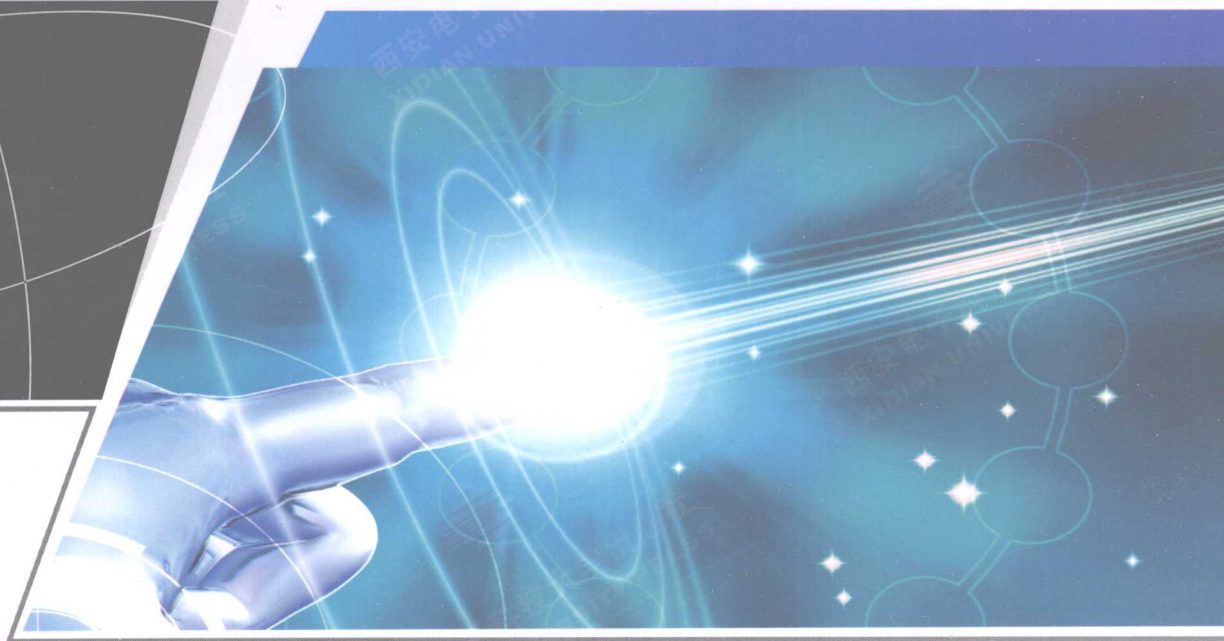




高职高专电子信息类“十一五”规划教材

单片机原理及应用

郭 军 编著



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高职高专电子信息类“十一五”规划教材

单片机原理及应用

郭 军 编著

西安电子科技大学出版社

2009

内 容 简 介

本书通过 30 多个实例向读者介绍了应用最为广泛的单片机 8051 的各种功能。全书共 12 章, 分别介绍了 8051 单片机及其存储器, 输入、输出口及其应用, 中断及其应用, 定时/计数器及其应用, 串口及其应用, A/D 与 D/A 转换及其应用, 步进电机及其控制, 声音及其控制, LCD 模块及其应用等内容。

本书可作为高职高专电子类专业“单片机原理及应用”课程的教材, 也可作为单片机应用与开发人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用 / 郭军编著. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2009.8

高职高专电子信息类“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5606-2283-5

I. 单… II. 郭… III. 单片微型计算机—高等学校: 技术学校—教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 095537 号

策 划 毛红兵

责任编辑 邵汉平 毛红兵

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西光大印务有限责任公司

版 次 2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 18.875

字 数 440 千字

印 数 1~4000 册

定 价 27.00 元

ISBN 978-7-5606-2283-5/TP · 1159

XDUP 2575001-1

如有印装问题可调换

本社图书封面为激光防伪覆膜, 谨防盗版。

西安电子科技大学出版社
高职高专电子信息类“十一五”规划教材
编审专家委员会名单

主任：杨 勇

副主任：张小虹

成 员：（按姓氏笔画排列）

马 琳	王 平	王宏军	丛迎九
卢庆林	李常峰	李德家	李文森
刘 勇	张玉莲	张 伟	郭亚红
战德刚	段智毅	祝瑞花	栾春光
曾照香	彭丽英	雷少刚	黎 伟

项目策划：毛红兵

策 划：曹 昉 寇向宏

电子教案：马武装

前 言

本书是一本高职高专电子类专业“单片机原理及应用”课程的教材，在编写过程中参阅了 51 系列单片机的最新资料，吸收了单片机应用的新理念，也融入了编者在校企合作过程中从事单片机应用开发的成功实例。

