

51单片机

C语言程序设计

快速入门

田立 田清 代方震 编著

51单片机内部结构

- ◎ CPU
- ◎ 存储器
- ◎ I/O端口
- ◎ 定时器/计数器
- ◎ 中断系统

51单片机系统扩展

- ◎ 可编程接口扩展
- ◎ I/O端口扩展
- ◎ 存储器扩展

51单片机编程语言

- ◎ Keil C51集成开发环境
- ◎ 单片机C语言实例剖析
- ◎ C语言汇编语言混合编程

51单片机应用系统实例

(包括总体设计、硬件设计、软件设计、系统调试)

- ◎ 单片机程序在线装载系统
- ◎ 摄像机云台解码器系统



附光盘
CD-ROM

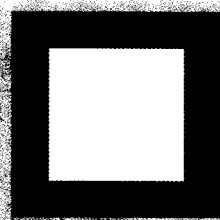
本书源代码及所有原理图、
硬件设计图

51单片机

语言程序设计

快速入门

田立 田清 代方震 编著



人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (CIP) 数据

51 单片机 C 语言程序设计快速入门 / 田立, 田清, 代方震编著.

—北京: 人民邮电出版社, 2007.1

ISBN 978-7-115-15436-1

I. 5... II. ①田...②田...③代... III. ①单片微型计算机, 51 系列—程序设计②C 语言—程序设计 IV. ①TP368.1②TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 126077 号

内 容 简 介

本书以 MCS-51 单片机为例, 详细介绍了单片机的结构及其编程方法, 以 C 语言为主线讲述了常用的编程思想。本书还详细介绍了 C 语言与汇编语言混合编程的方法及其在 Keil 中的具体实现。在书中最后章节作者还对多年的项目开发经验进行了总结并对单片机的初学者提出了宝贵建议。

本书可作为单片机初学者的入门教材、本科毕业设计指导用书, 也可作为相关技术开发人员的参考书。

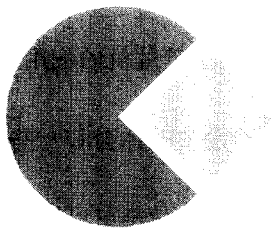
51 单片机 C 语言程序设计快速入门

- ◆ 编 著 田 立 田 清 代方震
责任编辑 屈艳莲
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 21.5
字数: 519 千字 2007 年 1 月第 1 版
印数: 1—5 000 册 2007 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-15436-1/TP · 5789

定价: 39.00 元 (附光盘)

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223



前 言

关于本书

单片机在嵌入式系统的开发中占据了很重要的位置，8051 单片机在工业测量、控制领域中得到了广泛应用。本书详细介绍了 8051 单片机的结构、接口及其编程方法，具体讲述了 8051 单片机的内部结构、中断系统、人机交互接口、模/数、数/模、串行口等接口芯片及其编程方法。

本书以应用为主，对单片机的实际应用和实际项目的指导性很强，可以使单片机初学者快速入门。

在单片机的系统开发中，硬件部分相对固定也相对容易，软件程序的编写调试则是工作的重点。在软件程序的开发过程中，有些读者读不懂代码，而更多的读者是可以读懂代码但是当自己遇到课题、项目的时候不知如何下手。本书通过对具体问题的分析，给出程序的编写过程，并在最后给出程序的注解。通过这种方式可以提高读者分析问题、编写程序以及调试程序的能力。

本书以 C 语言为主线对单片机的软件程序开发作了详细讲解，详细介绍了单片机各个模块的 C 语言编程实现。在一些对速度和时间敏感的应用系统中，仅用 C 语言是不够的，有些特殊的要求必须通过汇编语言才能实现。但用汇编语言编写全部应用程序又远不如用 C 语言编写的效率高，因此用 C 语言和汇编语言混合编程是解决这类问题的最好方法。书中对该种方法作了详细介绍并给出了在 Keil 中的具体实现。在本书的应用实例中加入了实际的工程项目，通过对具体实例的分析使读者加深对单片机系统的理解。

本书内容组织方式

本书介绍了 51 单片机的基础知识、功能模块、高级应用以及系统设计。

基础部分主要介绍了单片机系统、硬件部分和软件部分。其中，第 1 章介绍了单片机基础以及 51 单片机的硬件结构。第 2 章介绍了 51 单片机的 C 语言编译器 Keil C51 以及项目工程的建立方法。第 3 章介绍了单片机 C 语言的基本知识及其基础实例。

