



21世纪普通高等院校规划教材 • 信息技术类

DANPIANJI YUANLI JI C51 KAIFA JISHU

单片机原理及 C51开发技术

主编 靳桅 潘育山 邬芝权 李骐



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)



21世纪普通高等院校规划教材 • 信息技术类

21SHIJI PUTONGGAODENG YUANXIAO GUIHUA JIAOCAI-XINXIJI SHULEI

单片机原理及C51开发技术

主 编 靳 桅 潘育山 邬芝权 李 骐

副主编 缪志农 殷 峰 杨光永 郑会军

多功能单片机配套实验系统

具有通用单片机实验板功能,并提供二次开发接口和适配模块,可支持点阵式LED显示屏开发、LCD调试、数字温度传感器、时钟电路等,并附有详细开发手册与源代码。

通信接口方式:

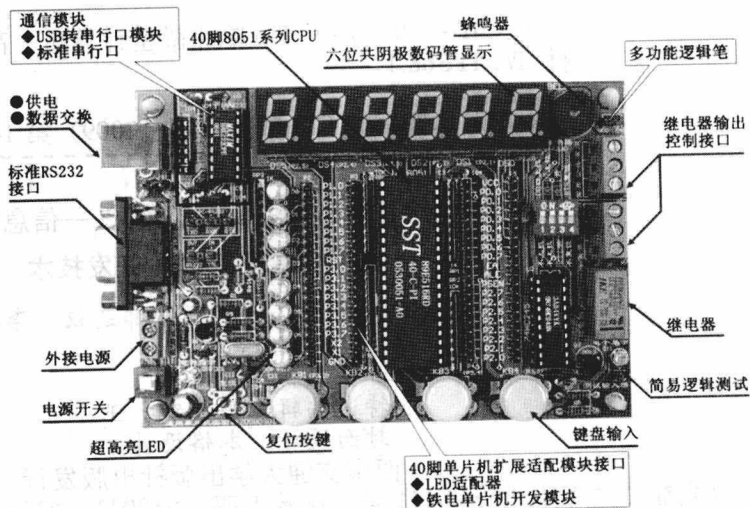
- 支持USB接口
- 支持通用串行接口供电模式:
- USB供电
- 外部电源供电

支持多种开发调试方式:

- JTAG
- IAP
- ISP

支持多种开发模块:

- LED适配器模块
- 铁电单片机开发模块
- 二次开发DIP适配板



西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内 容 简 介

本书以 MCS-51 系列单片机为主,介绍了单片机的工作原理及其基于 C 语言的开发和应用。主要内容包括: MCS-51 单片机硬件结构、指令系统、汇编程序设计、串行接口、定时/计数器、C51 程序设计及开发技术。并且在相应章节中附有经过实际应用项目验证的完整开发实例,以供读者参考。

本书配有基于 JTAG 和 IAP 技术的单片机实验板和实验讲义,而且还可以扩展 JTAG 模块、VRS51L3174 模块、USB 转 RS232 模块,以及采用通用 08 接口的点阵式 LED 单元板、DS1302 和 DS18B20 等器件和设备接口。书中所有例题均基于该实验板编写、调试,以供读者验证和使用。该书内容丰富实用,图文并茂,适用于广大从事单片机学习、开发和应用的读者,也可以作为单片机和 C51 编程学习的本科、专科毕业设计的参考用书。

----- 图书在版编目 (C I P) 数据

单片机原理及 C51 开发技术 / 靳桅等主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2009.8
21 世纪普通高等院校规划教材. 信息技术类
ISBN 978-7-5643-0385-3

I. 单… II. 靳… 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 (2009) 第 146883 号

21 世纪普通高等院校规划教材——信息技术类

单片机原理及 C51 开发技术

主编 靳桅 潘育山 邬芝权 李骥

*

责任编辑 臧玉兰

特邀编辑 马 跃 王小可

封面设计 本格设计

西南交通大学出版社出版发行

(成都市二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

四川森林印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm×260 mm 印张: 18

字数: 450 千字 印数: 1—3 000 册

2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5643-0385-3

定价: 29.80 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

我国开始使用单片机是在 20 世纪 80 年代初期,在 90 年代中期单片机技术和市场发展非常迅速。近年来,单片机已经成为科技领域的有力工具,人类社会生活的得力助手。它的广泛应用,不仅仅体现在对工业控制、机电应用、智能仪表、实时控制、航空航天、尖端武器等行业和领域的智能化、高精度化,而且在人类日常生活中也随处可见它的身影。如洗衣机、电冰箱、电子玩具、收录机等家用电器配上单片机后,不仅提高了智能化程度,增加了功能,也使人类生活更加方便、舒适、丰富多彩。