本书在写法上非常独特，把汇编语言、硬件原理和应用实例有机地结合在一起，这是本书的亮点。每一章内容的搭配都经过精心设计，把硬件结构、软件流程、电路原理、程序代码及注释等巧妙糅合在了一起。

本书共 12 章，其中：

第 1 章介绍 8051 的历史地位、现在的应用方向及其内部结构和引脚配置，并给出学习 8051 的工作平台、指令格式及硬件框架和程序框架，以使读者对 8051 的开发环境和开发过程有个基本的认识，为后面学习指令和剖析内部结构打下坚实的基础。

第 2 章通过大量的图表来讲解 8051 存储器的结构和类型，以及汇编语言使用什么类型的指令、运用什么方式访问各种类型的存储单元，从而引出寻址方式；接着利用数据传送类的完整例子来分析指令是如何操作、控制存储单元的；然后给出存储器的扩展方法，使读者进一步认识程序的写法。这就为后面讲述程序和实例开辟了道路。

第 3 章重点讲述输入/输出内部结构，配合输入电路的设计方案讨论了跳转指令，进一步深化程序结构的概念，在程序实例中总结出了顺序、选择和循环的概念。这为后面全面进行应用程序设计和实例设计提供了可能。

第 4 章重点讲述驱动外部电路的设计方法，还介绍了逻辑运算指令。

第 5 章在第 3、第 4 两章的基础上，安排了大量综合应用实例，对单片机应用中常用的输入—键盘系统和输出—数码管系统进行了详尽的介绍。为了完成这些实例，本章给出了指令系统的最后一个也是最为复杂的指令体系：算术运算指令。这样，MCS-51 的所有指令全部给出，读者可以应用全部的软件资源进行程序设计了。

第 6 章详细介绍中断系统各个环节的工作方式、状态控制和保护等。这为设计键盘和数码管显示方法提供了新的思路；同时也提出了一些新设备的控制和接口设计方法（编码器等）。通过对程序设计概念和方法的总结，把分布于前面各章节的程序设计的基本概念和方法以体系结构的形式呈现在读者面前，从而使程序设计方法更加完善。

第 7 章介绍 MCS-51 系列单片机的定时/计数器。

第 8 章介绍 MCS-51 系列单片机的串口。

第 9 章介绍 MCS-51 系列单片机的 A/D 与 D/A 转换接口。

以上三章介绍了单片机常用的功能部件。现在新开发的单片机一般把这三部分作为基本配置。51 系列单片机内部包含前两种，没有 A/D 与 D/A 转换接口，需要自己选择合适的转换芯片。对于前两种部件，市场上提供了大量的可扩展设备，如 8253 扩展定时/计数器；

MAX232 增加了串口应用范围，可以与计算机通信。

第 10 章为步进电机及其控制。这是在众多的电机运行控制类型中找出一个典型，一方面是为了进一步应用单片机的资源，介绍驱动方法；另一方面是因为步进电机在工控中具有广泛的应用。

第 11 章为声音及其控制。这不是 MCS-51 单片机的强项，但通过它却可以使读者在学习中找到乐趣，进而提高学习单片机的兴趣。本章还把中断、定时/计数系统进行了一次精彩的演练；而精确的延时控制也让读者深入了解了指令字节和周期的内幕，进而促进读者在进行程序设计时精心选择每一条指令。

第 12 章为 LCD 模块及其应用。这些显示器件为设计高档单片机控制系统提供了可选资源，同时也是对完善的程序设计方法进行的一次大演练，其中涉及到了比较多的子程序调用、复杂的跳转和查表方法等。