功能模块部分详细讲述了 51 单片机内部的模块及其应用。第 4 章介绍了中断系统及其编程实现。第 5 章介绍了定时器和计数器以及其工作方式，并给出了具体的应用实例。第 6 章讲解了在实际应用中使用较多的串行通信接口。第 7 章介绍了单片机的输入设备，详细讲解

了键盘及其编程方法。第 8 章介绍了输出设备，对 LED 及数码管的编程作了讲解。第 9 章介绍了数/模和模/数转换器，对其原理和实现作了详细讨论。

高级应用部分主要讲解了 C 语言与汇编语言混合编程方法。第 10 章介绍了 51 单片机的指令系统、寻址方式及汇编语言程序设计的一般方法。第 11 章讲述了 C 语言与汇编语言混合编程的方法及其在 Keil 中的实现。

在系统设计部分，第 12 章介绍了单片机的系统扩展。第 13 章介绍了单片机的应用系统，具有很大的实际意义。

本书在最后对初学者提出了几点建议，并把作者在多年单片机开发中的体会和一些技巧写出来与读者分享。

本书内容由浅入深，读者只需顺序阅读即可，若读者对某些章节比较熟悉可以跳过。在学习的同时一定要进行编程实践，遇到困难的地方再参考相关部分。

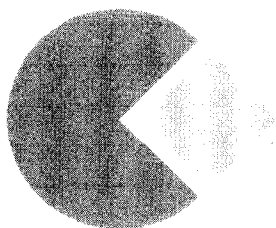
与作者联系

本书的编写得到了很多单片机系统开发人员的大力支持和帮助，其中胥杰、田清等同学为本书提供了很多资料并提出了好的建议，在此表示感谢。

由于编者水平有限加上时间仓促，书中错误和不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。读者可以通过发送 E-mail 至 quyanlian@ptpress.com.cn 与本书责任编辑联系。

编著

2006 年 11 月



目 录

第 1 章 单片机基础及 MCS-51 结构	1
1.1 单片机概述.....	1
1.1.1 微机及单片机.....	1
1.1.2 单片机的实际应用.....	2
1.1.3 单片机的分类.....	3
1.1.4 MCS-51 系列单片机.....	3
1.2 MCS-51 单片机功能及结构框图.....	4
1.2.1 8051 单片机功能综述.....	4
1.2.2 8051 单片机的结构框图.....	5
1.3 8051 单片机内部结构.....	5
1.3.1 8051 单片机的 CPU 结构.....	5
1.3.2 存储器结构.....	9
1.3.3 I/O 端口结构.....	13
1.3.4 定时器/计数器结构.....	14
1.3.5 中断系统.....	14
1.4 MCS-51 单片机引脚功能.....	15
1.4.1 MCS-51 芯片封装.....	15
1.4.2 芯片引脚及功能.....	16
1.5 MCS-51 工作方式.....	16
1.5.1 复位方式.....	16
1.5.2 程序执行方式.....	17
1.5.3 低功耗方式.....	17
1.6 MCS-51 单片机工作时序.....	18
1.6.1 时钟电路.....	18
1.6.2 机器周期及指令周期.....	18
1.6.3 指令的执行时序.....	19

第 2 章 Keil C51 简介及单片机软件程序设计	21
2.1 Keil C51 集成开发环境.....	21
2.1.1 启动 Keil μ Vision2 程序.....	21
2.1.2 工作环境介绍.....	21
2.2 建立一个简单的项目.....	23
2.3 工程项目的编译及运行.....	26
2.4 单片机软件开发流程.....	29
2.4.1 建立工程项目.....	30
2.4.2 可执行文件的生成.....	32
2.4.3 软件仿真器简述.....	33
2.4.4 硬件编程器.....	36
2.4.5 程序的下载及运行.....	37
第 3 章 C 语言基础及实例剖析	38
3.1 C 程序组成.....	38
3.1.1 C 语言中的数据.....	38
3.1.2 C 语言中的函数.....	39
3.2 C 语言中的运算操作.....	40
3.2.1 赋值、指针和取指运算符.....	40
3.2.2 算术运算符.....	41
3.2.3 关系运算符.....	42
3.2.4 逻辑运算符.....	43
3.2.5 位运算.....	44
3.2.6 复合运算符.....	46
3.3 基本的程序设计结构.....	47
3.3.1 顺序结构程序设计.....	47
3.3.2 分支结构程序设计.....	49
3.3.3 循环结构程序设计.....	52
3.3.4 子程序设计.....	56
3.4 Keil 中的 C 样例程序分析.....	59
第 4 章 中断系统	63
4.1 中断概述.....	63
4.1.1 I/O 控制方式.....	63
4.1.2 中断的概念.....	63
4.1.3 中断的主要功能.....	64
4.2 8051 中断.....	65
4.2.1 中断源.....	65

