

现代控制实用新技术丛书

docriver文川网
入驻商家 古籍书城
在文川网搜索古籍书城 获取更多电子书

多单片机 系统应用技术

宗光华 李大寨 编著

DUODANPIANJI XITONG
YINGYONG JISHU

国防工业出版社

现代控制实用新技术丛书

多单片机系统应用技术

宗光华 李大寨 编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 单

本书系统介绍了多单片机系统的应用开发技术,对 PC 机与单片机之间的 USB 通信、单片机与 PLC 的通信、单片机在现场总线中的联网技术等内容作了系统介绍。尤其是重点介绍了多单片机系统的通信、系统构成和联网技术;通过大量的开发实例,从硬件的系统设计到软件的开发,向广大读者系统展示了开发一个多单片机应用系统的详细过程。

本书语言流畅,注重方法论,可供工业控制和自动化领域的广大工程技术人员阅读,也可供高等工科院校相关专业的广大师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

多单片机系统应用技术/宗光华,李大寨编著. —北京:国防工业出版社,2003.10
(现代控制实用新技术丛书)
ISBN 7-118-03236-0

I. 多... II. ①宗...②李... III. ①个人计算机—基本知识②单片微型计算机—基本知识 IV. TP368

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 075664 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京奥隆印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 18 408 千字

2003 年 10 月第 1 版 2003 年 10 月北京第 1 次印刷

印数:1—4000 册 定价:28.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

docsriver 文川网
入驻商家 古籍书城

在文川网搜索古籍书城 获取更多电子书

前 言

现代电子系统的核心是嵌入式计算机应用系统,简称嵌入式系统(Embedded System);而单片机(Single Chip Microcomputer)是最典型、最普及的嵌入式系统。单片机(全称单片微型计算机),也有人称之为微控制器,是微型计算机家族中的一员。自从1976年美国 Intel 公司首次推出 MCS-48 单片机芯片以来,单片机以其独特的结构和超群的优点,近年来发展极其迅速,应用十分广泛。单片机是 20 世纪 70 年代中期发展起来的一种大规模集成电路芯片,是将 CPU、RAM、ROM、I/O 接口以及中断系统等集成于同一块硅片的器件。

单片机进入我国市场已有十几年的时间,有几代新系列、新产品陆续被推向市场。由于它体积小、功能强、可靠性好、价格低廉、功耗小、指令简单、易于开发,同时由于嵌入式 C 语言的推广普及,因而备受用户的欢迎。在新产品研发、工厂自动化以及各种控制领域中被广泛采用。

单片机的弱点是运算速度较慢。在要求响应速度快、实时性强、控制量多的应用场合(如机器人控制),单个单片机难以胜任,此时虽然也可以选用高速微处理器如 DSP 等,但综合考虑性能价格比和开发的难易程度,多单片机系统往往是一种合适的选择。顾名思义,多单片机系统就是由多个单片机或者是由 PC 机与多个单片机构成的更为复杂的控制系统。PC 机和多单片机一般构成主从分布式控制系统,而多个单片机之间的关系可能是主从式,也有可能是对等的形式。在运行速度更快、功能更强大、实时性更高、受控执行机构更多、任务更复杂、人机界面更完善、地域跨度更广等应用场合,多单片机系统显示出优越性。例如一辆现代化的轿车上往往搭载(嵌入)20 多块单片机,并通过总线的形式组成一个局域网络。

考虑到 MCS-51 系列单片机是 8 位机的代表,在我国有广泛的应用市场,因此,本书以 MCS-51 系列单片机为主线,注重理论联系实际,通过作者亲身参与的科研开发实例重点讲述了多单片机系统的体系结构与应用。全书结构紧凑,章节编排合理,具有很高的通用性、系统性和实用性。

本书共由 8 章组成。第 1、2 章简洁地介绍了单片机工作原理、存储、接口技术。这些内容与传统单片机参考书差别不大,是所有单片机必不可少的基础知识。第 3 章讲述的是通信技术,对 PC 机与单片机之间的 USB 通信、单片机与 PLC 的通信、单片机在现场总线中的联网技术等做了介绍。其中列举了光电子器件对准平台和清洁机器人可编程操作界面的例子。第 4 章以多单片机的通信、系统构成和联网技术为重点,并以自主移动机器人平台为例,讲述了多单片机在 CAN 总线联网中的构成、软件协议及实现方式。第 5 章以直流伺服电机、步进电机和变频器为主讲解单片机在电机控制中的应用,它们是多单片机系统在工业自动化领域最常见的受控执行机构。第 6 章通过 PDA 产品测试仪、IC 卡

系统、药物微量注射泵和生物芯片点样仪等多单片机应用的实际案例,介绍多单片机智能仪器仪表的系统构成和软硬件的实现。现代仪器仪表对数据采集和处理、实时性、网络管理、人机界面的要求愈来愈高,往往需要在系统中采用多个单片机协调工作。第7章的内容侧重多单片机在机器人控制中的应用,多关节机器人是典型的多CPU分布式控制系统的例子。其中多指、多关节灵巧手除了运动控制外,还常常配有视觉、触觉、力觉等传感器,是多单片机构成的复杂系统,本章还介绍了基于多单片机的壁面爬行机器人控制系统的例子。第8章介绍单片机软件开发环境,特别讲述在工程应用中如何使用嵌入式实时操作系统。

由上述内容可知,本书可以作为高等工科院校机械电子工程专业类的学生、教师的学习参考用书,也可以作为广大科技人员的自学参考书。

从某种意义上说本书是作者在多单片机系统方面学习与应用的心得。本书所涉及的应用示例也凝聚着作者课题组第一线相关研发人员王巍博士、高斌硕士以及博士生张阳天、张厚祥、周强、晁代宏、孙明磊等人的贡献,晁代宏还参与了文字编排和图表绘制工作,在此谨向他们以及与本书出版相关的诸多人员表示诚挚的谢意。

由于时间仓促和水平所限,书中难免存在若干错误和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 主流单片机的内部原理介绍	1
1.1 概述	1
1.1.1 单片机世界的鼻祖——Intel 公司	1
1.1.2 后起之秀——Motorola 公司、Atmel 公司	1
1.1.3 EPSON 公司	2
1.1.4 三菱公司	2
1.2 MCS-51 系列单片机	3
1.2.1 MCS-51 单片机的硬件组成结构	3
1.2.2 MCS-51 的封装和引脚功能描述	4
1.2.3 存储器	7
1.2.4 I/O 口	10
1.2.5 CPU	11
1.2.6 布尔(位)处理器	11
1.3 MCS-96 系列单片机	11
1.3.1 MCS-96 单片机的特点	11
1.3.2 CPU	16
1.3.3 时钟信号	17
1.3.4 存储器	18
1.3.5 寄存器控制器	21
1.3.6 系统总线	21
1.3.7 复位和掉电	23
第 2 章 单片机通用接口技术	25
2.1 单片机最小系统构成	25
2.1.1 单片机晶振电路	25
2.1.2 单片机复位电路	26
2.1.3 存储器扩展	28
2.2 单片机并行口扩展技术	33
2.2.1 利用分立元件扩展的 I/O	33
2.2.2 利用可编程接口 8255/8155 扩展 I/O 口	36
2.2.3 单片机 I/O 与光电耦合器件的接口	47
2.2.4 单片机与 LED 的接口	48
2.2.5 单片机与液晶显示器的接口	51

2.3	单片机与通用可编程定时器/计数器 8253 的接口	59
2.4	单片机与 A/D 转换器的接口	63
2.4.1	ADC0809 与单片机的接口	63
2.4.2	单片机与 TLC1543 的接口	65
2.5	单片机与 D/A 转换器的接口	68
第 3 章	单片机数据通信技术	72
3.1	PC 机并行端口与单片机的通信	72
3.1.1	PC 机并行端口简介	72
3.1.2	单片机与 PC 机并行口的接口	73
3.1.3	并行口与单片机通信软件	74
3.2	PC 机与单片机通过 RS-232 串行口通信	77
3.2.1	RS-232 协议简介	77
3.2.2	PC 机上 RS-232 接口的底层编程	79
3.2.3	单片机上的串行接口	81
3.2.4	TTL 电平与 RS-232 电平的转换	84
3.2.5	PC 机上 RS-232 接口的高级编程	85
3.2.6	单片机上的串行接口编程	86
3.3	单片机与 RS-485/RS-422 接口	91
3.3.1	单片机与 RS-422A 接口	91
3.3.2	单片机与 RS-485 接口	93
3.3.3	RS-422/RS-485 接口中的若干问题说明	94
3.4	单片机与 I ² C 总线器件间的通信	95
3.4.1	I ² C 总线简介	95
3.4.2	支持 I ² C 总线协议的外围芯片	97
3.4.3	关于支持 I ² C 总线协议的单片机	101
3.4.4	为单片机增加 I ² C 总线接口	101
3.5	PC 机和单片机之间的 USB 通信	105
3.5.1	USB 简介	105
3.5.2	USB 总线协议	105
3.5.3	通过 USB 实现 PC 机对光电子器件对准平台的控制	108
3.6	单片机与 PLC 的通信	115
3.6.1	概述	115
3.6.2	单片机与 PLC 的通信	116
3.7	可编程操作界面与 PLC	121
3.7.1	可编程操作界面简介	121
3.7.2	POD-PLC 系统在清洁机器人控制系统中的应用	125
3.8	单片机在现场总线中的应用	129
3.8.1	简介	129