最后的设计实践——“一米线”，是作者以前实际设计的一个项目。从任务的提出到硬件的定版，再到软件的完善，都详细进行了讲解，目的就是让读者学习怎样上手一个项目。在这个过程中，读者应重点理解程序设计和电路设计的结合点，体验理论学习和实践应用中的偏差，懂得在实际应用中提高自己，在不断地学习中完善自己。

本书前 6 章为核心内容，第 7、第 8 章属于单片机具有的重要模块，后面的 4 章为扩展单片机功能部分，请授课老师根据学习时间和实验条件有选择地进行讲解。

每一章后面的设计课，其题目具有新颖性，设计具有启发性，概念具有拓展性，可以帮助读者巩固所学知识，达到举一反三的目的。读者在完成一个一个的设计课目后，可自然地达到开发设计单片机应用系统的水平。

本书给出的实例非常详实，每一个都可以单独运行。

FT_0718 开发板是专门为本书开发设计的，书中介绍的全部实例和设计课题都可以在该开发板上演练；因为板子上还配置了 CPLD 资源，所以还可以扩展设计内容，为学生参加电子竞赛提供演练平台。读者如有需要，可写信至 gj_john_dx@sina.com。

作 者

2009 年 3 月

目 录

第 1 章 全面认识 8051	1
1.1 单片机的过去、现在与未来	1
1.1.1 单片机、计算机与嵌入式系统	1
1.1.2 单片机的发展过程	2
1.1.3 51 系列单片机	2
1.2 8051 系列单片机的内部结构和封装形式	3
1.2.1 常见的 8051 系列单片机	3
1.2.2 8051 单片机的内部结构	3
1.2.3 8051 系列单片机的封装形式和管脚排列	4
1.3 8051 系列单片机使用的工具及其连接	6
1.3.1 基本软件环境—— μ V3 简介	6
1.3.2 配套硬件环境 FT_0718 开发板简介	11
1.3.3 常用学习模式及开发流程	11
1.4 基本硬件连接框架	12
1.4.1 一个完整而简单的电路——框架结构	12
1.4.2 电源、时钟、复位和功能设定	13
1.4.3 可以运行啦	15
1.5 指令格式及程序框架	16
1.5.1 指令描述	16
1.5.2 语句描述	17
1.5.3 程序框架	17
1.6 设计课目与演练	18
小结	19
习题	19
第 2 章 8051 存储器	21
2.1 8051 存储器的基本结构	21
2.1.1 位、字节、字、存储单元及地址(编号)	21
2.1.2 8051 存储器的分配	22
2.1.3 程序存储器空间	23
2.1.4 外部数据存储器	24
2.1.5 内部数据存储器	25
2.2 寻址方式	29

2.2.1 立即寻址	30
2.2.2 直接寻址	32
2.2.3 寄存器寻址	32
2.2.4 寄存器间接寻址	33
2.2.5 基址加变址寻址	33
2.2.6 相对寻址	34
2.2.7 位寻址	35
2.3 数据传送类指令	36
2.4 存储器的扩展	40
2.4.1 外部程序存储器的扩展	40
2.4.2 外部数据存储器的扩展	42
2.4.3 存储器空间地址的分配	44
2.5 设计课目与演练——秘密存放数据：数据的搬移与变换	46
小结	48
习题	48
第 3 章 输入口及其应用	50
3.1 8051 的输入/输出	50
3.1.1 输入/输出的内部结构与操作	50
3.1.2 输入/输出的应用与扩展	54
3.2 控制转移类指令	56
3.2.1 无条件转移	57
3.2.2 条件转移	60
3.2.3 子程序调用及返回	64
3.2.4 空操作 NOP	69
3.3 输入电路设计	69
3.4 设计课目与演练——按键控制 LED	75
小结	75
习题	75
第 4 章 输出口及其应用	77
4.1 输出驱动电路	77
4.1.1 分立元件设计方案——三极管驱动及保护设计	77
4.1.2 集成 IC 驱动的设计方法及芯片选择	80
4.2 逻辑运算类指令	83
4.2.1 逻辑与操作	84
4.2.2 逻辑或操作	84
4.2.3 逻辑异或操作	85
4.2.4 循环移位指令	85
4.2.5 其他指令	86