20 世纪 90 年代后,嵌入式系统设计由以嵌入式微处理器为核心的“集成电路”级设计,逐渐转向“集成系统”级设计,在 MCU (Micro Controller Unit) 中提出了系统芯片 SoC (System on a Chip) 的基本概念,例如 ARM 公司的 ARM, HP 公司的 PA-RISC, Sun 公司的 Sparc 等。它们为高性能嵌入式系统开发提供了功能丰富的硬件平台,也为实现嵌入式操作系统的广泛应用奠定了基础。不过这些高性能微处理器的推广应用并不意味着单片机即将退出嵌入式微处理器的舞台。目前,单片机正朝着高性能和多品种的方向发展,其趋势将是向着 CMOS 化、低功耗、小体积、大容量、高性能、低价格和外围电路内装化等几个方面发展,其功能越来越丰富,速度也越来越快,有些方面已不逊于 ARM 或 DSP,例如本书中第 8 章提到的增强型 51 系列单片机 VRS51L3xxx。还有最为重要的是生产成本,普通 ARM 或 DSP 的价格是一般单片机的几倍甚至数十倍。在大批量工业生产时,成本成为厂商选择的重要甚至决定因素。据相关部门统计,我国的单片机年产量已达 1~3 亿片,且每年以大约 16% 的速度增长。综合单片机技术和市场需求等多方面情况来看,它仍然有自己广阔的应用前景。就目前单片机技术来看,其发展步伐并没有减缓,反而在大幅度推进,原因不仅仅在于电子制造工艺的提高和电子科技的发展,最重要的是因为市场对于它的大量需求。

本书在介绍 8051 系列单片机硬件结构、汇编语言及单片机扩展技术的同时,还对 C51 编程开发技术进行了详细介绍。C51 是专门用于 8051 系列单片机编程的 C 语言,除一些基于描述单片机硬件的特殊部分外,可以说与标准 C 语言完全相同,而且它具有使用方便、编程效率高及仿真调试容易等突出特点。结合与该书配套的 IAP 实验板套件,我们还在第 5~8 章中附加大量单片机开发应用原理框图和 C51 源代码,以供读者参考。

本书共分 8 章,每章内容概括如下:

第 1 章:提出单片机基本概念和发展趋势分析,以及单片机学习要点。

第 2 章:MCS-51 单片机结构体系分析。

第 3 章:介绍 MCS-51 指令系统和汇编语言设计要点。

第 4 章:介绍 MCS-51 重要组成功能部件,如中断系统、定时/计数器以及串行口。

第 5 章:分析当前比较流行的 C51 编程要点、技巧,并列举常用实例说明。

第 6 章:单片机扩展技术分析,主要包括存储器基本扩展、键盘控制、LCD 和 LED 显示

器接口设计、并针对每个项目附有硬件连接框图和源代码。

第7章：以当前流行的单片机外围器件和电路为主线，介绍了点阵式LED显示屏控制系统设计，基于PWM的直流电机控制，时钟控制芯片DS1302，数字温度传感器DS18B20。

第8章：介绍单片机应用开发技术，主要包括当前应用广泛的KEIL C51编译器和库文件的用法，以及ICP、ISP和JTAG常用编程调试模式。其中还提到增强型8051单片机——VRS51L3xxx。

此外，为方便读者查询资料，我们以附录的形式列出常用指令表、芯片管脚图、功能表等，其他详细资料可登陆Ledmcu.em.swjtu.cn进行查询。

本书主要由西南交通大学峨眉校区计算机与通信工程系的部分教师编写。其中靳桅编写第1章、第8章，潘育山编写第2章、第3章，攀枝花学院的缪志农和云南民族大学的杨光永编写第4章，邬芝权编写第6章，李骐编写第5章和附录。西南民族大学的殷锋和攀枝花学院的郑会军编写第7章，还有肖波、杨德友、张占军、赵煜、杨莉、白海峰、朱云芳、翟旭、江桦等，他们承担了本书部分章节资料整理工作。全书由靳桅统稿。

由于作者水平有限，时间仓促，书中难免有错误和不妥之处，恳请广大读者批评指正。

目 录

第1章 概 论	1
1.1 什么是单片机	1
1.2 单片机发展史及发展趋势	2
1.3 51单片机的分类及开发应用	3
1.4 单片机学习的要点	6
习 题	7
第2章 MCS-51单片机系统结构	8
2.1 MCS-51单片机基本结构原理	8
2.2 MCS-51存储器组织	15
2.3 MCS-51单片机特殊功能寄存器	21
2.4 MCS-51单片机的时序	25
习 题	26
第3章 指令系统	27
3.1 指令格式	27
3.2 伪指令	28
3.3 寻址方式	29
3.4 指令类型	32
3.5 汇编程序设计	52
习 题	56
第4章 单片机主要功能部件及应用	58
4.1 MCS-51单片机定时/计数器	58
4.2 中断系统	69
4.3 串行口	81
习 题	92
第5章 C51应用基础	93
5.1 KEIL C51简介	93
5.2 C51程序设计基础知识	94
5.3 C51的函数与数组	112
5.4 单片机基本实验板介绍	123

5.5 C51 基本应用	126
习 题	138
第 6 章 单片机系统扩展技术	139
6.1 MCS-51 系统扩展原理	139
6.2 数据存储器的扩展	142
6.3 单片机扩展外部存储器地址空间分配	144
6.4 I/O 接口的扩展	148
6.5 D/A 变换	152
6.6 A/D 接口的扩展	161
6.7 键盘接口	169
6.8 显示器接口	175
习 题	183
第 7 章 单片机应用实例	184
7.1 PC 机与单片机的通信	184
7.2 单片机端串行口收发模块	185
7.3 单片机端串行口扩展程序模块	190
7.4 PC 机端串行口通信模块的 VB6.0 语言设计	193
7.5 基于蜂鸣器的音乐播放	196
7.6 直接驱动 LED 显示屏应用	199
7.7 直流及步进电机控制	206
7.8 基于 DS1302 时钟模块程序设计	215
7.9 基于 DS18B20 温度传感器模块设计	219
习 题	225
第 8 章 单片机开发技术	226
8.1 KEIL C51 编译器使用简介	226
8.2 库文件的封装及使用	233
8.3 单片机编程技术简介	238
8.4 单片机编程技术应用实例	238
习 题	247
附录 1 ASCII 码表	248
附录 2 MCS-51 单片机常用资料	249
附录 3 C51 中的关键字和常用函数	258
附录 4 常用芯片引脚图	268
参考文献	280