3.8.2	应用实例	130
第4章	多单片机系统构成	132
4.1	多单片机基于串行口的通信	132
4.2	PC机与多单片机基于RS-422/RS-485的通信	140
4.2.1	PC机与多单片机的连接	140
4.2.2	PC机与多单片机的通信协议	141
4.3	多单片机利用现场总线的联网技术	146
4.3.1	物理连接	146
4.3.2	实用软件接口协议	146
4.4	多单片机基于公用RAM的通信技术	153
4.4.1	多单片机基于并行口的通信	154
4.4.2	多单片机基于共用存储器的通信	154
第5章	单片机在电机控制中的应用	161
5.1	机电传动系统的动力学基础	161
5.1.1	机电传动系统的运动方程式	161
5.1.2	转矩和转动惯量的折算	162
5.1.3	负载机械的机械特性	164
5.1.4	机电传动系统稳定运行的条件	165
5.2	单片机构成的电机伺服系统的一般结构	166
5.2.1	单片机构成的位置伺服系统	166
5.2.2	PWM功率放大电路	169
5.2.3	电机反馈通道	173
5.2.4	PWM信号发生器	176
5.2.5	电机控制专用IC	176
5.3	由单片机实现的变频器	179
5.3.1	变压变频调速的基本原理	179
5.3.2	单片机控制变频调速的实现	180
5.3.3	单片机变频调速在空调的应用	182
5.4	单片机构成的步进电机控制系统	184
5.4.1	步进电机相位控制原理	185
5.4.2	单片机构成的步进电机驱动电路	188
5.4.3	步进电机的细分控制	194
第6章	多单片机在仪器仪表中的应用	199
6.1	PDA产品寿命测试仪的单片机实现	199
6.1.1	需检测的指标以及实现方法	199
6.1.2	硬件电路设计	200
6.1.3	软件实现	203
6.1.4	基于RS-232/RS-485网络的多PDA测试仪系统	206

6.2	多单片机构成的 IC 卡系统	206
6.2.1	Atmel 公司的 IC 卡芯片	207
6.2.2	单片机构成的 IC 读写系统	210
6.2.3	IC 卡网络管理系统	212
6.3	生物芯片点样仪控制系统	214
6.3.1	概述	214
6.3.2	多机通信协议	215
6.4	智能注射泵控制系统	217
6.4.1	步进电机驱动器	218
6.4.2	电源模块	219
6.4.3	多通道数据采集及处理	220
6.4.4	串行时钟的设计	221
6.4.5	键盘、液晶显示及报警电路	221
6.4.6	I/O 口的扩展	222
6.4.7	多注射泵管理网络	223
第 7 章	多单片机在机器人控制中的应用	225
7.1	多单片机系统在灵巧手控制中的应用	225
7.1.1	多轴伺服控制系统	226
7.1.2	PWM 功放电路与开关式电流反馈	230
7.1.3	力/位置信号采集系统	232
7.2	CAN 总线在壁面移动机器人中的应用	234
7.2.1	控制器网络结构形式的选择	235
7.2.2	CAN 总线通信接口适配卡	236
7.2.3	智能检测、控制节点的硬件设计	241
7.2.4	与 CAN 总线相关的软件设计	243
7.3	单片机构成的机器人示教盒	246
7.3.1	功能要求及设计思想	247
7.3.2	硬件电路设计	248
7.3.3	通信协议及其在单片机中的实现方法	249
第 8 章	单片机软件开发环境	251
8.1	单片机软件开发概述	251
8.1.1	软件的开发模式	251
8.1.2	软件的设计思想	251
8.2	集成开发工具 uVision	252
8.2.1	uVision 简介	252
8.2.2	创建一个工程(Project)	253
8.2.3	工程管理	255
8.2.4	中断处理	258
8.2.5	程序调试	259

8.3 嵌入式实时操作系统的应用	265
8.3.1 嵌入式实时操作系统概述	265
8.3.2 实时操作系统 CMX	267
8.3.3 在项目中使用时操作系统	270
参考文献	275

第 1 章 主流单片机的内部原理介绍

1.1 概 述

单片机，也有人称之为单片微型计算机，是微型计算机家族中的一员，它以独特的结构和超群的优点，深得各个领域的青睐，应用十分广泛，近年来发展极其迅速。世界上的各半导体厂商都抓住这个机会，推出自己的产品，一时间单片机如雨后春笋般蓬勃发展和流行起来。

单片机进入我国市场已有十几年的时间。用户也从初期的狂热和浮躁中走出来，多了一份思考，多了一份冷静，单片机市场变得更加成熟和规范。为了方便读者选用适合自己需要的各厂家的单片机，本节对世界主要单片机制造厂商做一个简要的介绍，并附上它们的网址，供读者查询。

1.1.1 单片机世界的鼻祖——Intel 公司

美国 Intel 公司在 1976 年首先推出 MCS-48 单片机，这是单片机史上划时代的里程碑，标志着大规模集成技术和计算机技术进入了一个新的阶段，对后来单片机的发展起到了极大的促进作用。

1980 年 Intel 公司在总结 MCS-48 的基础上新推出了 8 位高档 MCS-51 系列单片机。不经意间，Intel 公司又创造了一代至今还被人们广泛应用的性能优异的单片机。由于 MCS-51 系列单片机的应用非常广泛，每个单片机应用工程师，尤其是初学者都要首先学习并掌握 MCS-51 的知识，因而在本章下一节将更加详细地介绍 MCS-51。

1983 年 Intel 公司又新推出了 16 位的 MCS-96 系列单片机，再次燃起整个世界各单片机厂商竞相开发各自的 16 位单片机的热情，把单片机技术推进了一大步。

前几年，Intel 公司又推出了性能更好的 32 位单片机——MCS-80960 系列，它采用 $5\mu\text{m}$ CHMOS 工艺和新型 RISC 结构，具有超强的功能，可应用于极其复杂的控制系统，如航空航天器、机器人、通信系统等。32 位单片机从根本上改变了传统控制器的面貌，为控制器开拓了新的应用领域。

要了解 Intel 公司单片机更多的有关知识，请登陆网址 www.intel.com 查询。

1.1.2 后起之秀——Motorola 公司、Atmel 公司

Motorola 单片机 (MCU) 是目前国际上应用最广、销量最大、功能最强的单片机。

M68HC05 系列及其扩展系列 M68HC08 是 Motorola 单片机的主流产品, 其中, CSIC(用户专用集成电路)把单片机作为用户专用芯片生产开发出来的, 它的 CPU 采用 HC05 或 HC08, 另外还集成了外围功能模块, 如 RAM、ROM、EPROM、E²PROM、A/D、OTPROM、PWM 以及多功能定时器等等。同时, Motorola 单片机还可以根据需要采用不同的串行口, 如 SPI、SCI、I²C 或 CAN 总线等。由此不难看出 Motorola 单片机的功能非常强大。

Motorola 单片机由于总线上的时序不同, 因而具有很强的抗干扰能力。另外, Motorola 单片机的时钟频率只有 MCS-51 单片机时钟的 1/3, 这对于降低系统的噪声很有益处。

在制造工艺方面, Motorola 单片机使用的是 HCMOS 工艺, 它集中了 HMOS 和 CMOS 工艺的优点。近年来 Motorola 公司又推出了一种新的工艺——LDMOS 工艺, 它具有耐高温、耐大电流等特点, 在相应领域获得了广泛的应用。

要了解 Motorola 单片机更多的相关知识, 请登陆网址 www.mot.com 查询。

在众多 8051 兼容品中, 美国 Atmel 公司所生产的 AT89 系列单片机具有内部 Flash (闪存)存储器。由于闪存存储器可反复擦写, 给用户, 尤其是初学者学习单片机提供了极大的方便, 因而在工程中应用极为广泛。本书中介绍的由作者们亲自研发的多数系统都用到了 Atmel 公司的产品。

要了解有关 Atmel 单片机更多的知识, 请登陆网址 www.atmel.com 查询。

1.1.3 EPSON 公司

与其他各厂商追求 CPU 在数据宽度方面的努力不同, EPSON 公司“反其道而行之”, 将重点放在 4 位单片机和 8 位单片机产品上, 那么, 在“速度就是生命、效率就是效益”的今天它的产品凭借什么优势立足呢?

与其他公司的单片机相比, EPSON 公司的单片机虽然在速度方面并不占优, 但是它十分注意现代半导体先进制造技术的应用, 在系统集成、小型廉价封装和极低功耗等诸多方面显示出强劲的竞争力。

在系统集成中, 4 位单片机把许多外围接口, 如显示驱动口、功率驱动 I/O 口、键盘接口、传感器接口及前置电路、ADC/DAC 功能单元等都集成到单片机中, 真正实现了单片机的“单片”功能。

另外, EPSON 公司开发出极低功耗的电子器件、高集成度的系统功能集成以及面向产品对象的专用化系列, 使 EPSON 公司的 4 位单片机取得了十分优异的成绩。

4 位单片机的品种主要有: SMC60、SMC62 和 SMC63 系列; 而 8 位机则是以 SMC88 为代表。

要了解有关 EPSON 单片机的更多知识, 请登陆网址 www.epson.com 查询。

1.1.4 三菱公司

三菱单片机的品种从 4 位的低档机至 32 位的高档机, 可谓包罗万象, 应有尽有。其中, 4 位单片机主要有 720 系列和 4500 系列; 8 位单片机有着同一种内核, 形成了 740 族, 现在又拓展出 38000 系列、76000 系列等。

三菱还推出了自己的高档机，即 16 位和 32 位单片机。其中 16 位机有两种内核，分别构成 7700 和 M16C 两大族。7700 族种主要有 7700 系列、7751 系列和 7900 系列等。M16C 是新开发的 16 位单片机。而 32 位单片机的内核具有 RISC 结构的 M32R。

要了解三菱单片机的更多知识，可以登陆网址 www.melco.co.jp 进行查询。

除了以上列举的厂商生产单片机，在全球范围内还有许多从事单片机研制和开发的厂家，其产品也得到了可观规模的应用。表 1-1 列出常用的单片机制造厂商以及他们的网址，供读者查询。

表 1-1 单片机厂商及对应网址

单片机厂商	网 址	单片机厂商	网 址
Atmel 公司	www.atmel.com	National 公司	www.national.com
EPSON 公司	www.epson.com	NEC 公司	www.nec.com
HITACHI (日立) 公司	www.hitachi.com	NEC 香港公司	www.elhk.nec.com.hk
Infineon (亿恒) 公司	www.infineon.com	Philips 公司	www.philips.com
Intel 公司	www.intel.com	华邦电子公司	www.winbond.com.cn
Microchip 公司	www.microchip.com	Maxim 公司	www.maxim-ic.com
Motorola 公司	www.mot.com	三菱公司	www.melco.co.jp