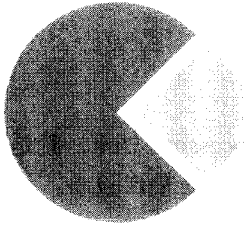
4.2.2	中断优先级	66
4.2.3	中断处理过程	69
4.3	中断控制	71
4.3.1	中断编程方法	71
4.4	中断编程实例	72
4.4.1	$\overline{\text{INT0}}$ 中断实例	72
4.4.2	$\overline{\text{INT1}}$ 实现中断嵌套实例	73
4.4.3	定时器中断实例	76
4.4.4	串行口中断实例	77
第 5 章	定时器/计数器	80
5.1	定时器/计数器的结构与工作原理	80
5.1.1	定时器/计数器硬件结构	80
5.1.2	定时器/计数器工作原理	81
5.2	定时器/计数器的工作方式	81
5.2.1	方式 0	81
5.2.2	方式 1	82
5.2.3	方式 2	83
5.2.4	方式 3	84
5.3	定时器/计数器的控制	85
5.4	定时器计数器初始化	86
5.5	定时器/计数器应用实例	86
5.5.1	基本工作方式	86
5.5.2	级联工作方式	92
5.5.3	外部中断扩展	96
5.5.4	查询方式的应用	98
第 6 章	串行通信接口	100
6.1	串行通信方式简介	100
6.1.1	串行通信分类	100
6.1.2	数据的传输模式	101
6.1.3	波特率	102
6.2	串口结构介绍	102
6.2.1	MCS-51 串行口的硬件结构	102
6.2.2	数据缓冲寄存器 SBUF	102
6.2.3	串行口控制寄存器 SCON	103
6.2.4	特殊功能寄存器 PCON	104
6.3	MCS-51 串口工作方式	105
6.3.1	方式 0	105

6.3.2	方式 1	106
6.3.3	方式 2	106
6.3.4	方式 3	107
6.3.5	各方式下波特率的计算	107
6.4	串行通信接口标准	108
6.4.1	RS-232 标准	108
6.4.2	串行口通信的连接方法	110
6.5	串口应用实例	110
6.5.1	串行口在方式 0 下的应用	110
6.5.2	串行口在其他方式下的应用	116
6.6	软件 UART 原理及实现	116
6.6.1	软件 UART 处理方法基本思路	116
6.6.2	软件 UART 接收原理及其实现	117
6.6.3	软件 UART 发送原理及其实现	121
6.7	串口调试助手及其作用	125
6.7.1	串口调试助手简介	125
6.7.2	在单片机系统调试运行中的作用	126
第 7 章	输入设备	127
7.1	输入设备分类及结构	127
7.1.1	开关和按键	127
7.1.2	按键去抖动	128
7.1.3	非编码独立式键盘	130
7.1.4	非编码矩阵式键盘	131
7.1.5	编码键盘	132
7.2	键盘与单片机的接口	132
7.2.1	独立式键盘与单片机的接口	132
7.2.2	行列式键盘与单片机的接口	133
7.3	键盘接口的程序实现	134
7.3.1	查询方式的程序实现	134
7.3.2	中断方式的程序实现	140
7.3.3	串行口扩展键盘接口	149
第 8 章	输出设备	152
8.1	输出设备种类及结构	152
8.1.1	发光二极管	152
8.1.2	数码管	153
8.1.3	液晶显示模块	154
8.2	输出设备接口及其编程	154

