与程序设计、系统功能扩展及其应用等。其他型号芯片的介绍可参阅 Intel 公司数据手册及有关文献。

思考题与习题

- 1-1 什么叫单片机?其主要特点有哪些?
- 1-2 当前单片机的主要产品有哪些?各有何特点?
- 1-3 单片机有哪些应用形式?各适用于什么场合?
- 1-4 简述 196 单片机的分类及其性能特点。

第2章 196 单片机基本结构和工作原理

8XC196XX 是继 8X96 之后, Intel 公司又推出的一系列高性能 CHMOS 工艺的 16 位单片机(以下简称 196 系列)。196 系列单片机以其高性能和低功耗等突出优点成为 MCS-96 家族中的佼佼者。本章介绍 80C196KB 和 80C196KC 的基本硬件结构和工作原理。由于 80C196KC 是在 80C196KB 的基础上增加或增强了一部分功能, 因此, 我们首先详细介绍 80C196KB, 然后在此基础上介绍 80C196KC 的新增功能。

2.1 80C196KB 单片机的基本构成

2.1.1 内部结构

80C196KB 单片机的内部结构框图如图 2-1 所示。

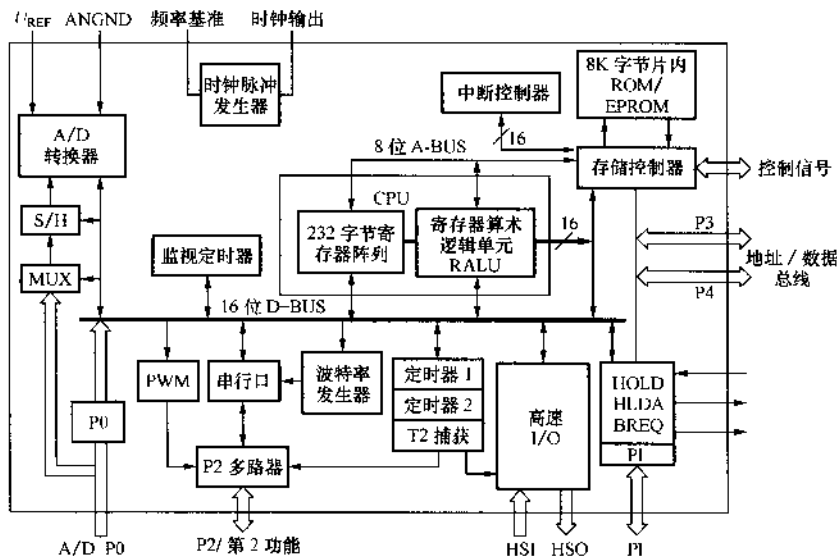


图 2-1 80C196KB 单片机内部结构框图

它主要包含以下功能部件:

- (1) 高性能的 16 位 CPU (寄存器算术逻辑单元 RALU 和 232 字节寄存器阵列)。
- (2) 8K 字节片内 ROM/EPROM 和存储控制器系统。
- (3) 5 个 8 位并行 I/O 口。
- (4) 高速 I/O (输入/输出) 口 (HSI/HSO)。
- (5) 1 个全双工同步/异步串行口。
- (6) 2 个 16 位定时器/计数器 (包含具有捕获功能的可逆计数器)。
- (7) 4 个 16 位软件定时器。

