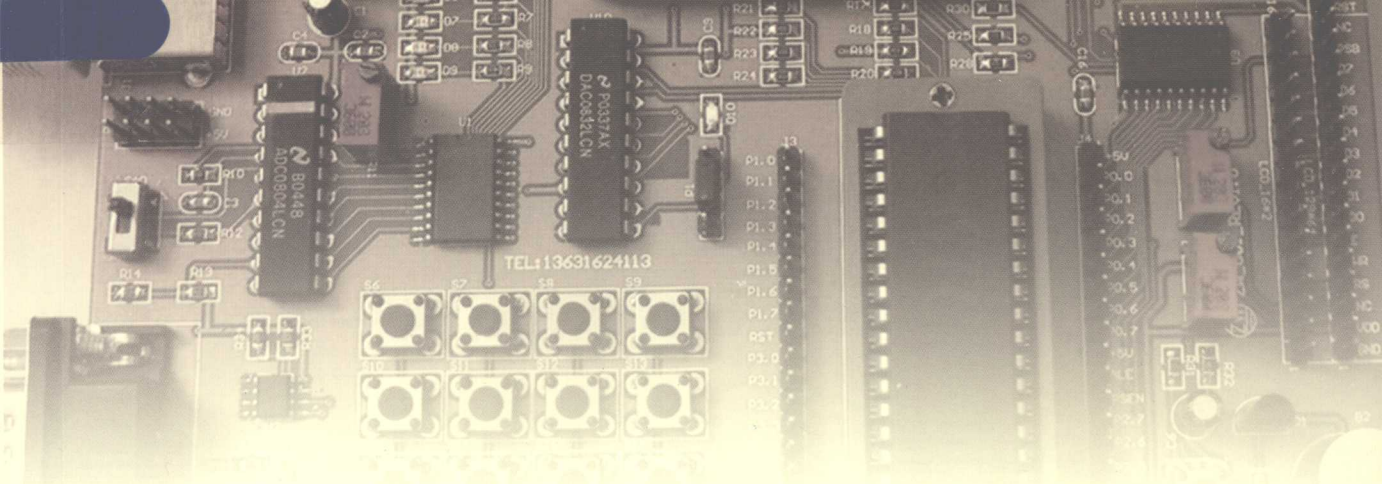




北京市属市管高等学校人才强教计划资助项目

51单片机 实用教程

曹建树 夏云生 曾林春 编著

中国石化出版社
[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

TP368.1/453

2008

北京市属市管高等学校人才强教计划资助项目

51 单片机实用教程

曾建树 夏云生 曾林春 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

本书以掌握国内最为流行的 51 系列单片机系统应用技术为目标,以实例分析与动手训练为主线,深入浅出地阐述了单片机系统结构、原理及应用技术。

本书改变了传统文献资料式的编写形式,在简要讲述单片机基本知识的基础上,通过一系列实例分析与动手实践,进一步扩展应用知识,使理论结合实际,深入浅出,通俗易懂,便于理解。同时,注重实用化,全部电路公开化,代码公开化,便于初学者研习和动手实践。内容充实,涉及面广,克服了传统 51 实验箱的局限。书中每个实验独立完整,经济适用。其电路设计在 PROTEUS 软件中完成,软件设计在 Keil μ Vision2 中完成。这样,初学者在没有硬件的情况下也可以利用 PROTEUS 和 Keil μ Vision2 两个软件建立自己的虚拟实验系统进行学习。全书共分九章,每章末尾附有一定数量的习题。

本书可作为高等院校的单片机实践教材,也可作为广大科技人员的自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

51 单片机实用教程/曹建树,夏云生,曾林春编著.
北京:中国石化出版社,2008
ISBN 978-7-80229-613-8

I. 5… II. ①曹…②夏…③曾… III. 单片微型计算机 - 教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 078786 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com.cn

北京密云红光制版公司排版

北京科信印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 21 印张 526 千字

2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷

定价:45.00 元

前言

随着微电子技术和超大规模集成电路技术的发展,单片微型计算机以其体积小、性价比高、功能强、可靠性高等独有的特点,在各个领域(如工业控制、家电产品、汽车电子、通信、智能仪器仪表)得到了广泛的应用。学习和使用单片机的人越来越多,而生产单片机的厂家很多,单片机种类繁多,不知如何选择。据统计,8位单片机占全球单片机销量的65%。在8位单片机中,Intel公司的8051单片机内核已成为8位单片机事实上的标准。因此,对初学者而言,选择8051单片机来学习不失为明智的选择。目前,市面上关于8051单片机编程的书籍很多,然而,在8051单片机应用方面的书相对较少,作者长期从事单片微型计算机控制系统的研究与教学工作,在十几年的教学实践中发展了以实践动手为主线的教学方法,撰写了与之配合的教程。

本教程在编写思路上有以下特点:

(1) 本教程改变了传统教材文献资料式的编写形式,以培养实际动手应用能力为教学突破口,在应用中不断发现问题、解决问题。在简要讲述单片机基本知识的基础上,通过一系列实例分析与动手实践,及进一步扩展应用知识,使教学内容理论结合实际、深入浅出,通俗易懂,便于理解,使学生达到有一定动手解决工程实践问题的能力。

(2) 注重实用化,主要表现在全部电路公开化,代码公开化,便于初学者研习和动手实践。

(3) 内容充实,涉及面广,克服了传统51实验箱的局限,本书中每个实验独立完整,灵活。

(4) 经济适用,本书中电路设计在PROTEUS软件中完成,软件设计在Keil μ Vision2完成,初学者在没有硬件的情况下可以利用PROTEUS和Keil μ Vision2两个软件建立自己的虚拟实验系统进行学习。

全书共分为九章。第一章介绍51单片机的基础知识;第二、三章主要介绍PROTEUS和Keil μ Vision2两个软件的基本使用方法,包括工程文件的建立、仿真和调试等;第四、五章主要结合单片机基本硬件资源(定时器,中断等),介绍单片机I/O端口的基本操作和基本的输入输出设备;第六、七章主要围绕A/D与D/A转换和常用传感器的使用结合实际应用进行了详细讲解;第八章主要围绕小型直流电机和步进电机展开,详细介绍了电机的控制原理和应用电路;第九章主要结合几个典型应用介绍了单片机串行口的使用。

在本书编写之前，作者阅读了大量相关的文献资料，其中包括丰富的网络资源，借此机会向这些作者们深表敬意。

本书由曹建树、夏云生和曾林春编写。另外，为本书部分内容的编写、资料查阅和校对工作尽力的有杜光辉、李海洋、李丽、吴小英、田纪群、谢毅锋，在此一并表示感谢！

由于作者水平有限，时间仓促，书中难免有错误和疏漏之处，敬请读者批评指正。

目 录

第一章 51 单片机基础知识	(1)
1.1 51 单片机概述	(1)
1.2 51 单片机内部资源	(6)
1.3 51 单片机引脚功能	(39)
1.4 MCS-51 单片机工作方式	(41)
1.5 MCS-51 单片机指令系统	(45)
1.6 51 单片机系统扩展与接口技术	(59)
1.7 单片机开发系统	(67)
1.8 单片机应用系统的调试	(69)
习题	(71)
第二章 Keil μ Vision2 软件的使用	(73)
2.1 Keil μ Vision2 软件开发流程	(73)
2.2 Keil μ Vision2 工程的创建	(74)
2.3 Keil μ Vision2 工程文件的建立	(77)
2.4 Keil μ Vision2 工程文件的编译	(78)
2.5 Keil μ Vision2 工程文件的仿真及其他设置	(79)
2.6 Keil 软件的工作环境简介	(83)
习题	(84)
第三章 PROTEUS 仿真	(85)
3.1 PROTEUS 的主要功能模块及资源	(86)
3.2 PROTEUS ISIS 编辑环境	(88)
3.3 基本操作	(90)
3.4 设计实例	(95)
3.5 Keil 与 PROTEUS 联机调试	(103)
习题	(105)
第四章 单片机 I/O 端口基本操作	(106)
4.1 单片机控制单个二极管	(106)
4.2 单片机中断控制循环灯	(109)
4.3 查表控制广告灯	(111)
4.4 报警音产生	(115)
4.5 音乐播放	(117)
4.6 74LS138 译码器控制的循环灯	(121)
4.7 数字钟设计	(124)
习题	(130)

第五章 单片机人机交互接口技术	(132)
5.1 单个数码管显示	(132)
5.2 动态数码管显示	(135)
5.3 8×8 点阵显示	(140)
5.4 LCD 显示技术	(146)
5.5 点阵型 LCD 显示技术	(154)
5.6 多路开关状态指示	(164)
5.7 单按键识别	(167)
5.8 单键多功能按键识别	(171)
5.9 4×4 行列键盘识别	(174)
习题	(183)
第六章 单片机前向通道	(185)
6.1 ADC0809 进行电压测量	(185)
6.2 串行 12 位 ADC TLC2543 的使用	(193)
6.3 串行 8 位 AD TLC549/548 的使用	(196)
6.4 DS1820 温度传感器的使用	(199)
6.5 AD590 温度传感器的使用	(210)
6.6 超声波传感器的使用	(215)
6.7 光电类传感器的使用	(224)
6.8 加速度传感器的使用	(230)
6.9 角度传感器的使用	(232)
习题	(234)
第七章 单片机后向通道	(235)
7.1 DAC0832 波形发生器	(235)
7.2 串行 12 位 DAMAX532 的使用	(248)
7.3 24C02 片外 ROM 的读写	(253)
7.4 数控电阻在电子设计中的使用	(263)
习题	(266)
第八章 电机控制	(267)
8.1 小型直流电机控制	(267)
8.2 PWM 信号控制直流电机	(271)
8.3 步进电机的单片机控制	(285)
8.4 舵机的单片机控制	(293)
习题	(299)
第九章 单片机串行接口	(300)
9.1 51 单片机与 PC 机的串口通讯	(300)
9.2 双机串口通讯	(303)
9.3 74LS164 串口驱动 8 个小灯	(305)
9.4 74LS164 驱动数码管	(307)
习题	(310)