1.2 MCS-51 系列单片机

作为 8 位单片机的杰出代表，MCS-51 系列单片机从 20 世纪 80 年代至今可谓大出风头，曾几何时，几乎无处不见 51 系列单片机的“足迹”，即使到了人们更注重速度和效率的今天，51 系列单片机仍然凭借其性能稳定、操作简单、价格低廉以及兼容性好等优点继续在单片机界占据主流地位，由此 51 系列单片机优异性能可见一斑。

本节的内容是简单地介绍 MCS-51 系列单片机。

1.2.1 MCS-51 单片机的硬件组成结构

如所周知，单片机又叫做单片微型计算机。顾名思义，单片机其实就是微型计算机的一种。事实上从单片机的组成来看它也类似于微型计算机。图 1-1 是 51 单片机的总体结构框图，从图 1-1 可以看到在一个小小的 51 芯片上集成了如下部件：1 个 8 位 CPU、4KB ROM、256B RAM、4 个 8 位 I/O 口、2~3 个（分别对 8032/8052）定时/计数器、多用途可编程串行 I/O 口、5 个中断源、2 个中断优先级的嵌套中断结构，以及一个片内振荡器和时钟电路。

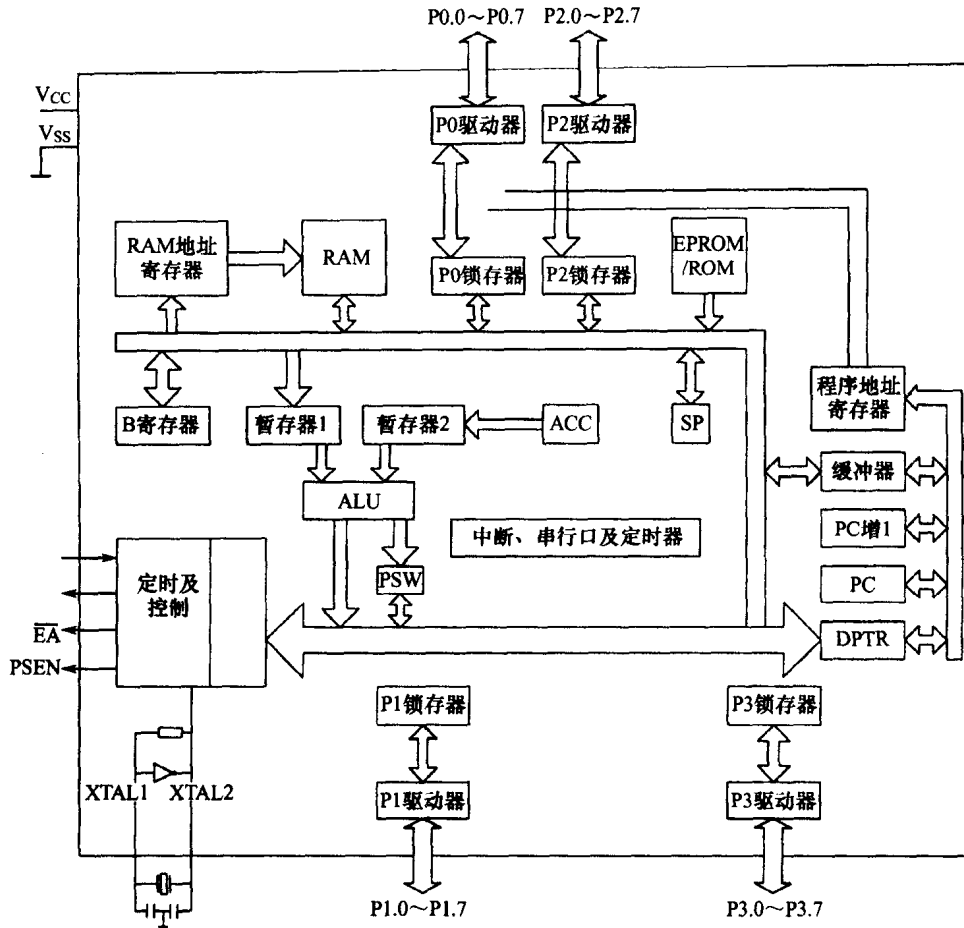


图 1-1 MCS-51 的总体结构框图

1.2.2 MCS-51 的封装和引脚功能描述

一、封装方式

根据制造工艺的不同，51 单片机的封装形式也不尽相同。HMOS 制造工艺的单片机都采用 40 脚双列直插封装方式（即常说的 DIP 方式），而 CHMOS 制造工艺的 51 单片机除采用 DIP 封装方式外，还采用方形的封装方式，如图 1-2 所示。

二、51 单片机的各引脚功能描述

在实际的应用中，40 引脚 DIP 封装方式是最常用的，因而在此着重介绍 DIP 封装方式的各引脚功能。

40 条引脚中有 2 条专用于控制主电源、2 条外接晶振、4 条引脚用于控制或与其他电源复用、32 条 I/O 引脚。各引脚的具体功能如下。

1. 主电源引脚

- V_{SS} (20 脚): 接地端。
- V_{CC} (40 脚): 正常运行和编程校验时接+5V 电源。

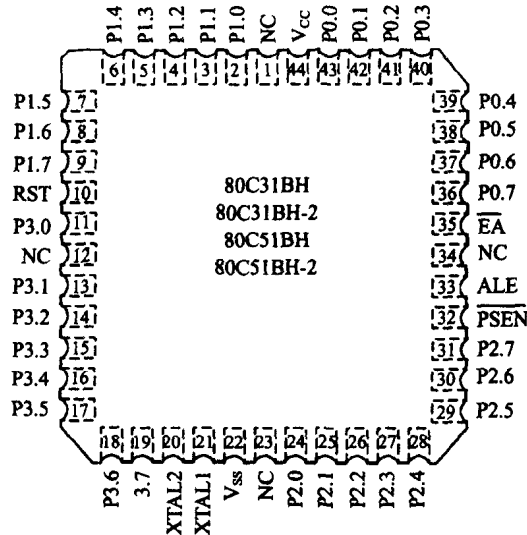
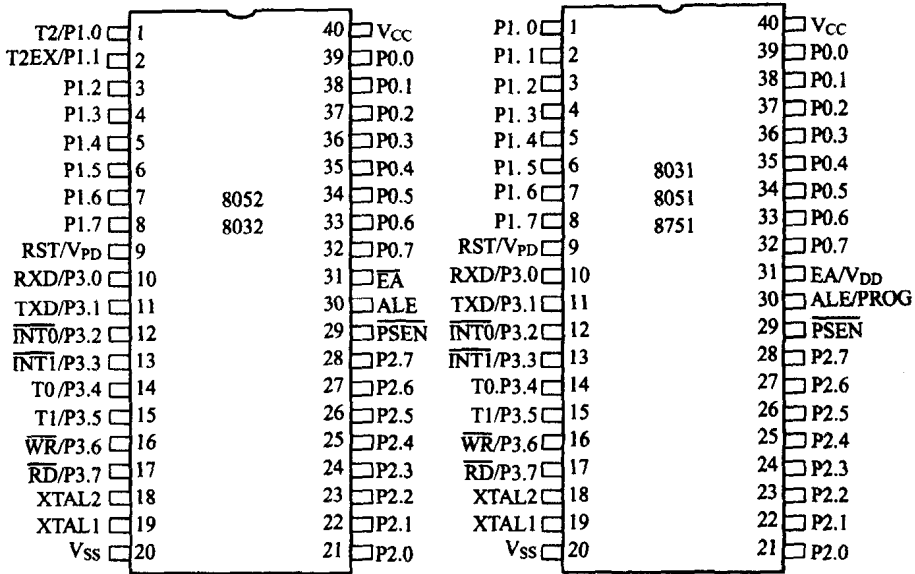


图 1-2 MCS-51 单片机的封装

2. 外接晶振或外部振荡器引脚

• XTAL1 (19 脚): 接外部晶振的一个引脚。在单片机内部, 它是一个反相放大器的输入端, 该放大器构成片内振荡器。当采用外部振荡器时, 对 HMOS 型单片机此引脚应接地; 对 CHMOS 型单片机, 此引脚作为驱动端。

• XTAL2 (18 脚): 接外部晶体的另一端。在单片机内部是上述反向放大器的输出端。当采用外部振荡器时, 对 HMOS 型单片机, 此引脚接外部振荡信号的输入; 对 CHMOS 型单片机而言, 此引脚应悬空。

3. 控制或电源复用引脚

• \overline{RST}/V_{PD} (9 脚): 单片机复位信号输入端。振荡器正常运行期间, 两个机器周期的高电平将会使单片机复位。典型的上电复位电路是在 RST 引脚与 Vcc 引脚间接一个约

10 μ F 的电容，在 RST 引脚与 V_{SS} 引脚间接一个约 8.2k Ω 的电容。当 V_{CC} 掉电时，V_{PD} 则可在规定电压范围内向内部 RAM 提供备用电源，以保存内部 RAM 的信息。

- ALE/ $\overline{\text{PROG}}$ (30 脚): 允许地址锁存信号输出。访问外部存储器期间，ALE 信号的负跳变，将 P0 口上的低 8 位地址送入锁存器。即使不访问外部存储器，ALE 仍以 1/6 振荡器频率的频率输出，因而可用来作为外部时钟或定时之用（但访问外部数据存储器时，将跳过一个 ALE 脉冲）。 $\overline{\text{PROG}}$ 为编程脉冲输入端，对 EPROM 型单片机编程时，此引脚输入编程脉冲。

- $\overline{\text{PSEN}}$ (29 脚): 外部程序存储器读选通信号。在外部程序存储器读指令期间，每个机器周期 $\overline{\text{PSEN}}$ 两次有效。但在执行片内程序存储器指令时，不产生 $\overline{\text{PSEN}}$ 信号；在访问外部数据存储器时，也不产生 $\overline{\text{PSEN}}$ 信号。

- $\overline{\text{EA}}/\text{V}_{\text{PP}}$ (31 脚): 内外程序存储器选择信号。当 $\overline{\text{EA}}$ 接高电平时，访问内部程序存储器，但程序计数器 (PC) 值超过片内程序存储器地址 (8051 为 0FFFFH，而 8052 为 1FFFFH) 时，将自动转向执行外部程序存储器中的程序。若 $\overline{\text{EA}}$ 保持低电平，就只访问外部程序存储器。因而，对于无内部 ROM 的 8031 单片机而言 $\overline{\text{EA}}$ 应接地。V_{PP} 为片内 ROM 编程电压输入端。对 EPROM 进行编程时，此引脚接 +21V 的编程电压。