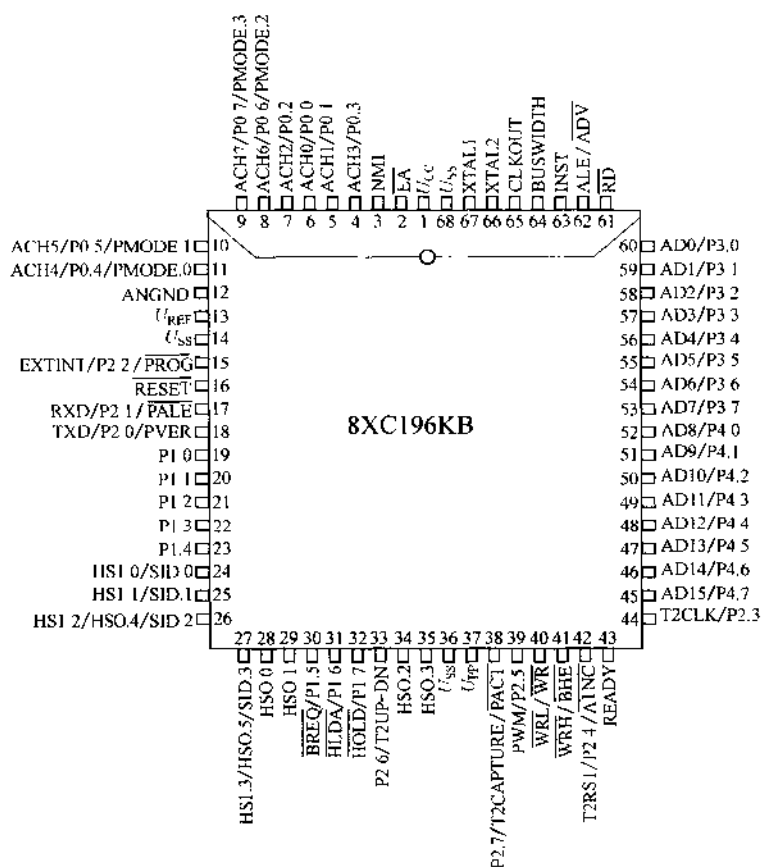
- (8) 带有采样/保持 (S/H) 电路的 10 位 A/D 转换器。
- (9) 脉宽调制输出器 (PWM)。
- (10) 16 位监视定时器 (WatchDog)。
- (11) 中断控制器、等待状态产生逻辑及时钟脉冲发生器。
- (12) 可动态配置 8 位/16 位总线宽度。
- (13) 具有掉电和空闲方式。
- (14) 支持 $\overline{\text{HOLD}}/\overline{\text{HLDA}}$ 总线协议。

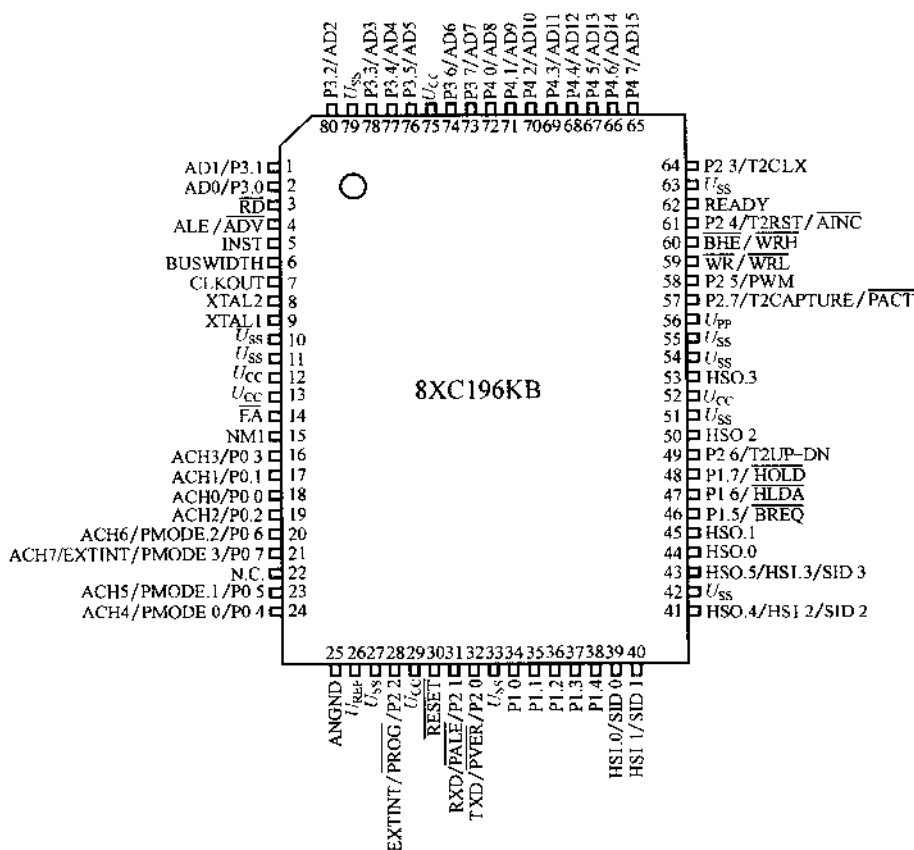
2.1.2 引脚功能

8XC196KB 单片机有 68 脚和 80 脚两种芯片，芯片封装也有 PLCC、PGA 和 QFP 等不同的形式。68 脚 PLCC、80 脚 QFP 的引脚图分别如图 2-2 (a)、(b) 所示。