附录 1	AT89C51 单片机管脚介绍	(311)
附录 2	MCS-51 系列单片机指令表	(313)
附录 3	51/52 单片机常用寄存器速查表	(317)
附录 4	一些常用的软件滤波方法	(320)
附录 5	电阻的上拉和下拉	(323)
附录 6	ASC II 码表	(325)
参考文献		(326)

第一章 51 单片机基础知识

随着大型集成电路技术的不断进步,20 世纪 80 年代开发出了能在一个芯片上集成 CPU、RAM、ROM、I/O 口等电子电路的超微型计算机,这种单个芯片式的微型计算机就被命名为单片微型计算机(Single Chip Microcomputer),简称为单片微机或单片机。具体地说,单片机就是将中央处理器 CPU(Central Processing Unit)、随机存储器 RAM(Random Access Memory)、只读存储器 ROM(Road Only Memory)、中断系统、定时器/计数器、I/O 接口等半导体集成电路芯片集成在一块电路芯片上的微型计算机,而且一些单片机中除了上述部分外,还集成了其他部分,如 A/D、D/A 数模转换接口电路等。

本章以国内目前使用最多的 MCS-51 单片机为例,对其芯片内部组成、存储器空间分配、I/O 口结构、信号动作时序、指令系统、定时器/计数器、串行通信接口、中断系统等进行介绍;对一些常用的接口扩展芯片的原理及其在 51 系统中的使用方法进行了介绍。通过本教程的学习和实战训练,学生应当能够理解 MCS-51 单片机的基本工作原理,学会用 MCS-51 单片机来构成实用的微处理器应用系统,能够编写基本的系统监控程序,能使用仿真开发系统对所设计的软、硬件系统进行调试排错,并完成应用系统的设计。

1.1 51 单片机概述

单片机具有功能强,体积小,成本低,功耗小,配置灵活等特点,使其在工业控制、智能仪表、通信系统、信号处理等领域以及家用电器、高级玩具、办公自动化设备等方面均得到应用。

自从 1974 年 12 月美国仙童(Fairchild)公司第一个推出世界上第一台单片机 F8 以来,单片机以惊人的速度发展,从 4 位机、8 位机发展到 16 位机、32 位机,集成度越来越高,功能越来越强,应用范围越来越广。到目前为止,单片机的发展大约经过以下四个阶段:

第一阶段(1974~1976 年):初级单片机(4 位)阶段。这种单片机的特点是价格便宜,控制功能强,片内含有多种 I/O 接口,如并行 I/O 接口、串行 I/O 接口、定时/计数器接口、中断功能接口等。根据不同用途,还配有许多专用接口,如打印机接口、键盘及显示器接口,PLA(可编程逻辑阵列)译码输出接口,有些甚至还包括 A/D、D/A 转换,声音合成等电路。丰富的 I/O 功能大大地增强了 4 位单片机的控制功能,从而使外部接口电路极为简单。这一时期生产的单片机的特点是制造工艺落后,集成度低。

第二阶段(1976~1978 年):低、中档 8 位机阶段。典型产品是 Intel 公司制造的 MCS-48 系列单片机,片内集成了 8 位 CPU、并行 I/O 口、8 位定时器/计数器、RAM 和 ROM 等,以体积小、控制功能全,价格低,赢得了广泛的应用和好评,是单片机发展史上一个重要的阶段。但无串行口,中断系统比较简单,片内 RAM 和 ROM 容量较小且寻址范围不大于 4KB。MCS-48 系列单片机包括基本型 8048、8748 和 8035;强化型(高档)8049、8749、8039 和 8050、8040;简化型(低档)8020、8021、8022;专用型 8041、8741 等。

第三阶段(1979~现在):高档8位单片机阶段。这一类单片机常有串行I/O接口,有多级中断处理,定时计数器为16位,片内的RAM和ROM的容量相对增大,且寻址范围可达64KB,有的片内还带有A/D转换接口。在指令方面,普遍增设了乘、除和比较指令。代表性的产品有Intel公司的MCS-51系列、Motorola公司的6801和Zilog公司的Z8等。这类单片机性能价格比高,品种齐全,可以满足不同领域的需要,目前仍被广泛应用,是当今应用数量较多的单片机机种,其结构和性能还在不断地改进和发展。

第四阶段(1982年至今):16位单片机和高性能8位单片机阶段。一方面不断完善高档8位机,改善其结构,以满足不同用户的需要;另一方面发展16位单片机及专用单片机。16位单片机的典型产品是Intel公司的MCS-96系列单片机,主晶振为12MHz,片内RAM为232字节,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(HSI/HSO)部件,其实时处理能力更强。近年来,32位单片机已进入实用阶段,32位单片机除了更高的集成度外,其主晶振已达20MHz,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。这种单片机的特点是工艺先进,集成度高和内部功能强,运算速度快。