第1章 概 论

1.1 什么是单片机

21 世纪的今天,以计算机为代表的 IT 产业迅速发展,各类计算机应用在工业、农业、国防、科研及日常生活等各个领域,并且发挥着越来越重要的作用,成为当今世界各国工业发展水平的重要标志之一。

自从世界上第一台电子计算机问世以来,计算机的发展日新月异,短短几十年时间,已由电子管数字计算机发展到今天的超大规模集成电路计算机,运算速度由每秒 5 000 次提高到今天的每秒超过一千万亿次。近年来,计算机一方面向着高速、智能化的超级巨型机方向发展,另一方面向着微型机的方向发展。图 1.1 给出了计算机的基本分类。

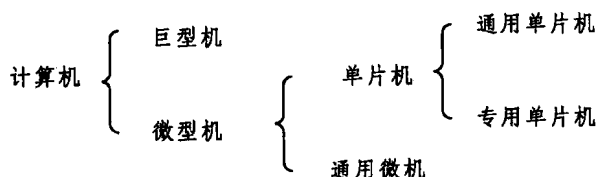


图 1.1 计算机的分类

图 1.2 所示为微型计算机的组成。

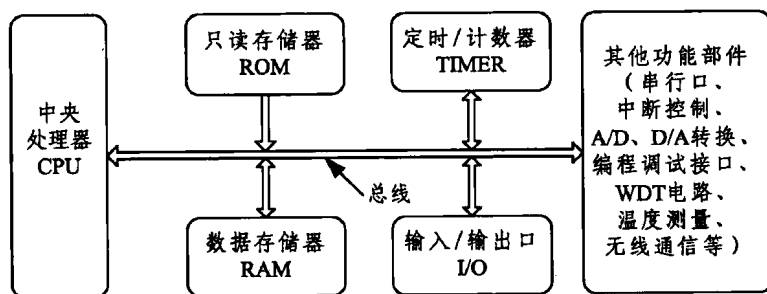


图 1.2 微型计算机的组成

单片机是单片微型计算机 (Single-Chip Microcomputer) 的简称,它在一个芯片上集成了中央处理器 (CPU)、只读存储器 (ROM)、输入/输出接口、定时器/计数器及其他一些功能部件 (如 A/D、D/A 转换器等)。总而言之,一个单片机就相当于一台微型计算机。不过由于其所有部件是集成在一个芯片上,所以单片机 CPU 的运算能力、RAM/ROM 的容量、I/O 口的功能及通用性等都不能与微型计算机相比。由于受芯片尺寸和引脚数的限制,其功能部件

是通过“精心挑选”并“组合”在一起的。总体来说，单片机可用下面的“表达式”来表示：

$$\text{单片机} = \text{CPU} + \text{ROM} + \text{RAM} + \text{I/O} + \text{功能部件}$$

单片机既然不如微型计算机，那么是否可以用微型计算机代替单片机呢？答案是否定的。在我们生活中到处都有单片机的影子，如 VCD 机、手机、微波炉、空调、自动洗衣机以及汽车上的电子设备等，基本上都是由单片机控制的。如果上述设备都是由微型计算机控制，那么在这些设备旁边都将放着一台微型计算机。

单片机的两个最基本特征是：体积小、功耗低。例如：体积可以小到以 mm 为单位，功耗低可低到以 μA 为单位。正是由于这 2 个最基本特征使单片机得到了非常广泛的应用，并且在某些方面具有不可替代的优势。

1.2 单片机发展史及发展趋势

单片机的发展历史可分为四个阶段：

第一阶段（1974—1976 年）为单片机初级阶段。因受工艺和集成度的限制，单片机采用双片形式。例如：仙童公司的 F8 必须外接一块 3851 电路才能构成一个完整的微型计算机。

第二阶段（1976—1978 年）为低性能单片机阶段。单片机由一块芯片构成，其性能低、品种少。以 Intel 公司的 MCS-48 系列单片机为典型代表，它具有 CPU、并行口、定时器、RAM 及 ROM。这是一个真正的单片机，但 CPU 功能不强，I/O 口种类和数量很少，其 ROM / RAM 也很有限，只能应用于比较简单的场合。例如，20 世纪 90 年代中期以前的 PC 机键盘几乎无一例外地使用 MCS-48 系列单片机作为控制部件。

第三阶段（1978 年至 20 世纪 90 年代中期）为高性能单片机阶段。在这一阶段出现了很多新型单片机，这些新型单片机不仅有功能很强的 CPU，较多 I/O 口种类和数量，而且具有容量较大的 ROM 和 RAM 及种类繁多的功能部件。