8.2.1	LED 指示灯功能的程序实现	155
8.2.2	数码管显示的编程实现	157
8.2.3	数码管的静态显示法	158
8.2.4	数码管的动态显示法	163
8.3	8279 接口芯片	165
8.3.1	8279 及其编程说明	165
8.3.2	8279 与单片机接口及程序实现	171
第 9 章	MCS-51 与常用外设芯片接口	175
9.1	数/模转换	175
9.1.1	D/A 转换器	175
9.1.2	D/A 转换芯片 DAC0832	176
9.1.3	DAC0832 应用实例	178
9.2	模/数转换	187
9.2.1	A/D 转换器	187
9.2.2	A/D 转换芯片 ADC0809	189
9.2.3	ADC0809 应用实例	192
9.3	定时器计数器 8253	199
9.3.1	8253 结构	199
9.3.2	8253 命令及工作方式	201
9.3.3	8253 与 8051 的连接及编程	206
第 10 章	MCS-51 汇编语言程序设计	209
10.1	指令与寻址方式	209
10.1.1	指令格式	209
10.1.2	MCS-51 寻址方式	210
10.2	MCS-51 指令系统	214
10.2.1	数据传送类指令	214
10.2.2	算术运算类指令	218
10.2.3	逻辑运算及移位类指令	220
10.2.4	控制转移类指令	222
10.2.5	位操作类指令	225
10.3	汇编语言程序设计	226
10.3.1	汇编	226
10.3.2	伪指令	227
10.3.3	汇编语言程序设计方法	229
10.4	汇编程序实例	230
10.4.1	简单程序实例	230
10.4.2	分支程序实例	233

10.4.3	循环程序实例	234
10.4.4	查表程序实例	238
10.4.5	汇编语言的端口操作程序	239
10.4.6	汇编语言中断程序的编写	240
第 11 章	C 与汇编语言混合编程	242
11.1	程序设计及编程方法	242
11.1.1	单片机程序编制过程	242
11.1.2	各种语言优缺点	243
11.1.3	混合编程的优势	243
11.2	混合编程原理	243
11.2.1	宏汇编器 A51	244
11.2.2	C51 编译器	246
11.2.3	函数调用中的参数传递	247
11.3	C 与汇编语言混合编程实现	247
11.3.1	混合编程项目的建立	247
11.3.2	C 语言中调用汇编函数	250
11.3.3	汇编语言中调用 C 函数	251
11.3.4	Keil 中的编译控制命令 SRC	253
11.3.5	用汇编语言编写中断函数	257
11.4	混合编程应用实例	258
11.4.1	问题提出	258
11.4.2	C 语言产生的误差	259
11.4.3	混合编程的解决办法	260
第 12 章	单片机系统扩展	266
12.1	系统扩展概述	266
12.1.1	总线	266
12.1.2	并行扩展	267
12.1.3	串行扩展	268
12.2	简单的 I/O 口扩展	270
12.3	可编程接口扩展芯片	272
12.3.1	8255 接口芯片	272
12.3.2	8155 接口芯片	278
12.4	存储器扩展	284
12.4.1	程序存储器	284
12.4.2	数据存储器	289
第 13 章	单片机应用系统设计	293
13.1	应用系统设计的一般方法	293

13.1.1	总体设计	294
13.1.2	硬件设计	294
13.1.3	软件设计	296
13.1.4	系统调试	298
13.2	单片机程序在线装载系统	299
13.2.1	设计任务	300
13.2.2	任务分析及方案选定	301
13.2.3	硬件设计	302
13.2.4	软件设计	304
13.2.5	程序编制	308
13.3	摄像机云台解码器系统设计	315
13.3.1	云台简介	315
13.3.2	云台解码器硬件	315
13.3.3	云台解码器通信协议	317
13.3.4	云台解码器软件编制	318
第 14 章	对初学者的几点建议	323
14.1	模块化设计思想	323
14.1.1	硬件设计中的模块化	323
14.1.2	软件设计中的模块化	323
14.2	系统开发中的必备工具	326
14.3	隐式过程显化	328
14.3.1	常用方法	328
14.3.2	实例讲解	328