1.1.1 51 单片机特点

单片机的主要特点就是实现了微机电路结构的超小型化。图1-1是常用的MCS-51单片机系列中8031型单片机芯片的照片。

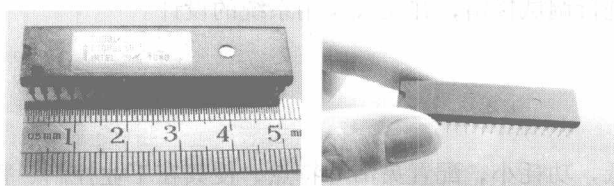


图1-1 8031型单片机芯片的照片

由图中可见,这种单片机芯片封装后的外形尺寸只有5cm长、1cm宽,但就在这个比拇指还小的芯片中集成了一个8位的CPU电路、128字节RAM,4个8位I/O电路,一个串行全双工异步接口以及一个有5个中

断源的中断系统等电子电路,其电子集成度达到每片2万个以上晶体管,从而使微机电路达到了高度的集成化。真可谓麻雀虽小五脏俱全,如图1-2所示。

应该说,这种超小型化的单片微机,有着体积小、价格低和RAM、ROM、I/O接口等资源齐全等显著优点,是特别适合用作机电一体化设备、智能化仪器仪表以及现代家用电器的控制核心,譬如电脑控制的洗衣机,电脑控制的录像机等。正是由于单片机常常以嵌入的方式应用于被控系统,所以又被称为嵌入式的微控制器(Embedded Microcontroller Unit),在单片机的电路和结构中有许多嵌入式应用的特点。

单片机还有以下特点:

① 可靠性好。芯片本身是按工业环境要求设计的,抗干扰性好。

② 易扩展。片内具有计算机正常运行所必需的部件,芯片外有许多供扩展用的三总线及串、并行输入/输出引脚。

③ 控制功能强。单片机具有较丰富的指令系统,其逻辑控制功能及运行速度均高于

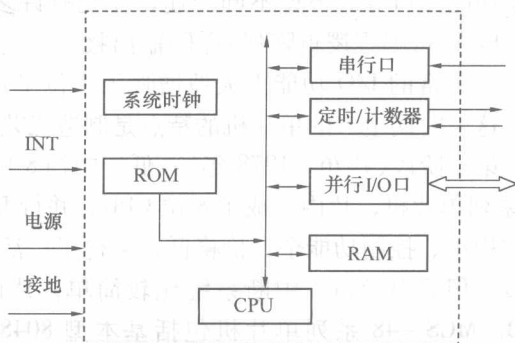


图1-2 单片机典型结构图

同一档次的微处理器。

1.1.2 51 系列单片机分类

单片机可分为通用型单片机和专用型单片机两大类。通用型单片机是把可开发资源全部提供给使用者的微控制器；专用型单片机则是为过程控制、参数检测、信号处理等方面的特殊需要而设计的单片机。我们通常所说的单片机即指通用型单片机。

51 系列单片机源于 Intel 公司的 MCS-51 系列，在 Intel 公司将 MCS-51 系列单片机实行技术开放政策之后，许多公司，如 Philips、Dallas、Siemens、Atmel、华邦、LG 等都以 MCS-51 中的基础结构 8051 为基核推出了许多各具特色、具有优异性能的单片机。这样，把这些厂家以 8051 为基核推出的各种型号的兼容型单片机统称为 51 系列单片机。Intel 公司 MCS-51 系列单片机中的 8051 是其中最基础的单片机型号。

(1) MCS-51 系列单片机分类

尽管各类单片机很多，但目前在我国使用最为广泛的单片机系列是 Intel 公司生产的 MCS-51 系列单片机，同时该系列还在不断地完善和发展。随着各种新型号系列产品的推出，它越来越被广大用户所接受。