第四阶段（20 世纪 90 年代中期至今）单片机的发展可以说是进入了一个新的阶段，其发展趋势主要有以下七个方面。

1. 大容量化

传统的单片机片内程序存储器一般为 1~8 KB，片内数据存储器为 256 字节以下。在某些复杂的应用上，片内程序存储器和数据存储器都显得容量不够，必须采用外接方式进行扩充。而新型单片机（例如 SST89E516）片内程序存储器可达 64 KB，片内数据存储器可达 1 KB。随着工艺技术的不断发展，单片机片内存储器容量也基本实现按需配置。

2. 高性能化

主要是指进一步提高 CPU 的性能，并加强了位处理功能和中断、定时功能。其主频从 4~12 MHz 向 0（全静态）~40 MHz 以上发展，同时采用流水线结构，让指令以队列形式出现在 CPU 中，从而进一步提高运算速度。有的单片机基本采用了多流水线结构，使以前在 12 个振

荡周期内完成的操作,现在仅在1个振荡周期内就可以完成,这类单片机的运算速度平均比标准单片机高出8倍以上。

3. 外围电路内装化

这也是单片机发展的一个主流方向。集成度的不断提高,使得将各种功能器件集成在片内成为可能。除了一般必须具有的CPU、ROM、RAM、定时器/计数器等外,片内还可以根据需要,集成如UART串行口、USB接口、LIN接口、A/D、D/A、EEPROM、PWM、看门狗(Watch Dog)、液晶显示(LCD)驱动器等多种功能部件。

4. 增强 I/O 口功能

通过进一步增加单片机并行口的驱动能力,减少外部驱动芯片,现在有的单片机可以多种方式配置I/O口,可直接以推挽方式输出较大电流(20 mA)和较高电压,以便直接驱动LED。为进一步加快I/O的传输速度,有的单片机设置了高速I/O口,能以最快的速度捕捉外部数据的变化和向片外输出数据,以适合数据高速变化的应用场合。

5. 进一步减小芯片封装体积

为满足嵌入式系统的需求,单片机的封装从早期的DIP、PLCC封装向现在的SOP、TQFP以及更小的MLP封装发展,例如MLP-28(28个引脚)封装外观的长×宽×高仅为5 mm×5 mm×0.8 mm。同时也为满足一些简单需求生产出了超小型8个引脚甚至6个引脚的单片机。

6. 便捷的开发模式

为满足产品开发和升级的需求,单片机编程及调试从早期的专用编程器、专用仿真开发向现在的以IAP、ISP、ICP以及JTAG接口为代表的在线编程调试技术方向发展,大大加快了单片机产品的开发周期,同时也方便了产品软件的更新升级。

7. 朝高集成化、多位 CPU 方向发展

随着集成工艺的不断发展,单片机一方面向集成度更高、体积更小、功能更强、功耗更低的方向发展,另一方面单片机向32位以上及多CPU方向发展。

1.3 51 单片机的分类及开发应用

1.3.1 51 单片机的分类

51系列单片机起源于Intel公司20世纪80年代初推出的MCS-51系列单片机,MCS-8051是其中最基础的单片机型号。经过近三十年的发展,现如PIC、Philips、Dallas、Siemens、Atmel、华邦、LG、RAMTRON公司等都以MCS-51中的8051内核为基本结构,推出了许多

各具特色、用途不同的单片机。人们习惯上把这些厂家以 8051 为内核推出的各种型号的兼容型单片机统称为 51 系列单片机。

单片机按通用性可分为：通用型和专用型。通用型单片机的主要特点是：内部资源比较丰富，性能全面，而且通用性强，可覆盖多种应用需求。所谓内部资源丰富，是指将多种外设接口集成在芯片内部，使得芯片功能得以增强；性能全面和通用性强，是指可以应用在非常广泛的领域；通用型单片机的用途很广泛，外加简单的接口电路及编制不同的应用程序就可完成不同的功能，小到家用电器、电子仪器仪表，大到机器设备和整套生产线都可用单片机来实现自动化控制。

专用型单片机的主要特点是：针对某一种产品或控制应用而专门设计的特定型号单片机，设计时已使其结构最简、软硬件应用最优、可靠性及应用成本最佳。专用型单片机由于用途专一，出厂时程序已经一次性固化好，除预留升级接口外程序一般不能修改。例如电子电表里的单片机就是将模拟信号测量电路和 CPU 集成在一起，成为电表专用单片机。

图 1.3 为常见的 51 系列单片机基本框架。从图中可以看出，现在的 8051 单片机可集成的外设功能部件可谓是“万紫千红”。可以说是“不怕你想不到，就怕你没见到”，但也没有哪一个单片机将图中所有的外设功能部件都集成在一个芯片上，因为这不符单片机体积小功耗低的基本特点。