第 1 章 单片机基础及 MCS-51 结构

单片机系统大体上由两个部分组成，即硬件部分和软件部分。硬件部分相对容易，而软件部分则是单片机系统的核心，决定着系统的功能和特点。一个单片机系统的总体结构可用图 1.1 表示。

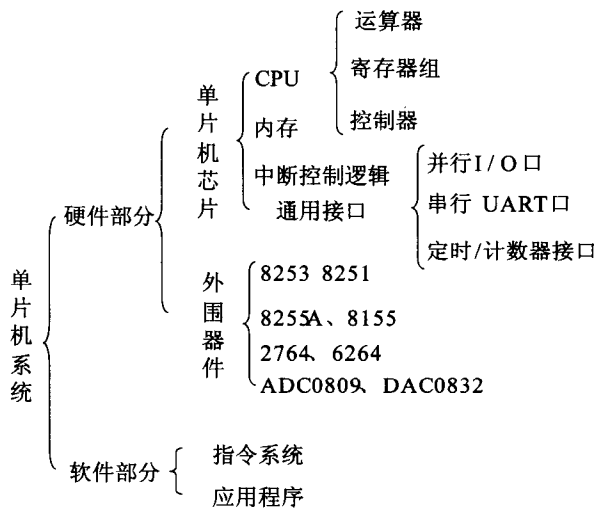


图 1.1 单片机系统组成框图

其中单片机芯片是系统的核心部件，再加上一系列的外围设备，构成了单片机系统的硬件部分；而指令系统和由指令组成的应用程序构成了单片机系统的软件部分，硬、软件协同工作实现了单片机系统的功能。

1.1 单片机概述

1.1.1 微机及单片机

冯·诺伊曼结构的微型计算机有 5 个基本组成部分，包括运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备。结构如图 1.2 所示。

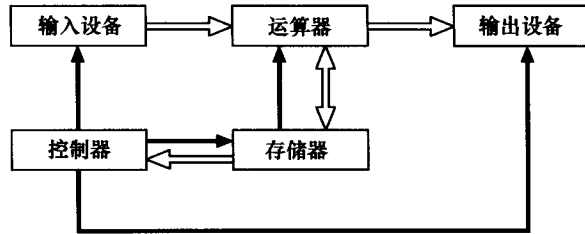


图 1.2 微机系统结构

拿个人计算机 (PC) 来说, 其中中央处理器 (CPU, Central Processing Unit) 就是运算器和控制器, 内存条就是存储器, 鼠标和键盘等是输入设备, 显示器则是输出设备, 这样几个部件相互配合工作构成了个人计算机。

单片机是单片微型计算机的简称, 是把各种功能部件包括中央处理器 (CPU)、只读存储器 (ROM, Read Only Memory)、随机存取存储器 (RAM, Random Access Memory)、输入/输出 (I/O) 单元、定时器计数器以及串行口等集成在一块芯片上构成的微型计算机。

MCS-51 系列的 8051 单片机结构如图 1.3 所示, 该单片机集成了构成微型计算机需要的基本功能部件。

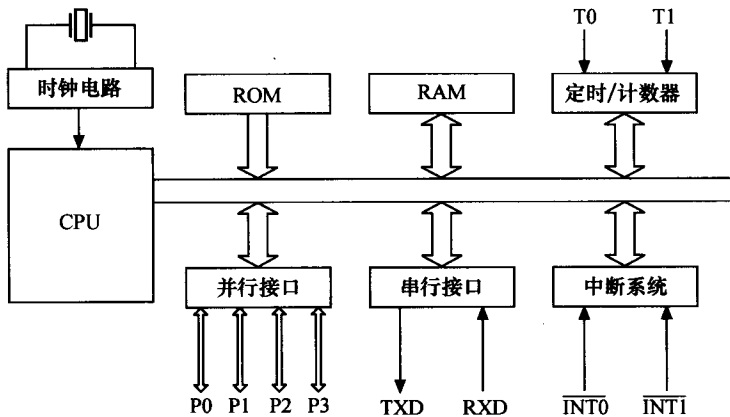


图 1.3 8051 单片机结构

单片机与微机原理中讲述的 8086 或 8088 有所区别, 后者仅仅是微处理器, 相当于中央处理单元, 包括执行单元 (EU) 和总线接口单元, 其他功能部件必须在外部扩展; 前者则是微处理器、存储器及外围部件的集成, 更加适合构成小型系统, 在嵌入式系统的开发中不能缺少。