MCS-51 系列单片机共有二十几种芯片，表 1-1 列出了 MCS-51 系列单片机的产品分类及特点。

表 1-1 MCS-51 系列单片机分类

型号	程序存储器 R/E	数据存储器	寻址范围 RAM	寻址范围 ROM	并行口	串行口	中断源	定时器计数器	晶振/MHz	其他
8051AH	4KR	128	64K	64K	4×8	UART	5	2×16	2—12	HMOS—II 工艺
8751H	4KE	128	64K	64K	4×8	UART	5	2×16	2—12	HMOS—I 工艺
8031AH	—	128	64K	64K	4×8	UART	5	2×16	2—12	HMOS—II 工艺
8052AH	8KR	256	64K	64K	4×8	UART	6	3×16	2—12	HMOS—II 工艺
8752H	8KE	256	64K	64K	4×8	UART	6	3×16	2—12	HMOS—I 工艺
8032AH	—	256	64K	64K	4×8	UART	6	3×16	2—12	HMOS—II 工艺
80C51BH	4KR	128	64K	64K	4×8	UART	5	2×16	2—12	CHMOS 工艺
87C51H	4KE	128	64K	64K	4×8	UART	5	2×16	2—12	
80C31BH	—	128	64K	64K	4×8	UART	5	2×16	2—12	
83C451	4KR	128	64K	64K	7×8	UART	5	2×16	2—12	CHMOS 工艺
87C451	4KE	128	64K	64K	7×8	UART	5	2×16	2—12	有选通方式
80C451	—	128	64K	64K	7×8	UART	5	2×16	2—12	双向口
83C51GA	4KR	128	64K	64K	4×8	UART	7	2×16	2—12	CHMOS 工艺
87C51GA	4KE	128	64K	64K	4×8	UART	7	2×16	2—12	8×8A/D 有 16 位监视定时器
80C51GA	—	128	64K	64K	4×8	UART	7	2×16	2—12	
83C152	8KR	256	64K	64K	5×8	GSC	6	2×16	2—17	CHMOS 工艺
80C152	—	256	64K	64K	5×8	GSC	11	2×16	2—17	有 DMA 方式
83C251	8KR	256	64K	64K	4×8	UART	7	3×16	2—12	CHMOS 工艺高速输出、脉冲调制、16 位监视定时器
87C251	8KE	256	64K	64K	4×8	UART	7	3×16	2—12	
80C251	—	256	64K	64K	4×8	UART	7	3×16	2—12	

型号	程序存储器 R/E	数据存储器	寻址范围 RAM	寻址范围 ROM	并行口	串行口	中断源	定时器计数器	晶振/MHz	其他
80C52	8KR	256	64K	64K	4×8	UART	6	3×16	2—12	CHMOS 工艺
8052AH BASIC	8KR	256	64K	64K	4×8	UART	6	3×16	2—12	HMOS—II 工艺 片内固化 BASIC

注: UART—通用异步接受发送器; R/E—MaskROM/EPROM; GSC—全局串行通道。

表 1-1 中列出了 MCS-51 系列单片机的芯片型号以及它们的技术性能指标, 下面在表 1-1 的基础上对 MCS-51 系列单片机作进一步的说明。

① 按片内不同程序存储器的配置划分

MCS-51 系列单片机按片内不同程序存储器的配置来分, 可以分为三种类型:

片内带 MaskROM(掩膜 ROM)型 8051, 80C51, 8052, 80C52。此类芯片是由半导体厂家在芯片生产过程中, 将用户的应用程序代码通过掩膜工艺制作到 ROM 中。其应用程序只能委托半导体厂家“写入”, 一旦写入后不能修改。此类单片机, 适合大批量使用。

片内带 EPROM 型 8751, 87C51, 8752。此类芯片带有透明窗口, 可通过紫外线擦除存储器中的程序代码, 应用程序可通过专门的编程器写入到单片机中, 需要更改时可擦除重新写入。此类单片机, 价格较贵, 不宜于大批量使用。

片内无 ROM(ROMLess)型 8031, 80C31, 8032。此类芯片的片内没有程序存储器, 使用时必须在外部并行扩展程序存储器存储芯片。此类单片机由于必须在外部并行扩展程序存储器存储芯片, 造成系统电路复杂, 目前较少使用。

② 按片内不同容量的存储器配置划分

按片内不同容量的存储器配置来分, 可以分为两种类型:

51 子系列型 芯片型号的最后位数字以 1 作为标志, 51 子系列是基本型产品。片内带有 4KBROM/EPROM(8031, 80C31 除外)、128BRAM、2 个 16 位定时器/计数器、5 个中断源等。

52 子系列型 芯片型号的最后位数字以 2 作为标志, 52 子系列则是增强型产品。片内带有 8KBROM/EPROM(8032, 80C32 除外)、256BRAM、3 个 16 位定时器/计数器、6 个中断源等。

③ 按芯片的半导体制造工艺上的不同划分

按芯片的半导体制造工艺上的不同来分, 可以分为两种类型:

HMOS 工艺型 8051, 8751, 8052, 8032。HMOS 工艺, 即高密度短沟道 MOS 工艺。

CHMOS 工艺型 80C51, 83C51, 87C51, 80C31, 80C32, 80C52。此类芯片型号中都字母“C”来标识。

这两类器件在功能上是完全兼容的, 但采用 CHMOS 工艺的芯片具有低功耗的特点, 它所消耗的电流要比 HMOS 器件小得多。CHMOS 器件比 HMOS 器件多了两种节电的工作方式(掉电方式和待机方式), 常用于构成低功耗的应用系统。

此外, 关于单片机的温度特性, 与其他芯片一样按所能适应的环境温度范围, 可划分为三个等级:

民用级 0~70℃

工业级 $-40 \sim +85^{\circ}\text{C}$

军用级 $-65 \sim +125^{\circ}\text{C}$

因此,在使用时应注意根据现场温度选择芯片。

(2) AT89 系列单片机分类

在 MCS-51 系列单片机 8051 的基础上,Atmel 公司开发的 AT89 系列单片机问世以来,以其较低廉的价格和独特的程序存储器——快闪存储器(Flash Memory)为用户所青睐。表 1-2 列出了 AT89 系列单片机的几种主要型号。