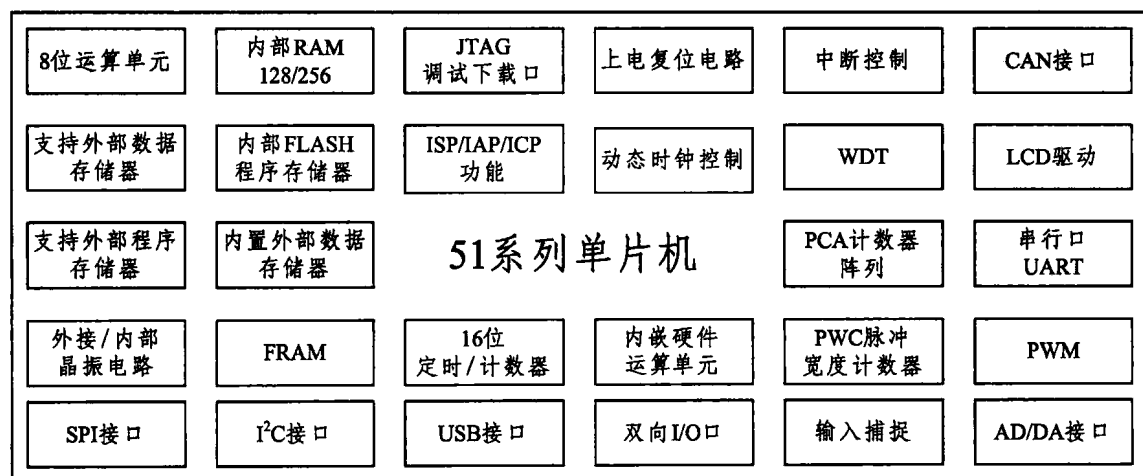


图 1.3 常见的 51 系列单片机基本框架

单片机按总线结构可分为：总线型和非总线型。标准的 8051 单片机允许扩展外部程序和数据存储器，它采用的是总线结构，将存储器、I/O 口、串行口等各种功能部件都挂接在内部总线上。而非总线型单片机为了减小体积、降低功耗，在简化外部总线控制器的同时，封装也从双列直插向表贴形式发展，例如 PIC 公司的 PIC16 系列单片机。如图 1.4 所示，该图中包括了 SST 公司、PIC 公司、STC 公司、铁电公司的单片机产品实物图。

单片机按指令运行的振荡周期可分为：标准型和增强型。51 系列单片机的生产厂家众多，而具体型号可以说是数不胜数。在表 1.1 中对 51 系列单片机按指令运行的振荡周期分类简述，列举 6 个不同型号单片机进行对比。

标准的 8051 单片机每 12 个振荡周期为一个机器周期。而机器周期是执行一条指令最小

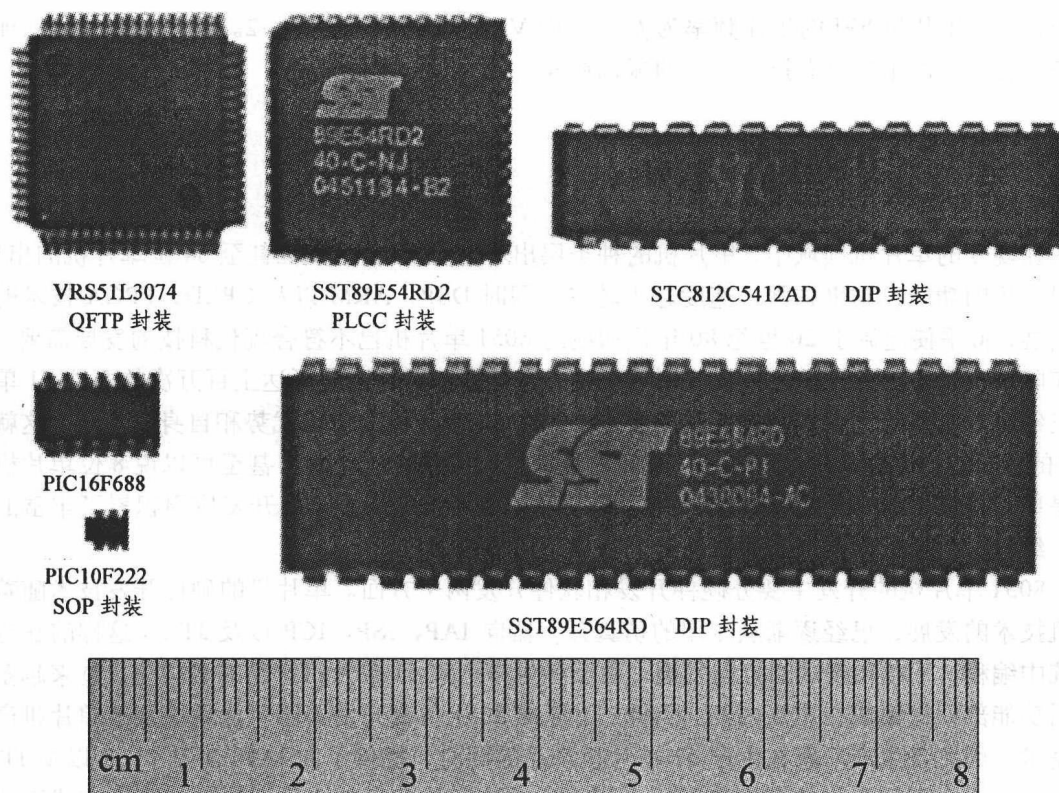


图 1.4 单片机实物图

表 1.1 单片机按指令运行振荡周期的分类

型 号	程序 存储器 (KB)	数据存储器 (Byte)	ROM 寻 址范围 (KB)	RAM 寻 址范围 (KB)	并 行 I/O	串 行 UART	中 断 源	定时器 /计数器	最大工作 频率 (MHz)	指令 振荡 周期	生产 厂家
AT89C52	8	256	64	64	32	1	6	3×16	0~24	12T	ATMEL
SST89E516	72	768+256	64	64	32	1	10	3×16	0~40	6T	SST
W77E516	64	1024+256	64	64	32	2	12	3×16	0~40	4T	Winbond
P89LPC913	1	128	0	0	12	1	10	2×16	0~18	2T	Philips
VRS51L3074	64	4KB+256	64	36	56	2	49	3×16	0~40	1T	RAMTRON