4. I/O 口引脚

- P0.0~P0.7(39~32 脚): P0 口是一个 8 位漏极开路双向并行 I/O 端口。访问外部存储器时它是分时复用的数据和地址 (低 8 位) 总线。不扩展外部存储器时它用作双向 I/O 口。在 EPROM 编程时它接收指令字节，而在验证程序时则输出指令字节。它能驱动 8 个 LS TTL 负载。

- P1.0~P1.7(1~8 脚): P1 口是一个 8 位准双向并行 I/O 端口，在 EPROM 编程和校验时接收低 8 位地址。它能驱动 4 个 LS TTL 负载。

- P2.0~P2.7(21~28 脚): P2 口是一个 8 位准双向并行 I/O 端口，在访问外部存储器时用作高 8 位地址；不扩展外部存储器时则用作准双向 I/O 口，在 EPROM 编程和校验时接收高 8 位地址。它能驱动 4 个 LS TTL 负载。

- P3.0~P3.7(10~17 脚): P3 口是一个具有内部上拉电阻的 8 位准双向并行 I/O 端口。它的第一功能是做 I/O 口使用，第二功能是作为 P3 口使用，各引脚的第二功能具体如下：

P3.0(RXD, 10 脚): 串行接收端。

P3.1(TXD, 11 脚): 串行发送端。

P3.2($\overline{\text{INT0}}$, 12 脚): 外部中断 0。

P3.3($\overline{\text{INT1}}$, 13 脚): 外部中断 1。

P3.4(T0, 14 脚): 定时/计数器 0。

P3.5(T1, 15 脚): 定时/计数器 1。

P3.6($\overline{\text{WR}}$, 16 脚): 外部数据存储器写选通，低电平有效。

P3.7($\overline{\text{RD}}$, 17 脚): 外部数据存储器读选通，低电平有效。

P3 口能驱动 4 个 LS TTL 负载。

至此，51 单片机的各引脚功能已介绍完毕，下面介绍一些存储器的特点。

docsriver 文川网
入驻商家 古籍书城

在文川网搜索古籍书城 获取更多电子书

1.2.3 存储器

存储器的重要性是不言而喻的。每一个用过计算机的人都对存储空间求之若渴，在存储空间相对很小的单片机中，合理利用相对很小的存储空间是每个单片机开发工程师的必修之课。为此，需要简要介绍一些 MCS-51 系列单片机存储器的一些具体情况以及其独特的性质。

MCS-51 单片机存储器与典型微机存储器的配置方式有所不同。典型微型计算机存储器采用冯诺依曼结构，也称普林斯顿结构，即存放程序指令的存储器——程序存储器和存放数据的存储器——数据存储器采取统一的地址编码结构，故只有一个逻辑空间，在这个空间内，ROM 和 RAM 的安排是不固定的，对 ROM 和 RAM 的访问采用同类指令，同一地址对应的是唯一的存储器单元，既可是 ROM，也可是 RAM。而 51 单片机存储器采用程序存储器与数据存储器分开的地址编码结构，即哈佛结构。不过 1983 年 Intel 公司推出的 MCS-96 系列单片机，又继续沿用了传统微机的普林斯顿结构，于是单片机就有了哈佛型和普林斯顿型单片机之分。

在物理上，51 单片机有 4 个存储器空间：片内程序存储器、片外程序存储器、片内数据存储器以及片外数据存储器。但在逻辑上，51 单片机只有 3 个存储器地址空间：片内外统一的 64KB 的程序存储器地址空间、256B（51 子系列）或 384B（52 子系列）的内部数据存储器地址空间以及 64KB 的外部数据存储器地址空间。图 1-3 (a) 和图 1-3 (b) 分别为 51 子系列和 52 子系列的存储器配置图。

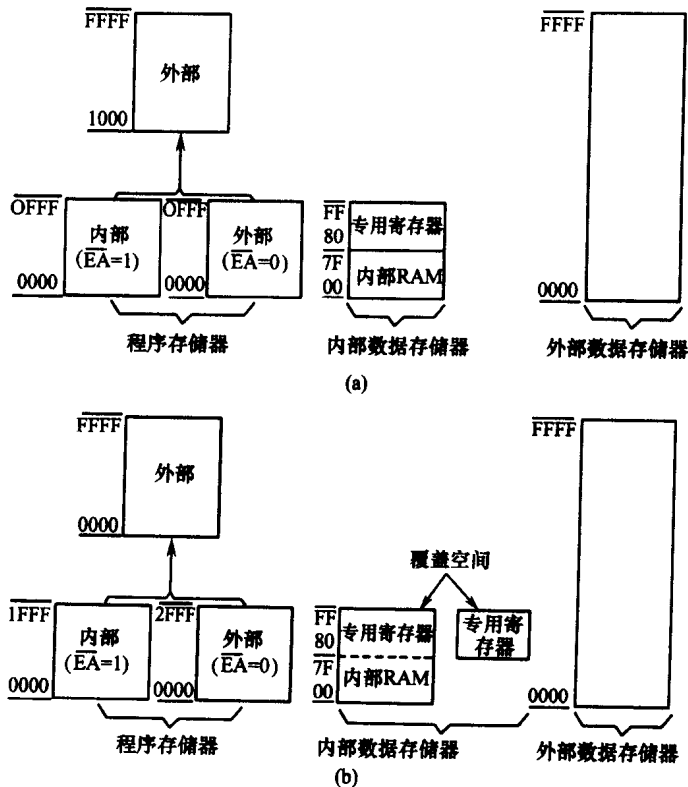


图 1-3 MCS-51 的存储器配置

一、片内外统一寻址的 64K 程序存储器

程序存储器用于存放编号的程序和表格常数。

51 单片机设置的 16 位程序计数器 (PC) 可寻址 64KB 的空间。对于有内部 ROM 的单片机, 在正常运行时, 应把 \overline{EA} 引脚接高电平, 使程序从内部 ROM 开始执行, 当 PC 值超出内部 ROM 的容量时, 则会自动转向外部程序存储器空间; 相对应地, 如果把 \overline{EA} 引脚接低电平, 则 CPU 只访问外部程序存储器。因此, 对于无内部 ROM 的 8031 来说, 其 \overline{EA} 引脚必须接地。

64KB 的存储空间中有些单元被专用于某些特定目的。程序存储器的 0000H~0002H 单元用来保留程序的起始地址。MCS-51 复位后程序计数器 PC 的内容为 0000H, 故 CPU 总是从 0000H 单元开始执行程序, 它是系统的启动地址, 一般在该单元中存放一条绝对跳转指令, 而用户设计的主程序应从跳转地址开始存放。

而 0003H~0032H 单元被保留用于中断服务程序, 具体地址分配见表 1-2。

表 1-2 中断服务程序的入口地址

中 断 源	入 口 地 址
外部中断 0	0003H
定时器 0 溢出中断	000BH
外部中断 1	0013H
定时器 1 溢出中断	001BH
串行口中断	0023H
定时器 2 溢出或 T2EX 负跳变	002BH

从表 1-2 可见, 每个中断只保留 8 个单元用于存放该中断的服务程序, 这一般是不够用的。因此, 也常常用转移指令转向被实际分配的中断服务程序段去执行。

二、内部数据存储器

内部数据存储器在物理上可以分为 3 个不同的区: 00H~7FH 单元组成低 128 字节的 RAM 区; 80H~FFH 单元组成高 128 字节的 RAM 区 (仅 52 子系列单片机具有); 以及 128 字节的专用寄存器 (SFR) 区。

对于 51 子系列单片机, 80H~FFH 的 128 字节的空间为 SFR 区, 而对于 52 子系列单片机而言, 它既是 RAM 区又是 SFR 区, 为两者重叠的地址空间, 究竟访问哪个区是通过不同的寻址方式来加以区分的: 访问高地址字节 RAM 时, 采用的是寄存器间接寻址方式, 访问 SFR 区时, 则只能用直接寻址的方式。而访问低 128 字节 RAM 时, 这两种寻址方式都可采用。

图 1-4 为内部数据存储器各部分地址空间的分布图。其中低地址 RAM 区 0~31 单元的共计 32 个字节为 4 个通用工作寄存器区, 每个区含有 8 个 8 位寄存器, 编号为 R0~R7。由于 4 组工作寄存器用同一组符号 R0~R7, 需要区分所采用的是哪一组工作寄存器, 这个问题可以通过设置程序状态字 PSW 来实现。

在 32~47 共 16 个字节单元中, 包含 128 位既可位寻址又可字节寻址的空间, 图 1-5 给出了位寻址时具体的位寻址分配。

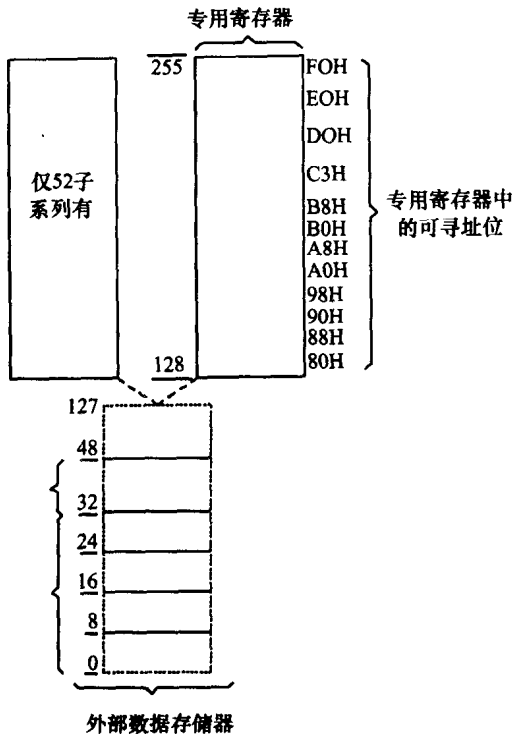


图 1-4 内部数据存储器的配置

RAM 地址	(MSB)	(LSB)	
7FH			127
2FH	7F	7E 7D 7C 7B 7A 79 78	47
2EH	77	76 75 74 73 72 71 70	46
2DH	6F	6E 6D 6C 6B 6A 69 68	45
2CH	67	66 65 64 63 62 61 60	44
2BH	5F	5E 5D 5C 5B 5A 59 58	43
2AH	57	56 55 54 53 52 51 50	42
29H	4F	4E 4D 4C 4B 4A 49 48	41
28H	47	46 45 44 43 42 41 40	40
27H	3F	3E 3D 3C 3B 3A 39 38	39
26H	37	36 35 34 33 32 31 30	38
25H	2F	2E 2D 2C 2B 2A 29 28	37
24H	27	26 25 24 23 22 21 20	36
23H	1F	1E 1D 1C 1B 1A 19 18	35
22H	17	16 15 14 13 12 11 10	34
21H	0F	0E 0D 0C 0B 0A 09 08	33
20H	07	06 05 04 03 02 01 00	32
1FH			31
18H		3区	24
17H			23
10H		2区	16
0FH			15
08H		1区	8
07H			7
00H		0区	0