表 1-2 AT89 系列单片机一览表

型号	快闪程序 存储器	数据存 储器	寻址范围 ROM	寻址范围 RAM	并行 I/O 口线	串行 UART	中断源	定时器/ 计数器	工作频率/ MHz
AT89C51	4K	128	64K	64K	32	一个	5	2×16	$0 \sim 24$
AT89C52	8K	256	64K	64K	32	一个	6	3×16	$0 \sim 24$
AT89LV51	4K	128	64K	64K	32	一个	5	2×16	$0 \sim 24$
AT89LV52	8K	256	64K	64K	32	一个	6	3×16	$0 \sim 24$
AT89C1051	1K	64	4K	4K	15	—	3	1×16	$0 \sim 24$
AT89C1051U	1K	64	4K	4K	15	一个	5	2×16	$0 \sim 24$
AT89C2051	2K	128	4K	4K	15	一个	5	2×16	$0 \sim 24$
AT89C4051	4K	128	4K	4K	15	一个	5	2×16	$0 \sim 24$
AT89C55	20K	256	64K	64K	32	一个	6	3×16	$0 \sim 33$
AT89S53	12K	256	64K	64K	32	一个	7	3×16	$0 \sim 33$
AT89S8252	8K	256	64K	64K	32	一个	7	3×16	$0 \sim 33$
AT88SC54C	8K	128	64K	64K	32	一个	5	2×16	$0 \sim 24$

采用了快闪存储器(Flash Memory)的 AT89 系列单片机,不但具有一般 MCS-51 系列单片机的基本特性(如指令系统兼容,芯片引脚分布相等等),而且还具有一些独特的优点:

① 片内程序存储器为电擦写型 ROM(可重复编程的快闪存储器)。整体擦除时间仅为 10ms 左右,可写入/擦除 1000 次以上,数据保存 10 年以上。

② 两种可选编程模式,即可以用 12V 电压编程,也可以用 VCC 电压编程。

③ 宽工作电压范围, $V_{CC} = 2.7 \sim 6V$ 。

④ 全静态工作,工作频率范围: $0 \sim 24\text{MHz}$,频率范围宽,便于系统功耗控制。

⑤ 三层可编程的程序存储器上锁加密,使程序和系统更加难以仿制。

总之,AT89 系列单片机与 MCS-51 系列单片机相比,前者和后者有兼容性,但前者的性能价格比等指标更为优越。

(3) 其他公司的 51 系列单片机

① Philips 公司推出的含存储器的 80C51 系列和 80C52 系列单片机,此产品都为 CMOS 型工艺的单片机。Philips 公司推出的 51 系列单片机与 MCS-51 系列单片机相兼容,但增加了程序存储器 FlashROM、数据存储器 EEPROM、可编程计数器阵列 PCA、I/O 接口的高速输入输出、串行扩展总线 $I^2\text{CBUS}$ 、ADC、PWM、I/O 口驱动器、程序监视定时器 WDT (Watch Dog Timer)等功能的扩展。

② 华邦公司推出的 W78C $\times\times$ 和 W78E $\times\times$ 系列单片机,此产品与 MCS-51 系列单片机

相兼容,但增加了程序存储器 FlashROM、数据存储器 EEPROM、可编程计数器阵列 PCA、I/O 接口的高速输入输出、串行扩展总线 I²CBUS、ADC、PWM、I/O 口驱动器、程序监视定时器 WDT(Watch Dog Timer)等功能的扩展。华邦公司生产的单片机还具有价格低廉,工作频率高(40MHz)等特点。

③ Dallas 公司推出的 DallasHSM 系列单片机,产品主要有 DS80C×××、DS83C××× 和 DS87C××× 等。此产品除了与 MCS-51 系列单片机相兼容外,还具有高速结构(1 个机器周期只有四个 clock,工作频率范围为 0~33MHz)、更大容量的内部存储器(内部 ROM 有 16KB)、两个 UART、13 个中断源、程序监视器 WDT 等功能。

④ LG 公司推出的 GMS90C××、GMS97C×× 和 GMS90L××、GMS97L×× 系列单片机。此产品与 MCS-51 系列单片机相兼容。

以上 Philips、Dallas、Atmel、华邦、LG 等大公司生产的系列单片机与 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机具有良好的兼容性,包括指令兼容、总线兼容和引脚兼容。但各个厂家发展了许多功能不同、类型不一的单片机,给用户提供了广泛的选择空间,其良好的兼容性保证了选择的灵活性。

1.2 51 单片机内部资源

单片机的功能基本上是取决于单片机的内部电路结构和指令系统。学习单片机就要从了解其硬件电路结构和指令系统开始,在此基础上掌握指令系统和应用程序设计,进而掌握单片机接口技术和应用系统开发。