的时间单位，任何指令的执行时间都是机器周期的整数倍。标准的 8051 单片机通常又称为 12T 单片机，表 1.1 中 5 个型号的单片机分别为 12T、6T、4T、2T、1T 单片机。在同样的工作频率下 T 数越小的单片机运行速度越快。对于 4T 以下的单片机即使 T 数相同由于厂家对 8051 内核改进情况不同，执行相同一条汇编指令所需的振荡周期数也不同。例如 1T 的 STC5410 执行 INC DPTR 指令只需 1 个振荡周期，而 VRS51L3074 执行该指令却需 3 个振荡周期。这个比较是不是就说明 VRS51L3074 比 STC5410 慢？当 VRS51L3074 通过特有硬件执行 16 位除法时仅需 5 个振荡周期，STC5410 通过软件编程至少要上百个振荡周期才能完成。同样各厂家在单片机中集成外设的工作频率和单片机工作频率之间的关系也是如此，以 SPI

为例,一般单片机 SPI 的工作频率为 $f_{osc}/4$,而 VRS51L3074 可达 $f_{osc}/2$ 。因此对单片机的评估应是综合的,而不是只看指令运行的振荡周期。

1.3.2 51 单片机的应用与开发

在现今的单片机领域中,单片机的种类层出不穷,16 位、32 位甚至 64 位单片机的出现,使单片机的功能也越来越强,速度越来越快。同时 DSP、ARM 以及 CPLD、FPGA 技术的飞速发展,似乎使起源于 20 世纪 80 年代初期的 8051 单片机已不符合现代科技的发展需要。然而实际情况并不如此,在大多数控制系统中,一个每秒运算速度可达上百万次的 8 位 51 单片机已经可以满足绝大多数控制系统的要求。加之 51 单片机的价格优势和自身的发展,这就使 8 位的 51 单片机在以后很长的一段时间内还有巨大的生存的空间,甚至可以说 8 位单片机仍然是单片机应用的一个主流趋势。特别是 8051 单片机近三十年的开发应用积累了丰富的资料、经验和教训,为新产品的快速开发提供了可靠的保证。

8051 单片机的开发主要分硬件开发和软件开发两个方面。单片机的硬件开发技术随着计算机技术的发展,已经逐渐从专用的仿真开发器向 IAP、ISP、ICP 以及 JTAG 这样的在应用系统中编程、下载和调试的方向发展。由于各生产厂家 51 单片机产品的多样化,越来越多的专用功能部件被集成在芯片内部。早期专用标准 8051 仿真开发器不可能适应众多单片机产品的需求。因此各生产厂家在生产 51 单片机产品的同时,提供了向 IAP、ISP、ICP 以及 JTAG 等接口,以供不同需求的开发者使用。现在比较流行的开发方式为:软件仿真+在线下载+在线调试。单片机应用系统开发者在设计控制系统时应考虑预留“在线下载”或“在线调试”的接口,以保证控制系统的调试及以后的软件系统升级。

单片机的软件开发最基本的原则是模块化,即按功能分块编写软件模块,然后分模块调试,最后进行总体调试。如果在速度上有严格要求时,还需要进行程序的优化。优化过程中可合并功能模块,以减少功能模块调用时所耗费的程序运行时间。对于使用高级语言编程的软件系统可查看功能模块汇编后的汇编代码是否可以进一步按所用单片机的指令系统进行优化,这一点在如 LED 显示屏这样对运行时间有极高要求的控制系统来说是起决定性作用的。合并功能模块所指的不仅仅是减少功能模块调用,有时甚至是取消循环语句而用简单的重复语句。虽然这样做程序并不“漂亮”,但其执行速度快、效率高,并能满足控制系统的要求。

在确定单片机应用系统的基本要求后,以尽可能减少外部扩展硬件为原则,努力做到真正的“单片机”系统而不是“多片机”系统。因为器件数量越少则连线越少,系统整体可靠性也就越高。当然,这样做的另一个重要原因是控制整体系统的成本。但“适当地有选择地扩展硬件”有时却能很好地满足控制成本的要求。

1.4 单片机学习的要点

单片机开发技术是一门实践性极强的技术,它对基础知识如数字电路、模拟电路和计算

机软件编程都有所要求,但最重要的还是实践。作者根据多年单片机教学和单片机应用系统开发的经验,对单片机学习的要点总结如下。

1. 了解阶段

首先通过网络或有关单片机的书籍对单片机有一个初步的了解,这种了解仅限于单片机的基本结构、应用范围、开发手段和一些专用的名词等。

2. 模仿阶段

在学习单片机指令系统后从书上找几个最简单的程序例子在单片机实验板进行调试和验证。在验证通过的基础上对程序例子按自己希望的结果进行修改,修改的幅度一定要小,而且最好不要脱离原程序例子的框架。此阶段的目的是掌握单片机软件仿真和硬件调试的基本方法。