单片机由微型计算机发展而来, 从 1974 年美国 Fairchild 公司研制出世界上第一台单片微型计算机 F8 以来, 各种类型的单片机层出不穷, 单片机的发展速度非常之快。随着制造工艺的不断改进, 单片机的功能越来越强、品种越来越多, 至今已有很多不同性能和价格的单片机可供选择。

1.1.2 单片机的实际应用

随着人们对智能化设备的要求越来越高, 各种智能设备发展越来越快, 单片机在其中起

到了很重要的作用。图 1.4 所示的应用系统中都使用到了微处理器。



图 1.4 单片机在实际中的应用

1.1.3 单片机的分类

按照 CPU 对数据的处理位数来分，单片机通常可以分为以下 4 类。

1. 4 位单片机

4 位单片机的处理能力较弱，CPU 一次只能处理 4 位二进制数，实现一些简单的控制功能。

2. 8 位单片机

8 位单片机是目前单片机的主流，具有较强的控制功能，片内有中断源、并行 I/O 接口、定时器/计数器，并集成有全双工串行通信接口。在指令方面，增加了乘除指令和比较指令等，其他资源也有所增加，故该类单片机处理功能强大，在工业控制、智能仪表、家电及玩具等系统中得到了广泛应用。

3. 16 位单片机

16 位单片机的 CPU 总线是 16 位，运算速度普遍高于 8 位单片机。它的寻址能力有很大提高，片内 A/D、D/A 转换电路，主要产品有 Intel 公司的 MCS-96 系列单片机，Motorola 公司的 M68HC16 系列单片机等。

4. 32 位单片机

32 位单片机的字长为 32 位，具有极高的运算速度，处理能力相当强大，目前发展迅速的嵌入式操作系统基本上在 32 位机上实现，比如 ARM 的嵌入式 Linux 系统，发展前景被普遍看好。

目前大量使用的单片机仍然是 8 位，其正向着高性能、低功耗的方向发展，在小型系统的开发中占据了极大优势。

1.1.4 MCS-51 系列单片机

MCS-51 是指由美国 Intel 公司生产的一系列单片机的总称，这一系列单片机包括了很多

种类,如 8031、8051、8751、8951、8032、8052、8752 和 8952 等,其中 8051 是最早、最典型的产品,该系列的其他单片机都是在 8051 的基础上进行功能的增、减、改进而来,所以人们习惯于用 8051 来称呼 MCS-51 系列单片机, MCS-51 系列单片机内部资源对比情况如表 1.1 所示。

表 1.1 MCS-51 系列单片机内部资源对比

典型芯片	并行 I/O 口	定时/计数器	中断源	串行通信口	片内 RAM	片内 ROM
80C31	4×8 位	2×16 位	5	1	128KB	无
80C51	4×8 位	2×16 位	5	1	128KB	4KB ROM
87C51	4×8 位	2×16 位	5	1	128KB	4KB EPROM
89C51	4×8 位	2×16 位	5	1	128KB	4KB EEPROM
80C32	4×8 位	2×16 位	6	1	256KB	无
80C52	4×8 位	2×16 位	6	1	256KB	8KB ROM
87C52	4×8 位	2×16 位	6	1	256KB	4KB EPROM
89C52	4×8 位	2×16 位	6	1	256KB	4KB EEPROM

MCS-51 系列单片机都有 4 个并行 I/O 口,分别是 P0、P1、P2 和 P3,8051 单片机有两个定时/计数器、5 个中断源、1 个串行口,还有 128B 或 256B 的片内 RAM。MCS-51 单片机内部的 ROM 资源不尽相同,它采用掩膜制造工艺,程序一旦装载进去便永远不能改变,但是 EPROM 采用特殊的 FAMOS 管构成,程序写入后,也可以用其他手段进行修改,因此带有 EPROM 型单片机使用起来比较方便。