MCS-51 系列单片机性能较好,在国内、国外的应用非常普及,已成为工业标准产品,尤其适合于自动控制、人工智能等领域,其组成框图如图 1-3 所示。

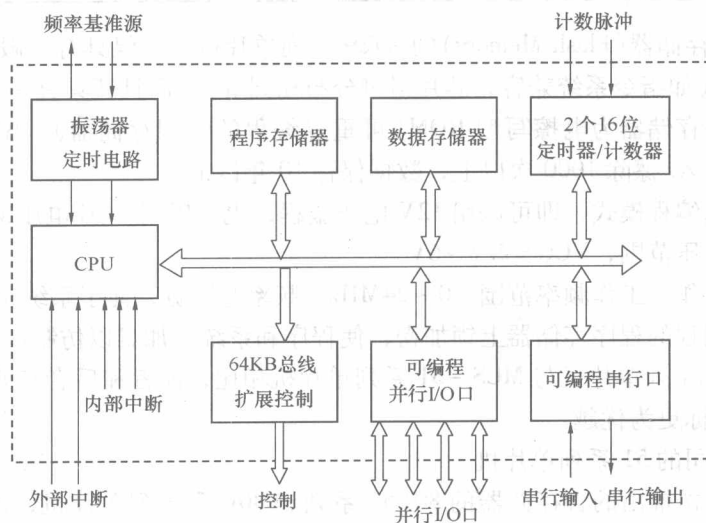


图 1-3 MCS-51 单片机组成框图

图 1-4 是 MCS-51 系列单片机内部硬件结构框图,由图可见,MCS-51 系列 8051 与 8031 单片机的主要资源如下:

① 8 位 CPU。即,MCS-51 单片机是 8 位微机,能以 8 位二进制数为 1 字节进行处



② 片内带振荡器，其振荡频率为 $f_{\text{osc}} = 1.2 \sim 12\text{MHz}$ 。

④ 4K 字节片内程序存储器 ROM(8031 无)。

⑤ 程序存储器的寻址范围 64KB 字节。

⑥ 片外数据存储器 RAM 寻址范围 64KB 字节。

⑦ 21 个字节特殊功能寄存器 SFR。

⑧ 4 个 8 位并行 I/O 接口: P0、P1、P2、P3。

⑨ 1 个全双工串行 I/O 接口, 可多机通信。

⑩ 2 个 16 位定时器/计数器 T0/T1。

⑪ 中断系统有 5 个中断源。

⑫ 111 条指令，含乘法、除法指令。

⑬ 位操作功能强(位操作指令 17 条)。

⑭ 片内采用单总线结构。

⑮ 用单一电源 +5V。

7

1.2.1 特殊功能寄存器组 SFR

MCS-51 单片机 CPU 是 8 位微处理器, 由算术逻辑单元 ALU (Arithmetic and Logical Unit)、定时控制器与特殊功能寄存器组 SFR (Special Function Register) 三部分电路组成。下面主要介绍为 CPU 提供重要信息的专用 8 位内存单元, 有定时器的地址, 有控制接口的状态字, 也就是对接口的控制字等的特殊功能寄存器组。接口是个电路, 电路什么时候工作, 怎么工作由计算机来管理。但计算机根据什么来管理呢? 就是根据放在这些特殊寄存器 SFR 里的信息来管理的。由于 SFR 在 CPU 内, 使用起来就非常方便。举个例子来说, 就像我们的衣服口袋, 是为了使随身物品存取方便、快捷。SFR 共有 21 个寄存器, 如表 1-3 所示。

表 1-3 特殊功能寄存器一览表

符号	地址	功能介绍	符号	地址	功能介绍
* ACC	E0H	累加器	TL1	8BH	定时器/计数器 1 (低 8 位)
* B	F0H	B 寄存器	TL0	8AH	定时器/计数器 0 (低 8 位)
* PSW	D0H	程序状态字	+ TH2	CDH	定时器 2 高 8 位
* IP	B8H	中断优先级控制寄存器	+ TL2	CCH	定时器 2 低 8 位
* P3	B0H	P3 口锁存器	* + T ₂ CON	C8H	定时器 2 控制器
* IE	A8H	中断允许控制寄存器	* TMOD	89A	定时器/计数器方式控制器
* P2	A0H	P2 口锁存器	* TCON	88H	定时器/计数器控制器
SBUF	99H	串行口锁存器	DPH	83H	数据地址指针 (高 8 位)
* SCON	98H	串行口控制寄存器	DPL	82H	数据地址指针 (低 8 位)
P1	90H	P1 口锁存器	SP	81H	堆栈指针
TH1	8DH	定时器/计数器 1 (高 8 位)	* P0	80H	P0 口锁存器
TH0	8CH	定时器/计数器 0 (高 8 位)	PCON	87H	电源控制寄存器

注: * 可以位寻址, + 仅 8052 有。

下面先介绍几个最常用的专用寄存器, 其余将结合应用在后面介绍。

(1) 程序计数器 PC (Program Counter)