3. 自主学习阶段

这一阶段是在验证书上几个程序例子后,再按自己的想法编程,并在单片机实验板上实现。通过大量的有目的编程学习和调试,以掌握单片机的基本使用方法。

4. 开发学习阶段

在这一阶段首先为自己设定一个最简单的单片机控制系统为开发目标。最简单的单片机控制系统可以简单到只控制一个发光二极管和一个按键。所实现的功能也可以简单到通过判断按键状态,控制发光二极管点亮或熄灭。在完成控制开发目标后,自己要对这个简单控制系统进行改进,达到更多自己提出的硬件和软件上的目标。

5. 应用阶段

在这一阶段,需要开发和学习同步进行,不断收集和整理各种单片机应用系统开发的硬件模块和软件模块。例如与PC机通信的RS232接口电路模块和通信软件模块。这样做的目的是将单片机应用系统开发变成硬件模块、软件模块的选用与堆叠,不再需要考虑模块的正确性,而只是考虑模块之间的硬件软件接口问题。同时在系统的设计上不仅仅基于器件的选择,更重要的是侧重于设计理念,例如串行和并行方式的选择、DMA数据直传、多CPU数据共享等。

习 题

1. 什么是微处理器?什么是单片机?它们之间有什么区别和联系?
2. 单片机与普通微型计算机在结构上有何区别?
3. 单片机按照通用性如何分类?
4. 单片机的应用前景如何?

第 2 章 MCS-51 单片机系统结构

2.1 MCS-51 单片机基本结构原理

2.1.1 结构框图

MCS-51 是 Intel 公司最早推出的 51 系列单片机，其代表产品主要有 8051 和 8052 系列，其中以 8051 系列单片机最为经典。因此，以后所有兼容 8051 的单片机一般简称为 51 系列单片机。8051 单片机主要由 8 个基本部件组成，即微处理器（CPU）、数据存储器（RAM）、程序存储器（ROM/EPROM）、I/O 口（P0 口、P1 口、P2 口、P3 口）、串行口、定时器/计数器、中断系统及特殊功能寄存器（SFR），它们都通过内部总线进行连接。

由于生产厂家和型号的不同，单片机内部数据存储器的大小、程序存储器的类型、串行口及定时器/计数器的数量与功能、特殊功能寄存器数量都会有一些差异，但 51 系列单片机的总体基本结构是一致的。51 系列单片机基本结构如图 2.1 所示。

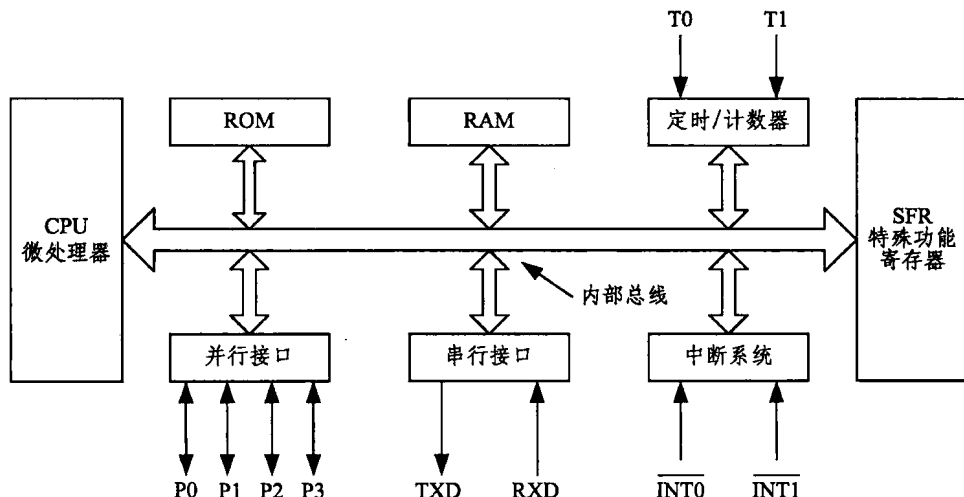


图 2.1 MCS-51 系列单片机的基本结构框图

2.1.2 主要功能部件

标准的 8051/8052 系列单片机主要包括以下功能部件：

- (1) 8 位的 CPU；

- (2) 4 KB/8 KB 片内程序存储器 (ROM/EPROM);
- (3) 128/256 字节的片内数据存储器 (RAM);
- (4) 32 条双向 I/O 线 (4 个 8 位双向 I/O 口);
- (5) 可寻址外部程序存储器和数据存储器, 最大范围均为 64 KB;
- (6) 2 或 3 个 16 位定时器/计数器;
- (7) 1 个全双工异步串行口;
- (8) 5 或 6 个中断源, 2 个中断优先级;
- (9) 具有位寻址能力;
- (10) 片内振荡器和时钟电路。

以上的功能部件为标准的 8051 单片机配置, 现在的 51 系列单片机与标准的 8051 单片机相比较, 其功能部件向单一化和多样化两个方向发展。例如: 有些型号的 51 单片机仅有 6 条 I/O 线, 另一些却有多达 56 条 I/O 线。具体功能部件的配置如存储器的大小和类型、I/O 口的多少、定时器的长度以及最大工作频率等可以参考有关产品的说明书。