图 1-5 内部 RAM 块中专用位的地址

48~127 共 80 个字节单元为字节寻址的内部 RAM 区。对于 52 子系列单片机而言，还有 128~255 共 128 个字节单元的高地址区内部 RAM。

三、专用寄存器 (SFR) 区

MCS-51 有处于高地址段内部 RAM 结构的共 128 个字节的专用寄存器 (SFR) 区，共计 23 个寄存器 (3 个只属于 52 子系列)，其中 5 个是双字节寄存器。PC 寄存器在物理上是独立的，其余 22 个寄存器都属于内部数据存储器的 SFR 区，共占用 26 个字节的存储空间。

图 1-6 给出了 SFR 区中可直接按位寻址的专用寄存器的位地址空间。

表 1-3 则具体列出了 MCS-51 的专用寄存器。

四、外部数据存储器

256B (或 384B) 的内部数据存储空间一般无法满足用户的要求，往往需要扩展外部数据存储器来进行数据的存储。

表 1-3 专用寄存器

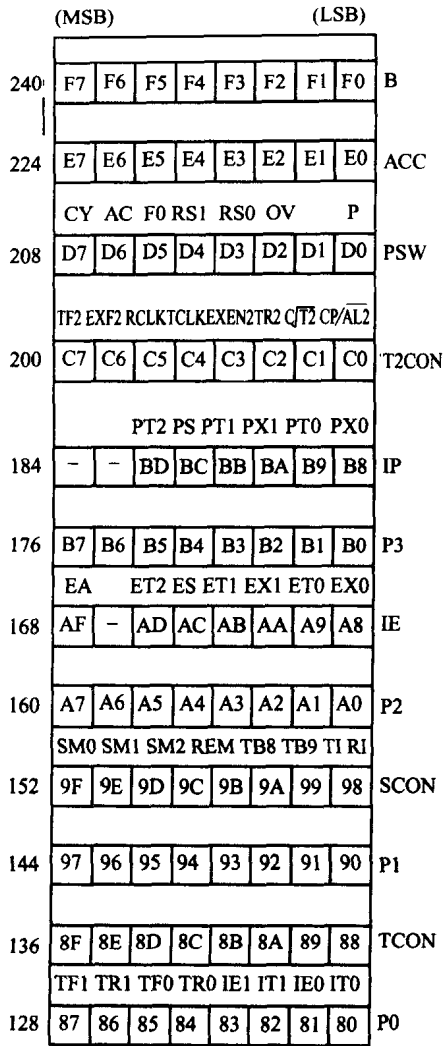


图 1-6 SFR 块中专用位的地址

标识符	名称	地址空间
#B	B 寄存器	0F0H
#ACC	累加器	0E0H
#PSW	程序状态字	0D0H
SP	堆栈指针	81H
#IP	中断优先级控制	0B8H
DPTR	数据指针 (包括 DPH 和 DPL 两部分)	83H 和 82H
#IE	允许中断控制	0A8H
#P0	端口 0	80H
#P1	端口 1	90H
#P2	端口 2	0A0H
#P3	端口 3	0B0H
TMOD	定时器/计数器方式控制	89H
#TCON	定时器/计数器控制	88H
#T2CON	定时数/计数器 2 控制	0C8H
TH0	定时器/计数器 0 (高位字符)	8CH
TL0	定时器/计数器 0 (低位字符)	8AH
TH1	定时器/计数器 1 (高位字节)	8DH
TL1	定时器/计数器 2 (低位字节)	8BH
*TH2	定时器/计数器 2 (高位字节)	0CDH
*TL2	定时器/计数器 2 (低位字节)	0CCH
#RLDH	定时器/计数器 2 自动再装载 (高位字节)	0CBH
#RLDL	定时器/计数器 2 自动再装载 (低位字节)	0CAH
#SCON	串行控制	98H
SBUF	串行数据缓冲器	99H
PCON	电源控制	97H

注: 带#号的寄存器可按字节和按位寻址; 带*号的寄存器是与定时器/计数器 2 有关的寄存器, 仅在 52 子系列单片机中存在。

在对外部数据存储单元采用间接寻址方式进行访问时, Ri (i=1,2) 和 DPTR 都可以作为间址寄存器使用, 其中 Ri (i=1,2) 提供 8 位地址, 可寻址的空间为 256B, 由 P0 口输出 8 位地址; DPTR 提供 16 位地址, 可寻址的空间是 64KB, DPL 由 P0 口输出, DPH 由 P2 口输出。P0 口分时复用, 读/写操作的数据由 P0 口输入/输出。

1.2.4 I/O 口

即 P0 口、P1 口、P2 口和 P3 口。它们的具体一些情况已在本节前面第 1.2.2 小节中的“单片机的各引脚功能描述”中有所介绍, 在此不再赘述。

1.2.5 CPU

CPU 在单片机中的地位就好比人体中大脑的地位一样，极其重要。CPU 性能的优劣是单片机性能好坏的重要标志。CPU 时序、振荡器以及时钟电路都是其中相关的概念，这将在第 2 章专门做详细的介绍。

1.2.6 布尔（位）处理器

布尔处理器是 MCS-51 系列单片机的又一大特色。布尔处理器，即位处理器是由内部数据存储单元中一些可直接寻址的位构成的。

内部 RAM 中从 00H~7FH 共 128 位可以直接进行位寻址，另外，凡字节地址能被 8 整除的寄存器均包含可直接位寻址的位。51 单片机中共 221 个可位寻址的位，它们就构成了布尔处理器。布尔处理器有自己的累加器——程序状态字 PSW 中的进位标志 CY；有自己的 RAM——内部 RAM 区中的 128 个可寻址位；还有自己的 I/O 口——P0~P3 口的各位；另外也有自己的指令系统，共包括 17 条指令，可用于各种布尔变量处理，如置位、清零、求反、传送、逻辑运算等等操作。

在测控系统中采用位操作类指令可以提供最佳代码和速度，大大增强系统的实时性，所有这些，都是其他机种所无法比拟的。

因为本书的重点是介绍单片机在工程中的实际应用，因此，与 MCS-51 系列单片机有关的基本内容就简单地介绍到这里。

1.3 MCS-96 系列单片机

如果说 8 位单片机的代表是 MCS-51 单片机的话，那 16 位单片机的代表就非 MCS-96 单片机莫属。

1.3.1 MCS-96 单片机的特点

MCS-96 单片机的结构框图如图 1-7 所示。

一、MCS-96 单片机的主要特点

1. 16 位的 CPU

MCS-51 单片机 CPU 采用累加器结构。MCS-96 单片机 CPU 采用寄存器文件结构，CPU 通过特殊功能寄存器（SFR）或存储器控制器与外部进行数据交换，结果就消除了一般 CPU 结构中存在的累加器瓶颈效应，提高了操作速度和数据吞吐能力。

16 位 CPU 支持位、字节和字操作，部分指令还支持 32 位双字操作。

2. 10 位的 A/D 转换器

在 8096 的部分产品中，有一个 8 通道或 4 通道（如 8098）的 10 位 A/D 转换器，因此多路数据采集系统、智能仪器等应用场合采用此类单片机极其方便、适用。

当晶振为 12MHz 时，A/D 转换周期是 22 μ s。

3. PWM 脉宽调制输出

MCS-96 单片机可以直接提供多种用途的脉宽调制信号，例如用于驱动电路。脉宽调

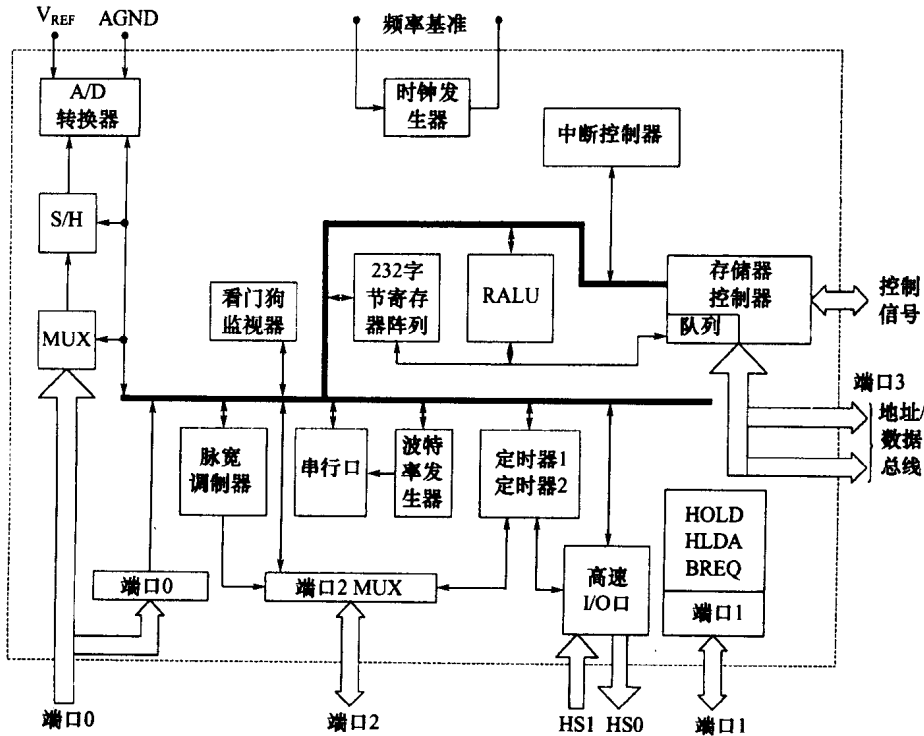


图 1-7 MCS-96 单片机框图

制 (PWM) 输出信号经过积分后获得直流输出, 可以用作 D/A 转换器或波形发生器。D/A 转换器的分辨率为 8 位, 12MHz 晶振下的脉冲周期为 $64\mu\text{s}$ 。