程序计数器 PC 是一个二进制 16 位的程序地址寄存器, 主要功能是:

① 存放下一条要执行的指令在程序存储器中的 16 位地址。

② 自动加 1 功能。CPU 执行指令时, 根据程序计数器中地址从存储器中取出当前需要执行的指令码, 并把它送给控制器分析执行, 随后程序计数器中地址码自动加 1, 以便为 CPU 取下一条需要执行的指令码做准备。在执行连续程序时, CPU 每从程序存储器中取出一条指令, PC 的值就自动加 1, 使 CPU 能在程序存储器中连续取出指令。所以, 需要执行程序的机器码必须预先在程序执行前一条条地按顺序放到程序存储器中, 并将程序计数器设置为程序第一条指令的内存地址。PC 单元本身没有地址, 是不可寻址的。因此, 用户无法对其进行读写, 但在执行转移、调用、返回等指令时能自动改变其内容, 以改变程序的执行顺序。

③ CPU 复位时 PC = 0000H, 通常在 ROM 的 0000H - 0002H 单元存放一个三字节的长转移指令 LJMP ADDR16, 其中 ADDR16 为主程序始址, 使 PC 指向主程序的始址, 保证程序从头开始。

实际上程序计数器 PC 就是 CPU 执行程序的指针, CPU 要执行哪条指令是由 PC 值决定

的。即 PC 给出了 CPU 下一条指令在程序存储器中的地址。简单地说, PC 寄存器相当于微机的指挥棒, 其作用是非常重要的。所以, 我们在学习单片机的软、硬件时要特别注意 PC 的行为, 也就是 PC 的工作情况与动向。

(2) 累加器 A (Accumulator)

又记作 ACC, 是专门用来存放操作数据与运算结果的二进制 8 位寄存器。累加器是最忙的一个寄存器。它必定放一个操作数, 并要存放操作后的结果。也就是说, CPU 的 ALU 在进行运算时用的两个操作数, 其中一个数要放在累加器里, 而计算结果一定放在累加器里。累加器在代表直接地址 E0H 时, 记作 ACC, 而在专指累加器的指令中, 其助记符只写着 A。

(3) 程序状态字 PSW (Program Status Word)

PSW 是一个很重要的 8 位标志寄存器, 主要用来描述 CPU 执行指令后在累加器中结果的特性: 进位、溢出等。借此, 我们可以了解 CPU 的当前状态, 并作出相应的处理。各位状态通常是在指令执行过程中自动形成的, 但也可以由用户根据需要使用传送指令加以改变。PSW 各标志位定义见表 1-4。

表 1-4 PSW 各标志位定义

位序	PSW. 7	PSW. 6	PSW. 5	PSW. 4	PSW. 3	PSW. 2	PSW. 1	PSW. 0
位标志	CY	AC	F0	RS1	RS0	OV		P
位地址	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

① Cy (Carry) 进位标志位, 其功能如下:

加减运算最高位有进位 (加法) 或有借位 (减法), Cy 位由硬件自动置 1, 否则被清零。8051 中的运算器是一种 8 位的运算器, 只能表示到 0 ~ 255, 如果做加法的话, 两数相加可能会超过 255, 这样最高位就会丢失, 造成运算的错误。于是, 最高位就进到 Cy 里, 用 Cy 置位来计入最高位的进位行为。此外, CPU 在进行移位操作时也会影响这个标志位。

在位操作中, Cy 作累加位使用, 在位传送、位逻辑操作中, 都要使用进位标志位。

② AC (Auxiliary Carry) 辅助进位位, 用于表示加减运算时低 4 位, 即 A3 有无向高 4 位, 即 A4 进位或借位, A3 向 A4 有进位或借位时, 则 AC 由硬件置位, 即 AC = 1, 否则 AC 位被清“0”。

③ F0 (Flag zero) 用户标志位, 此标志位的状态通常不是机器在执行指令过程中自动形成的, 是由用户根据程序执行的需要用软件方法 (即传送指令) 置位或复位的。该标志位状态一经设定, 便由用户程序直接检测, 以控制用户程序的转向。

④ RS1、RS0 工作寄存器组选择位, 8051 共有 8 个 8 位工作寄存器, 分别命名为 R0 - R7, 用户通过改变 RS1、RS0 的状态可以方便地设定当前 R0 - R7 的组号, 即实际物理地址。工作寄存器 R0 - R7 的物理地址和 RS1、RS0 之间的选择关系如表 1-5 所示。

表 1-5 工作寄存器选择关系表

RS1 RS0	R0 - R7 组号	片内 RAM 中物理地址
0 0	0	00 - 07H (R0 = 00H, R1 = 01H, R7 = 07H)
0 1	1	08 - 0FH (R0 = 08H, R1 = 09H, R7 = 0FH)
1 0	2	10 - 17H (R0 = 10H, R1 = 11H, R7 = 17H)
1 1	3	18 - 1FH (R0 = 18H, R1 = 19H, R7 = 1FH)