1.2 MCS-51 单片机功能及结构框图

8051 是 MCS-51 系列单片机中的代表产品,在本节和以下几节中将详细介绍其内核结构和各种内外部资源。

1.2.1 8051 单片机功能综述

8051 单片机主要参数及功能如下。

- (1) 8 位 CPU。
- (2) 4KB 程序存储器 (ROM)。
- (3) 128B 的数据存储器 (RAM)。
- (4) 32 条 I/O 口线。
- (5) 111 条指令,大部分为单字节指令。
- (6) 21 个专用寄存器。
- (7) 2 个可编程定时/计数器。
- (8) 5 个中断源,2 个优先级。
- (9) 1 个全双工串行通信口。
- (10) 外部数据存储器寻址空间为 64KB。
- (11) 外部程序存储器寻址空间为 64KB。

- (12) 逻辑操作位寻址功能。
- (13) 双列直插 40 引脚 DIP 封装。
- (14) 单一+5V 电源供电。

1.2.2 8051 单片机的结构框图

8051 单片机内部结构如图 1.5 所示, 它在一块芯片上集成了各种功能部件, 各个功能模块在以下几节中具体讲述。

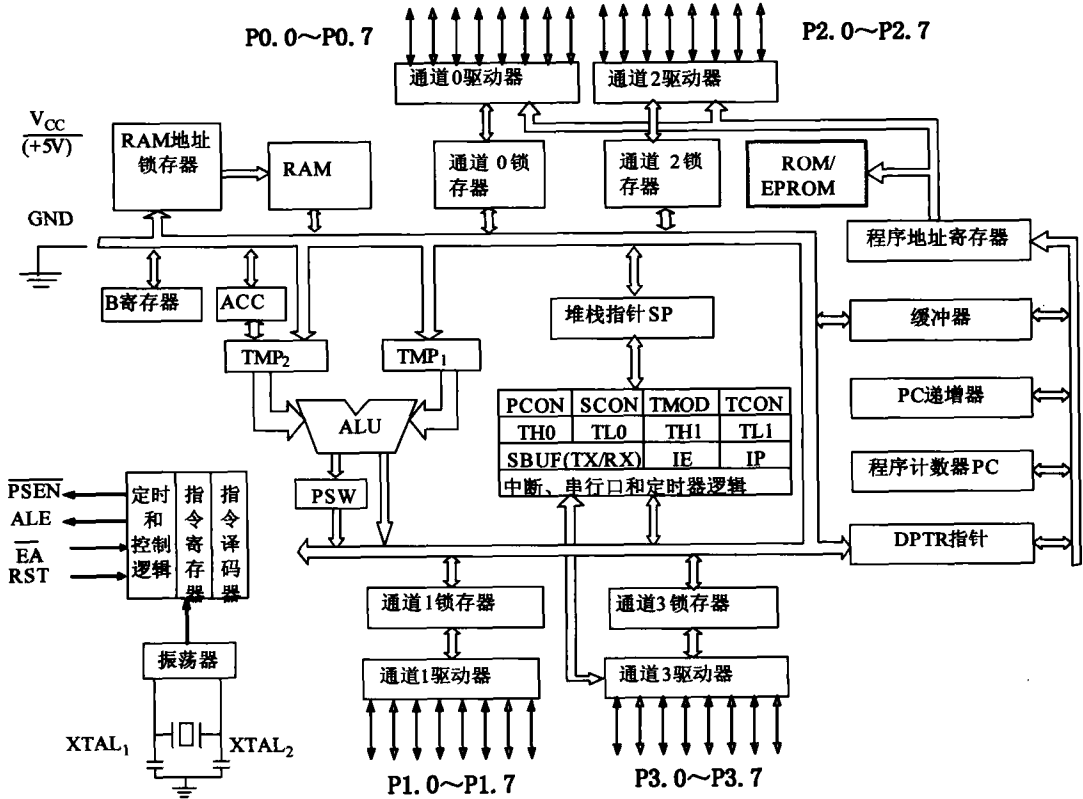


图 1.5 8051 结构框图

1.3 8051 单片机内部结构

1.3.1 8051 单片机的 CPU 结构

CPU 实现了冯·诺伊曼所设想的计算机中的运算器和控制器的功能, 是单片机最核心的部件。中央处理器的结构比较复杂, 读者只需了解其工作过程即可。

1. 算术逻辑单元 (ALU)

8051 的 ALU 由一个加法器、两个 8 位暂存器 (TMP1 和 TMP2) 和布尔处理器组成。