2.1.3 8051 单片机内部结构框图及引脚功能

以 ATMEL 公司的 AT89C51 为例, 对 8051 单片机的引脚功能加以说明。AT89C51 与 Intel 公司的 8051 的唯一区别是 AT89C51 程序存储器为可擦写的 FLASH, 而 Intel 公司的 8051 为 ROM 或 EPROM, 其他如引脚及功能都完全一致。AT89C51 有 PDIP、PQFP、TQFP、PLCC、LCC 等多种封装形式, 图 2.2 为 AT89C51 双列直插式封装 PDIP 的引脚图, 其引脚功能说明如下:

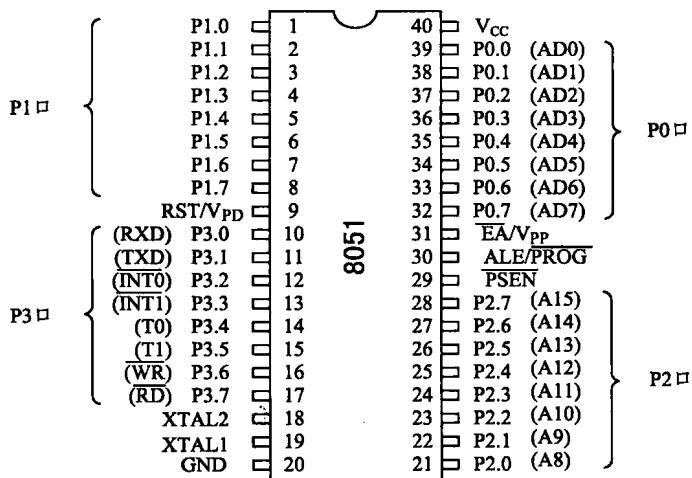


图 2.2 AT89C51 引脚分配图

- GND (20): 接地。
- V_{CC} (40): 接 +5 V 工作电源 (不同单片机型号其工作电压不同)。
- P0 口: 8 位标准双向 I/O 口, 寻址外部存储器时, 作数据总线和外部存储器低 8 位地址线, 在地址锁存信号 ALE 脉冲的作用下采用分时使用方式, 有 8 个 TTL 负载门的驱动能力。
- P1 口: 8 位准双向 I/O 口, 4 个 TTL 负载的驱动能力。

- P2 口：8 位准双向 I/O 口，访问外部存储器时作高 8 位地址，具有 4 个 TTL 门负载的驱动能力。

- P3 口：8 位准双向 I/O 口，有 4 个 TTL 负载门的驱动能力，同时具有典型的第二功能：

RXD (P3.0)：串行接收输入脚；

TXD (P3.1)：串行发送输出脚；

$\overline{\text{INT0}}$ (P3.2)：外部中断 0 请求信号输入，低电平或下降沿有效；

$\overline{\text{INT1}}$ (P3.3)：外部中断 1 请求信号输入，低电平或下降沿有效；

T0 (P3.4)：定时/计数器 0 外部被测脉冲输入；

T1 (P3.5)：定时/计数器 1 外部被测脉冲输入；

$\overline{\text{WR}}$ (P3.6)：外部 RAM 写信号输出，低电平有效；

$\overline{\text{RD}}$ (P3.7)：外部 RAM 读信号输出，低电平有效。

- RST /V_{PD}：复位信号输入端（高电平有效）/片内 RAM 备用电源提供脚。

- ALE / $\overline{\text{PROG}}$ ：外部存储器低 8 位地址锁存信号（高电平有效）/编程脉冲输入端。

- $\overline{\text{EA}}$ /V_{pp}：外部程序存储器访问允许控制端/编程电压输入端。

当 $\overline{\text{EA}}=1$ 时，

若 $\text{PC} \leq 0\text{FFFH}$ （对含 4 KB 内部 ROM 的产品）执行片内 ROM 中的程序；

若 $\text{PC} > 0\text{FFFH}$ （对含 4 KB 内部 ROM 的产品）执行片外 ROM 中的程序；

当 $\overline{\text{EA}}=0$ 时，仅执行片外 ROM 中的程序。

V_{pp}：片内程序存储器编程时接指定的编程电压。

- XTAL1：片内振荡器反向器输入端。

- XTAL2：片内振荡器反向器输出端。

8051 的内部结构框图如图 2.3 所示（见下页）。

2.1.4 典型时钟电路和复位电路

现在的 51 系列单片机时钟一般可以从全静态至 12 MHz 以上，通常情况下使用内部时钟电路，有特殊要求时也可以采用外接时钟源。图 2.4 所示为 8051 单片机使用内部时钟电路和外接时钟电路的两种典型接法。

简单复位电路的好处在于不受工作电压范围的限制，而专用复位集成电路，必须注意复位电压和工作电压是否匹配。

复位电路可采用简单的电阻、电容及按键开关构成上电自动复位和手动复位。也可以选择专用的复位集成芯片，这些专用的复位集成芯片除集成了复位电路外，有些还集成了看门狗、EEPROM 存储器等其他功能模块。图 2.5 所示为两种典型的简单复位电路接法。

CPU 复位后，堆栈指针 SP 为 07H，P0、P1、P2、P3 锁存器为 0FFH。

2.1.5 中央处理器 CPU

CPU 的组成可以表示为：