4. 高效指令系统

MCS-96 单片机有丰富的指令系统, 不但运算速度快, 编程效率也高。该指令系统可以对无符号数进行操作, 有符号扩展指令, 还有数据规格化指令等等, 这些是它优于 MCS-51 指令系统之处。

MCS-96 很多指令可完成多项任务, 操作数长度灵活, 如不少指令可用双操作数, 有的可用 3 操作数, 大大提高了编程的效率。晶振为 12MHz 时一条指令的最短执行时间是 $1\mu\text{s}$, 16 位乘 16 位乘法指令或 32 位除以 16 位除法指令的执行时间是 $6.25\mu\text{s}$ 。

5. 自带波特率发生器的全双工串行口

MCS-96 全双工串行口与 MCS-51 的全双工串行口兼容, 并且自带波特率发生器。该串行口有 4 种工作模式, 能方便地用于 I/O 扩展、多机通信以及与 CRT 终端的通信。

6. 高速输入(HIS)/输出 (HSO) 部件

高速输入器(HSI)用来记录外部事件发生的时间, 共计可以记录 8 个事件; 而高速输出器(HSO)可以按设定的时刻去触发某一事件, 任何时候都可以悬挂 8 个事件。“高速”的含义是指所有这些功能都是通过定时器实现的, 而不占用 CPU 资源。

7. 8 个中断源

MCS-96 有 8 个中断源, 对应于 8 个中断矢量, 而有的中断矢量又对应着多个中断事件, 因此共计可对应 20 种中断事件。

8. 16 位监视定时器 (Watchdog)

当系统产生软硬件故障时, 监视定时器将让系统复位而使 CPU 恢复工作, 从而提供了一种软硬件故障的恢复能力。

9. 2 个 16 位定时器

MCS-96 有两个 16 位定时器, 定时器 1 做为实时时钟, 在系统运行时循环计数; 定时器 2 根据引脚的外部触发信号进行计数, 从而充当外部事件计数器使用。

10. 可动态配置的总线

在系统运行过程中, MCS-96 总线可以根据需要动态地配置成 8 位或 16 位, 以便应对外部寄存器进行字节操作或字操作的需求。8098 只有 8 位总线。

11. 4 个 16 位软件定时器

MCS-96 的 4 个 16 位软件定时器 (ST0~ST3) 可以通过对 HSO 编程进行设定。4 个定时器中的任一个到达设定的时间后, 硬件会自动设置相应的软件定时器标志, 激活相应的软件定时器中断服务程序。当多个软件定时器同时发生中断时, 将产生多重中断的情形。

二、封装

MCS-96 共有 5 种封装形式: 48 脚 DIP 封装、68 脚 PGA 封装、68 脚 PLCC 封装、68 脚 LCC 封装、64 脚 SDIP 封装, 如图 1-8 所示。

三、引脚描述

68 个引脚的功能分别如下:

- V_{CC}: 电源 (+5V)。
- V_{SS}: 数字地。
- V_{PD}: RAM 备用电源。正常操作期间应加上此电源。在掉电状态下, 若在 V_{CC} 下降到低于规定值之前使 $\overline{\text{RESET}}$ 有效, 则寄存器阵列的顶部 16 字节的内容将保持不变。在掉电期间, $\overline{\text{RESET}}$ 应一直保持低电平, 直至 V_{CC} 恢复到规定范围内且振荡器达到稳定为止。
- V_{REF}: A/D 转换器的参考电压 (+5V), 也是 A/D 转换器模拟电路部分的电源。
- ANGND: A/D 转换器的参考地, 通常应与 V_{SS} 同电平。
- XTAL1: 内部振荡器反相器和内部时钟发生器的输入。
- XTAL2: 内部振荡器反相器的输出。
- $\overline{\text{RESET}}$: 复位输入引脚。此引脚保持 2 个状态周期以上的低电平信号时, 将使芯片复位。此后该引脚从低电平到高电平的跳变使 CLKOUT 重新同步, 并形成 10 个状态周期的序列, 在此期间, PSW 复位, 2018H 的内容装载到 CCR 寄存器, 并跳转到 2080H 单元开始执行程序。程序运行期间, 此引脚应为高电平。
- BUSWIDTH: 外部数据总线宽度选择位。当芯片配置寄存器 CCR.1=1 时, 运行中总线宽度取决于 BUSWIDTH 引脚的逻辑值: BUSWIDTH=1, 总线为 16 位; BUSWIDTH=0, 总线为 8 位。若 CCR.1=0, 则总线保持 8 位。
- NMI: 非屏蔽中断信号输入。当此引脚有一个正跳变时, 监视定时器复位, 同时形成对外部程序存储器 0000H 单元的一个中断矢量。
- INST: 当对外部存储器进行读操作时, 此引脚输出为高, 表示取指周期。

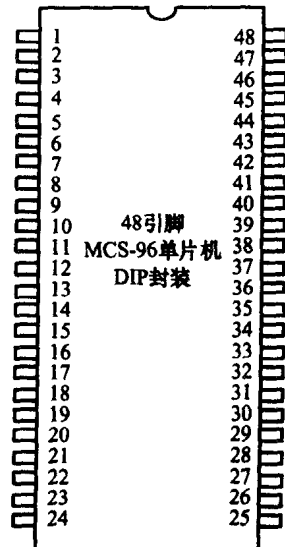
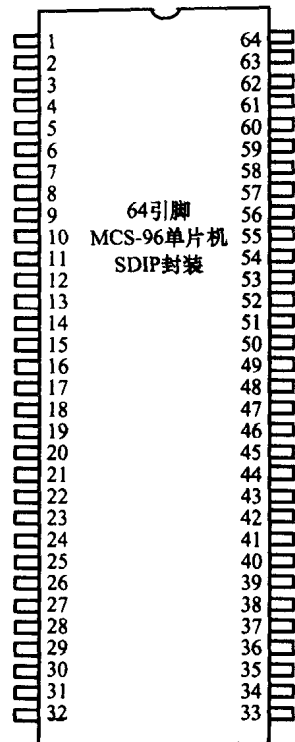
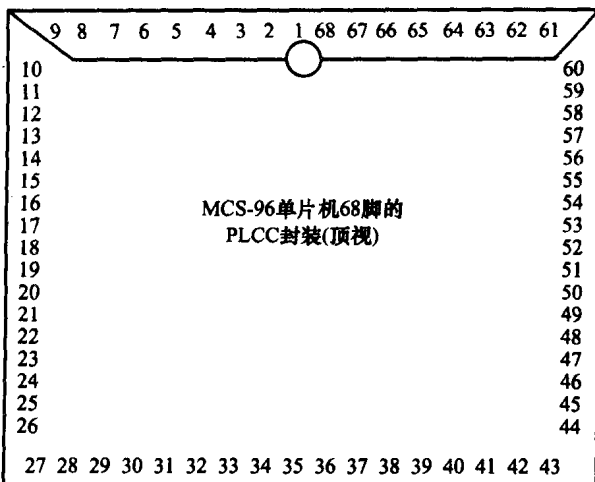
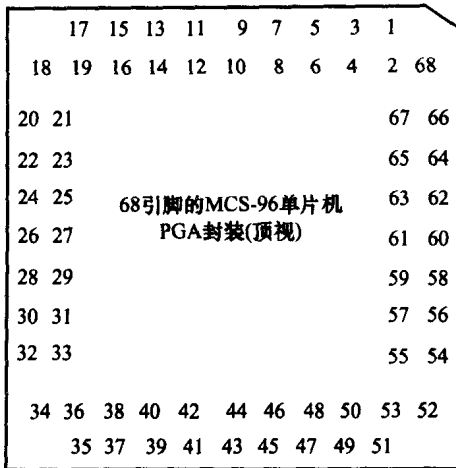
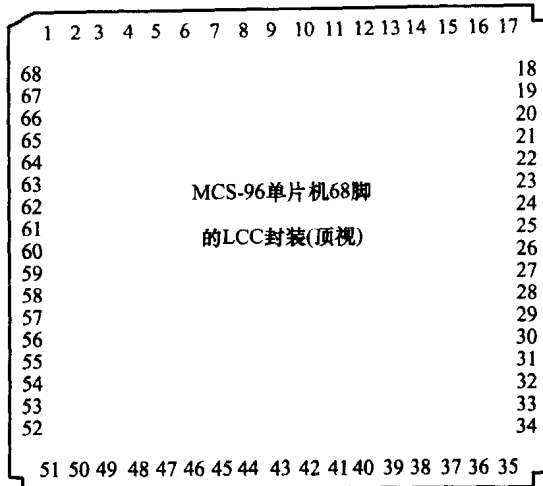


图 1-8 MCS-96 单片机的封装

- \overline{EA} : 外部存储器选择输入端。 $\overline{EA} = 1$, 访问片内 ROM/EPROM 的 2000H~3FFFFH 单元; $\overline{EA} = 0$, 访问片外的同地址存储器单元。在 EPROM 编程期间, $\overline{EA} = +12.5V$ 时, 编程开始。 \overline{EA} 有内部下拉电阻, 故若不进行外部驱动, 它始终保持低电平。

- $\overline{ALE} / \overline{ADV}$: 地址锁存允许 (\overline{ALE}) 或地址有效输出信号 (\overline{ADV})。仅在访问外部程序存储器时此引脚的信号才有效。它们均提供一个锁存信号, 能够把地址从地址/数据总线中分离出来。

- \overline{RD} : 对外部存储器的读信号。当对外部存储器进行读操作时, 此引脚输出为低。

- $\overline{WR} / \overline{WRL}$: 写外部存储器或写外部存储器低位字节的输出信号, 由 CCR 进行控制。若选 \overline{WR} 功能, 则每次写外部存储器时 \overline{WR} 都变低; 若选 \overline{WRL} 功能, 则仅写外部存储器的偶数字节 (低位字节) 时此引脚才变低。