各引脚功能定义如下：

- (1) U_{A} ：主电源电压 (+5V)。
- (2) U_{SS} ：数字电路地 (0V)，有多个 U_{SS} 引脚，每个 U_{SS} 都必须接地。
- (3) U_{REF} ：A/D 转换器基准电压 (+5V)。它也是 A/D 转换器模拟部分的电源电压以及读 P0 口操作所需的逻辑电压。
- (4) ANGND ：A/D 转换器参考地，应与 U_{SS} 保持同电位。





(b)

图 2-2 8XC196KB 引脚图

(a) 68 脚 PLCC 引脚图; (b) 80 脚 QFP 引脚图

(5) U_{PP} : EPROM 型产品的编程电压 (+12.5V)。

(6) XTAL1: 内部振荡器反相器的输入, 也是内部时钟发生器的输入, 通常接外部晶体。

(7) XTAL2: 内部振荡器反相器的输出, 通常接外部晶体。

(8) CLKOUT: 内部时钟发生器的输出, 其频率是振荡器频率的 1/2, 占空比为 50%。

(9) INST: 在读外部存储器时, 此引脚输出高电平, 表示是取指周期, 整个总线周期内有效。INST 仅在对外部存储器操作时有效。

(10) NMI: 非屏蔽中断信号输入端。当此引脚有正跳变时引起中断, 中断向量为 203EH。

(11) BUSWIDTH: 总线宽度选择输入端。若芯片配置寄存器 CCR.1=1, 则运行中总线宽度取决于 BUSWIDTH 的逻辑值: 为“1”, 选择 16 位总线; 为“0”, 选择 8 位总线。若 CCR.1=0, 则总线宽度总是 8 位。此引脚不连时, 靠内部把它拉到 U_{CC} 电平。

(12) $\overline{EA}$: 存储器选择输入端。 $\overline{EA}=1$, 访问片内 ROM/OTPROM 的 2000H~3FFFH

单元。 $\overline{EA}=0$, 访问外部存储器。

(13) $\overline{RESET}$: 复位信号输入端。此引脚保持至少 4 个状态周期的低电平将使芯片复位。

(14) $READY$: 准备就绪信号输入端。用来延长外部存储器访问周期, 以便与慢速或动态存储器接口, 或实现总线共享。不使用外部存储器时, 此信号无效。通过 CCR 寄存器, 可以设置插入到总线周期中的等待状态数。

(15) HSI : 高速输入器的输入端, 共 4 个: $HSI.0 \sim HSI.3$, 其中 $HSI.2$ 和 $HSI.3$ 分别与 $HSO.4$ 和 $HSO.5$ 合用。

(16) HSO : 高速输出器的输出端, 共 6 个: $HSO.0 \sim HSO.5$ 。

(17) $P0$: 8 位高阻抗输入口。可作数字量输入口, 也可作 A/D 转换器的模拟输入口 ($ACH0 \sim ACH7$)。对 EPROM 型产品, 在内部 EPROM 编程时, $P0.4 \sim P0.7$ 又可用作方式选择输入端 ($PMOD.0 \sim PMOD.3$)。

(18) $P1$: 8 位准双向 I/O 口。

(19) $P2$: 8 位多功能口。所有引脚都是多功能的, 除了作 I/O 口外, 还兼用作其他特殊功能。 $P2.6$ 、 $P2.7$ 为准双向 I/O 口。

(20) $P3$ 和 $P4$: 具有漏极开路输出的 8 位双向口, 主要用于地址/数据分时复用总线, 内部具有很强的上拉作用。

(21) $ALE/\overline{ADV}$: 地址锁存允许 (ALE) 或地址有效输出 ($\overline{ADV}$), 由 CCR.3 选择, 两者都用于锁存地址/数据总线上的地址信号。 $\overline{ADV}$ 在总线周期结束时, 变为无效的高电平。 $ALE/\overline{ADV}$ 仅在访问外部存储器时才有效。

(22) $\overline{RD}$: 外部存储器的读选通信号输出端。

(23) $\overline{WR}/\overline{WRL}$: 外部存储器写选通或外部存储器低位字节写选通信号输出端。由 CCR 选择。 $\overline{WR}$ 在每次写外部存储器时都变低, 而 $\overline{WRL}$ 仅在写外部存储器的偶地址字节时才变低。

(24) $\overline{BHE}/\overline{WRH}$: 总线高位字节允许或外部存储器高位字节写选通信号输出端, 由 CCR.2 选择。 $\overline{BHE}$ 为低电平时, 选择连接至数据总线高位字节的存储器; $\overline{WRH}$ 为低电平时, 写外部存储器奇地址字节。

(25) $HOLD$: 总线保持输入。由外设或其他处理器通过该引脚向 80C196KB 请求控制总线。与 $P1.7$ 引脚共用。

(26) $\overline{HLDA}$: 总线保持应答输出。当 80C196KB 检测到 $HOLD$ 有效信号后, 释放总线和有关的总线控制信号, 通过该引脚发出回答信号, 表示已放弃对总线的控制权。该引脚与 $P1.6$ 引脚共用。

(27) $\overline{BREQ}$: 总线请求输出。总线被占用期间, 80C196KB 的操作不一定被冻结。若 CPU 只需要内部资源, 它将继续执行指令; 若需要完成一次外部存储器周期, 就发出总线请求信号 $\overline{BREQ}$ 。该引脚与 $P1.5$ 引脚共用。

(28) $T2UP-DN$: 控制定时器 2 的方向, 使之成为加 1 或减 1 计数器。该引脚与 $P2.6$ 共用。

(29) $T2CAP$: $P2.7$ 引脚的上升沿将捕获定时器 2 的值, 并装入 $T2CAPTURE$ 中。

2.2 中央处理器 CPU

中央处理单元 CPU 由寄存器算术逻辑单元 RALU、寄存器阵列、指令寄存器和控制单元等部分组成。此 CPU 的最大特点是没有采用常规的累加器结构,其操作直接面向 256 字节寄存器空间(由 232 字节的寄存器阵列和 24 字节的专用寄存器 SRF 组成)。这些寄存器全都具有累加器的功能,消除了单一累加器的“瓶颈现象”,加速了数据交换和更改的能力。此外,可通过专用寄存器直接控制 I/O 口、ADC、PWM、串行口等部件,也就加速了输入输出过程,提高了效率。

2.2.1 CPU 总线

CPU 内部的控制器用两条总线将寄存器阵列和 RALU 连接起来。这两条总线是 8 位地址总线(A-BUS)和 16 位数据总线(D-BUS)。D-BUS 用于 RALU 与寄存器阵列或 SRF 之间传送数据,A-BUS 则作为多路复用的地址/数据总线。

2.2.2 CPU 寄存器阵列

寄存器阵列,即内部 RAM 共有 232 个字节的 RAM 单元,它们可以按字节、字或双字进行访问。由于上述任何一个单元都可以被 RALU 使用,这就好像 CPU 有 232 个累加器一样,提高了操作速度和数据吞吐能力,且大大增加了编程的灵活性。需要指出,寄存器阵列的 18H 和 19H 单元被保留作为堆栈指针使用,故凡涉及到堆栈操作的场合,不能用这两个单元存放数据。访问寄存器阵列和 SRF 地址由 CPU 硬件控制,该地址暂存在两个 8 位地址寄存器中。

2.2.3 寄存器算术逻辑单元 RALU

寄存器算术逻辑单元 RALU 用来完成算术逻辑运算,其组成框图如图 2-3 所示。

RALU 由算术逻辑单元 ALU、程序状态字 PSW、程序计数器 PC、循环计数器以及三个暂存寄存器组成。其中 ALU 为 17 位(包括一位符号扩展位),其余都是 16 位的。

当顺序执行程序时,程序计数器 PC 的值靠增量器自动增 1 修改,但遇到转移指令时还需要 ALU 控制。高位字寄存器和低位字寄存器本身带有移位功能,其中低位字寄存器只用于双字移位,而高位字寄存器,只要有移位操作就要用到它,有时还作为指令暂存寄存器使用。双操作数指令中,第二个操作数存放在图中的暂存寄存器中,包括乘法中的乘数和除法中的除数。作减法时,该寄存器的输出取补后再送到 ALU 的 B 端。重复移位的次数,由 6 位循环计数器完成计数。

延时电路用于将 16 位总线转换成 8 位总线形式,所有地址和指令都需要变为 8 位后才能送到 A-BUS 上。存放在 RALU 中的几个常数(0, 1, 2 等)用来加快某些计算,如取补或执行增量、减量指令。

程序状态字 PSW 是一个专用寄存器,将在后续章节中详细介绍。

2.2.4 CPU 的基本操作

CPU 通过控制器和 A-BUS 由片内和片外程序存储器将指令取入到指令寄存器中,控制器将其译码后,产生正确的信号序列,使 RALU 完成指令规定的功能。

例如,执行一条除法指令,假定被除数为存放在寄存器阵列中的双字数据,除数为存放在 ROM 中的立即数,则被除数通过 D-BUS 进入 RALU 中的高位字寄存器和低位字寄存器