- $\overline{BHE} / \overline{WRH}$: 总线高位字节允许或写外部存储器高位字节信号, 由 CCR 进行选择。若选择 \overline{BHE} 功能时: 当 $\overline{BHE} = 0$, 选择连接数据总线上的高位字节的存储器块; 当存储器地址的最低位 $A_0 = 0$, 则选择低位字节的存储器块。因此, 当访问一个 16 位的存储器块时, 若 $A_0 = 0$, $\overline{BHE} = 1$, 选通低位字节存储器块; $A_0 = 1$, $\overline{BHE} = 0$, 选通高位字节存储器块; 而 $A_0 = 0$, $\overline{BHE} = 0$ 时, 同时选通 2 个存储器块, 即访问 16 位数据。若选择 \overline{WRH} 功能, 在对奇数地址 (高位字节) 的存储单元进行写操作时, 此引脚为低。

- \overline{READY} : 准备完成输出信号。加长存储器周期以便与慢速或动态存储器接口适应。若在 CLKOUT 下跳前此引脚未升高, 存储器进入等待方式, 告知 \overline{READY} 出现高电平。总线的等待周期最长可达到 $1\mu s$ 。

- \overline{HIS} : 高速输入部件的输入信号引脚, 共 4 个, 标号分别为 $\overline{HIS.0}$ ~ $\overline{HIS.3}$, 其中 $\overline{HIS.2}$ 和 $\overline{HIS.3}$ 与高速输出部件的 $\overline{HSO.4}$ 和 $\overline{HSO.5}$ 共用。

- \overline{HSO} : 高速输出部件的输出信号引脚, 共 6 个, 标号为 $\overline{HSO.0}$ ~ $\overline{HSO.5}$, 其中 $\overline{HSO.4}$ 、 $\overline{HSO.5}$ 与 \overline{HIS} 的两个引脚合用。

- $\overline{P0}$: 8 位高阻抗输入口, 作 8 位数字量输入口线或片内 A/D 转换器的 8 个模拟量输入信号线。当对 EPROM 型单片机编程时, 另有定义。

- $\overline{P1}$: 8 位准双向 I/O 口。

- $\overline{P2}$: 8 位多功能口。其中 $\overline{P2.6}$ 和 $\overline{P2.7}$ 为准双向口线, $\overline{P2.0}$ ~ $\overline{P2.5}$ 引脚为多功能 (下面将进行详细介绍)。

- $\overline{P3}$ 、 $\overline{P4}$: 具有漏极开路输出的 8 位双向 I/O 口。这 16 根口线用作地址/数据分时复用。

- $\overline{TXD/P2.0}$: 串行口发送端。在 EPROM 型单片机中, 此引脚还用作编程方式下的 \overline{PVER} 或 \overline{SALE} 端。

- $\overline{RXD/P2.1}$: 串行口接收端。在 EPROM 型单片机中, 此引脚还用作编程方式下的 \overline{PALE} 端。

- $\overline{EXTINT/P2.2}$: 外部中断请求端。在 EPROM 型单片机中, 此引脚还用作编程方式下的 \overline{PROG} 端。

- $\overline{T2CLK/P2.3}$: 定时器 2 的外部时钟输入端。

- $\overline{T2RST/P2.4}$: 定时器 2 的复位端。

- $\overline{PWM/P2.5}$: 脉宽调制器输出端。在 EPROM 型单片机中, 此引脚还用作编程方式

下的 $\overline{\text{PDO}}$ 或 $\overline{\text{SPROG}}$ 端。

1.3.2 CPU

MCS-96 单片机 CPU 的主要组成有：高速寄存器阵列和寄存器算术逻辑单元 RALU。该 CPU 与 MCS-51 的最大不同之处在于 RALU 没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。这种结构的优点是有利于消除累加器的瓶颈效应，加速数据交换和更改的能力，提高 CPU 的吞吐能力。

一、CPU 总线

CPU 内部的寄存器阵列通过 2 条总线和—个控制器与 RALU 相连。这两条总线为 8 位的 A-BUS 和 16 位的 D-BUS。D-BUS 用于 RALU 与寄存器之间传送数据，而 A-BUS 用作上述传送过程中的地址总线。当 CPU 通过寄存器控制器访问片内外寄存器时，A-BUS 可作为分时复用的地址/数据总线。

二、寄存器算术逻辑单元 (RALU)

RALU 主要包括 ALU 和一些寄存器，其结构如图 1-9 所示。

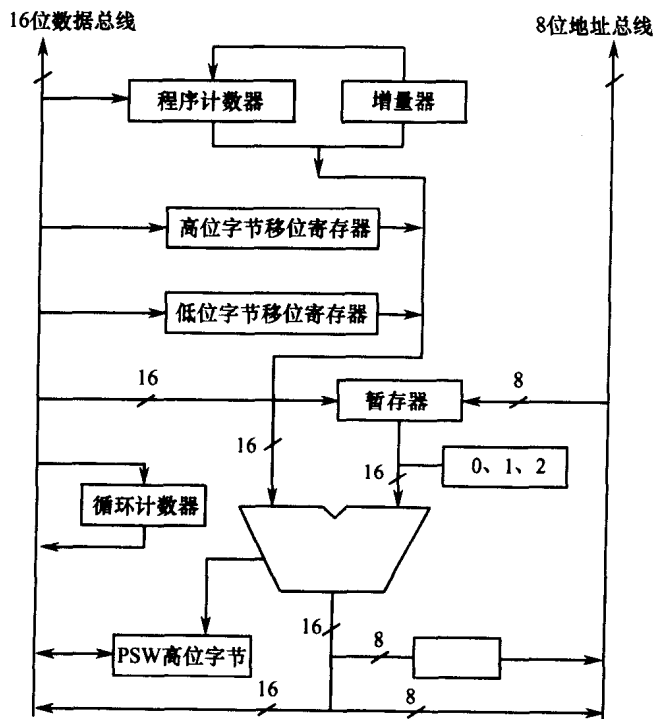


图 1-9 RALU 框图

RALU 包括一个 17 位（最高位用来表示符号）的算术逻辑单元（ALU）、程序状态字（SPW）、程序计数器（PC）、循环计数器（LOOP COUNTER）以及三个暂存器（TEMPORARY REGISTER），所有这些寄存器都是 16 位或 17 位（有一位是符号位）。当程序顺序执行时，增量器可以脱离 ALU 单独进行一些简单的操作，但程序执行跳转指令时，则必须由 ALU 进行处理。

两个暂存寄存器——高位字寄存器和低位字寄存器有自己专用的移位逻辑，在需要逻辑移位操作，如执行数据规格化、乘法和除法指令时，可以不通过 ALU 而借助本身的移位逻辑实现。其中，低位字寄存器只用于双字的移位；至于高位字寄存器，只要有移位操作就要用到它，而且在很多指令中作为暂存寄存器使用。重复移位和计数由 5 位回路计数器完成。

在双操作数指令中，一个暂存寄存器用来存放双操作数指令中的第二个操作数。做减法时此寄存器先对减数取补后再送到 ALU 的输入 B 端。改变总线位数时，延时机构把 16 位信号（地址/数据）转换为 8 位。另外，RALU 中还存放几个常数（0、1、2），这样可以加快某些运算，如取补、执行加 1（INC）、减 1（DEC）等指令。

三、CPU 寄存器阵列

MCS-96 中寄存器阵列共有 232 字节 RAM 单元，它们可按字节、字、双字存取。基于 MCS-96 系列单片机 CPU 的特点，RAM 中的每个单元都可以为 RALU 所用，这就好像有了 232 个累加器。另外，需要指出，寄存器阵列的 18H 和 19H 单元被保留作堆栈指针使用，因而凡需使用堆栈的场合，必须保留此地址，不得挪做它用。访问寄存器阵列和专用寄存器（SFR）的地址由 CPU 控制，被分作 2 个 8 位暂存在两个 8 位地址寄存器内。

1.3.3 时钟信号

一、振荡电路

MCS-96 单片机工作所需要的时钟可以通过 XTAL1 输入脚从外部获得，或者采用芯片内部的振荡器，工作的频率从 6MHz~12 MHz。

MCS-96 也可以像 MCS-51 那样与石英晶体配合组成一个振荡器，外部电路如图 1-10 所示。晶体接在 XTAL1 和 XTAL2 之间，外接电容 C_1 和 C_2 取值不太严格，一般取为 30pF。

使用外部时钟源时，外部时钟信号与 XTAL1 端连接，并使 XTAL2 端悬空，如图 1-11 所示。

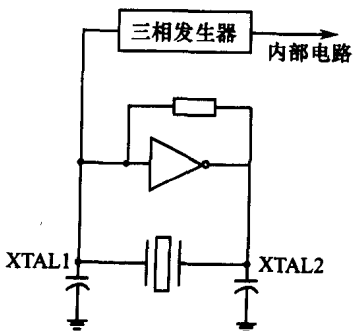


图 1-10 使用石英晶体时的电路

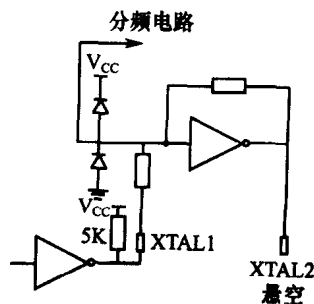


图 1-11 使用外部时钟源时的电路

为使 MCS-96 单片机可靠地工作，外部时钟源的时钟信号须经过滤波整形，以得到一个理想的固定电平。同时，外接时钟信号还应有一定的坡度，即最小的高电平和低电平之间应保持一定的差值，从而避免使 XTAL1 引脚长期处于高低电平的过渡区。信号处

于过渡区的时间越长，在时钟发生器中产生低频噪声干扰的可能性就越大，这将大大降低单片机系统工作的可靠性。

使用外部时钟源时，最理想的方式是采用卧式晶振。卧式晶振的 4 个引脚如图 1-12 所示：1 脚不用，2 脚接地，3 脚输出振荡脉冲，4 脚接电源。

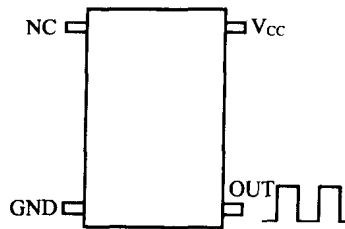


图 1-12 卧式晶振引脚

二、基本时序

晶体振荡器或外部振荡器提供的时钟信号经过 3 分频电路产生 3 个内部时序相位 A、B、C，如图 1-13 所示。

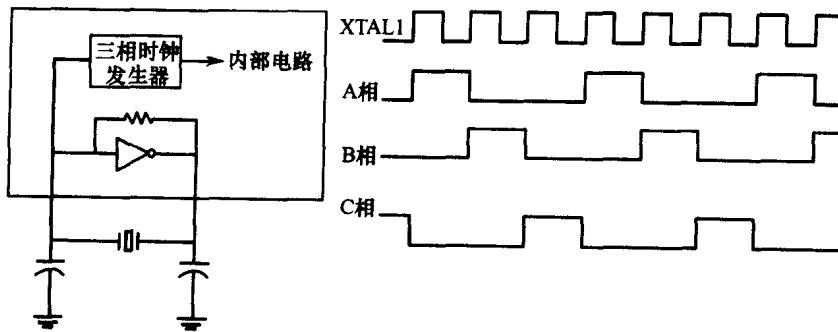


图 1-13 振荡器框图和内部电路输出

3 个振荡器周期 T_{osc} 构成 1 个状态周期 T （当 $F_{osc}=12\text{ MHz}$ 时， $T_{osc}=83\text{ ns}$ ， $T=250\text{ ns}$ ），它是 MCS-96 单片机操作的基本时间单位。A、B、C 各相的占空比均为 33%，MCS-96 的内部操作大部分都与三者之一同步，在 68 脚芯片中，A 相信号可以通过 CLKOUT 脚输出，但 B 相和 C 相没有引脚向外引出。

1.3.4 存储器

MCS-96 单片机具有一个逻辑上完全相同的寄存器空间，可寻址空间是 64KB，具体的配置如图 1-14 所示。值得注意的是，向单片机编程时不能使用 Intel 保留地址，否则会发生错误。

一、寄存器阵列

对于 8X98 和 8X9XBH 芯片，00H~FFH 为内部 RAM 空间，包括寄存器阵列和 SFR。00H~17H 这 24 个单元用作特殊功能寄存器（SFR），18H 和 19H 作为堆栈的地址指针，而剩余的 230 个单元可为用户作为 RAM 任意使用。如果使用不中不涉及堆栈操作，则 18H

docsriver 文川网
入驻商家 古籍书城

在文川网搜索古籍书城 获取更多电子书

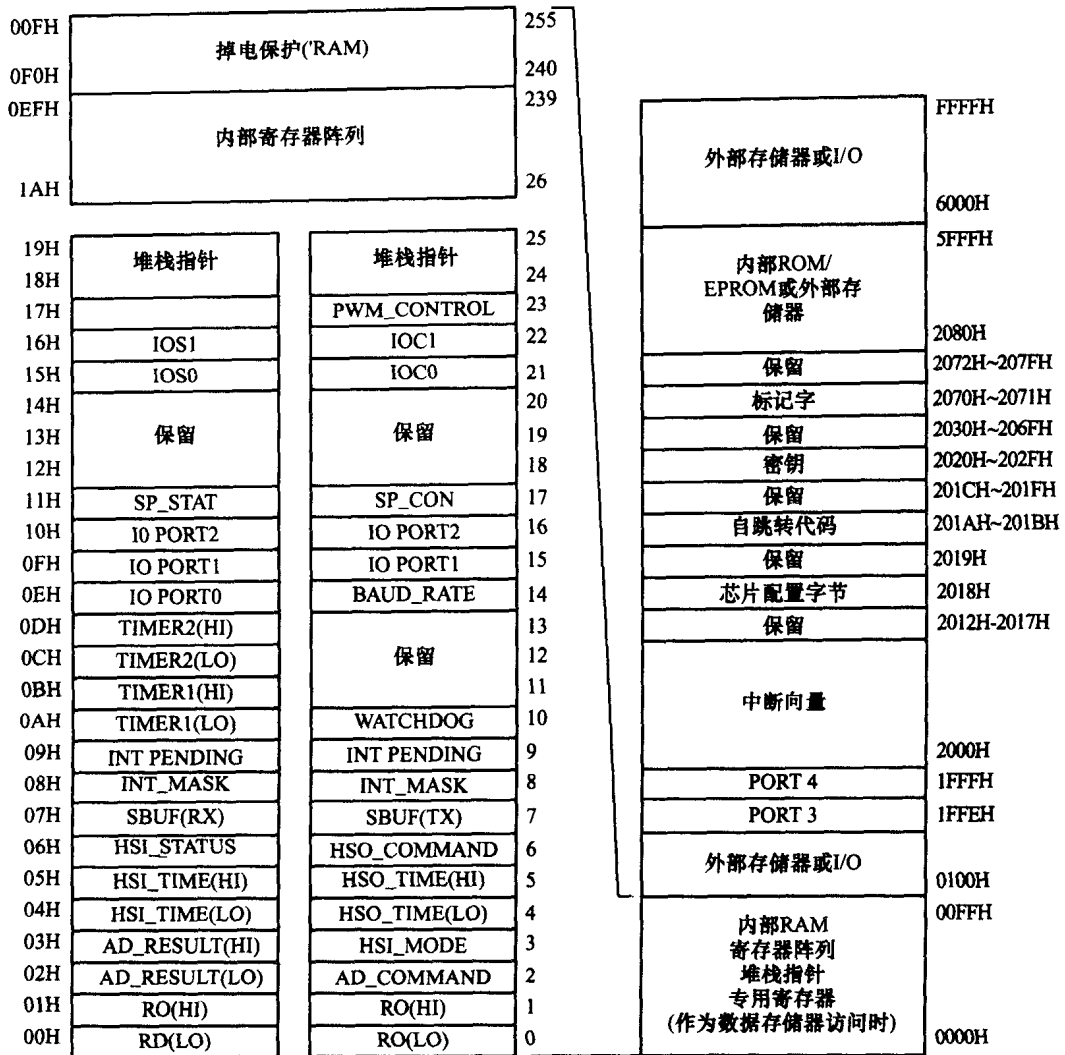


图 1-14 寄存器的配置

和 19H 也可以作为一般的 RAM 空间使用，于是通用寄存器阵列单元共计就有 232 个。当 VPD 联接有备用电源时，其顶部的 16 个单元 FOH~FFH 可以作为掉电保护单元用，内容不会丢失。

二、SFR

MCS-96 单片机内部各功能部件都受到特殊功能寄存器的控制。图 1-14 详细给出了这些寄存器的地址和名称。特殊功能寄存器中的保留寄存器作为将来扩展和测试用，对这些寄存器读和写不一定能得到正确的结果。

SFR 中各寄存器的名称和用途如下：

- RO: 零寄存器。它的读出值总是零。在零寄存器寻址操作时作为零基址用，或在计算和比较时用作常数。

- AD_RESULT: A/D 转换器的转换结果寄存器，只能按字节读。

- **AD_COMMAND**: A/D 命令寄存器, 用来控制 A/D 转换器的工作。
- **HIS_MODE**: HIS 方式寄存器, 用来设置高速输入部件的工作方式。
- **WATCHDOG**: 监视定时器寄存器。此寄存器启动后, 最长每隔 64 000 个状态周期软件便将它复位一次。如因故障未能及时使之复位, 系统将自动产生复位信号, 从而脱离故障状态。

- **TIMER1**: 定时器 1, 只能按字读。
- **TIMER2**: 定时器 2, 只能按字读。
- **IO_PORT0**: P0 口寄存器。
- **BAUD_RATE**: 波特率寄存器。
- **SP_STAT**: 串行口状态寄存器。
- **SP_CON**: 串行口控制寄存器。
- **IO_PORT2**: P2 口寄存器。
- **IOS0**: I/O 状态寄存器 0, 用于存放 HSO 的状态信息。
- **IOS1**: I/O 状态寄存器 1, 用于存放定时器以及 HSI 的状态信息。
- **HSL_TIME**: HIS 时间寄存器, 存放触发高速输入部件的时间值, 只能按字读。
- **HSO_TIME**: HSO 时间寄存器。设置高速输出的时间, 以执行 HSO 命令寄存器的命令, 只能按字写。

- **HSO_COMMAND**: HSO 命令寄存器。决定 HSO 时间寄存器中的时间值所确定的时刻发生什么事件。

- **HIS_STATUS**: HIS 状态寄存器。指出 HIS 引脚的状态, 即在 HIS 时间寄存器所记载的时刻哪些引脚产生了事件, 以及 HIS 引脚当前的状态。

- **SBUF(RX)**: 串行口接收寄存器, 存放从串行口接收的字节。
- **SBUF(TX)**: 串行口发送寄存器, 存放欲从串行口发送的字节。
- **INT_MASK**: 中断屏蔽寄存器。
- **INT_PENDING**: 中断悬挂寄存器。指示各中断源是否产生了中断信号。
- **IOC0**: I/O 控制寄存器 0。用于控制 HIS 引脚的复用功能, 定时器 2 的复位源和定时器 2 的时钟源。
- **IOC1**: I/O 控制寄存器 1。用于控制口 2 引脚的复用功能以及定时器中断和 HIS 中断。

- **PWM_CONTROL**: 脉宽调制控制寄存器。用于设置 PWM 脉冲的持续时间。

三、内部 ROM/EPROM

在 ROM/EPROM 型 MCS-96 单片机的 8X9XBH 和 8X98 产品中, 内部 ROM/EPROM 占有 8KB 空间, 地址范围是 2000H~3FFFH。其中, 2080H~3FFFH 可以自由使用。

而 8X9XJF 产品则增加了 8KB 的内部 ROM/EPROM, 占用的地址空间为 2000H~5FFFH。

只有符合芯片有内部 ROM/EPROM, \overline{EA} 引脚接高电平, 且地址在上述范围内这三个条件, CPU 才从片内 ROM/EPROM 中读取指令和数据, 否则, CPU 将从外部存储器和内部 RAM 中读取指令和数据。