4.3 设计课目与演练——水塔水位控制仪.....	86
小结.....	87
习题.....	88
第5章 输入/输出综合应用	89
5.1 算术运算指令.....	89
5.1.1 不带进位的加法指令.....	90
5.1.2 带进位的加法指令.....	92
5.1.3 带进位的减法指令.....	93
5.1.4 加1、减1指令.....	93
5.1.5 乘、除法指令.....	94
5.1.6 十进制调整指令.....	94
5.2 键盘接口.....	96
5.2.1 扫描法.....	98
5.2.2 线反转法.....	100
5.3 数码管.....	101
5.3.1 LED显示器的结构与工作原理.....	101
5.3.2 驱动电路设计.....	103
5.4 设计课目与演练——用P1口模拟SPI读写X25045.....	110
小结.....	114
习题.....	114
第6章 中断及其应用	116
6.1 中断概述.....	116
6.2 中断响应控制.....	117
6.2.1 中断源.....	117
6.2.2 中断请求标志(TCON、SCON).....	118
6.2.3 中断允许控制(IE).....	119
6.2.4 中断优先级设定(IP).....	120
6.3 中断过程.....	121
6.3.1 中断响应.....	121
6.3.2 中断处理.....	122
6.3.3 中断返回.....	124
6.4 中断的应用及扩展.....	125
6.4.1 键盘中断与识别.....	125
6.4.2 编码器中断与识别.....	129
6.4.3 中断的扩展.....	131
6.5 系统化程序设计中的概念和方法.....	134
6.5.1 汇编语言.....	134
6.5.2 程序结构.....	135

6.5.3 子程序与中断服务程序	135
6.5.4 查表、数据检索与排序	135
6.5.5 运算类程序设计	139
6.6 设计课目与演练——位移测量并显示	143
小结	145
习题	145
第 7 章 定时/计数器	147
7.1 定时/计数器的结构与工作原理	147
7.1.1 定时/计数器的结构	147
7.1.2 定时/计数器的功能	148
7.1.3 定时/计数器的方式寄存器 TMOD	149
7.1.4 定时/计数器的控制寄存器 TCON	150
7.2 定时/计数器的工作方式	150
7.2.1 方式 0	150
7.2.2 方式 1	153
7.2.3 方式 2	155
7.2.4 方式 3	157
7.3 定时/计数器 2	160
7.3.1 T2 的控制寄存器 T2CON 和 T2MOD	160
7.3.2 定时/计数器 2 的工作模式	161
7.4 设计课目与演练——直流伺服电机的 PWM 控制	164
小结	166
习题	166
第 8 章 串口及其应用	167
8.1 串行通信基础	167
8.1.1 基本概念	168
8.1.2 串行通信接口电路	170
8.2 串行接口标准及设计	171
8.2.1 RS-232C 标准	171
8.2.2 RS-422A 和 RS-485 标准	173
8.3 8051 的串口及工作方式	177
8.3.1 控制寄存器(SCON、PCON)	177
8.3.2 波特率设置	178
8.3.3 工作方式 0	181
8.3.4 工作方式 1	184
8.3.5 工作方式 2 和方式 3	185
8.4 单片机与计算机之间的通信设计	186
8.4.1 单片机间的双机通信	186

8.4.2 单片机间的多机通信	191
8.5 设计课目与演练——计算机—单片机组网	199
小结	200
习题	200
第 9 章 A/D 与 D/A 转换及其应用	201
9.1 D/A 转换原理	201
9.1.1 权电阻 D/A 转换	201
9.1.2 R-2R T 型电阻网络 D/A 转换	202
9.1.3 权电流 D/A 转换器	203
9.1.4 D/A 转换器的主要性能	204
9.2 D/A 转换器常用芯片及应用实例	204
9.2.1 DAC0832 转换器概述	205
9.2.2 单缓冲实例	206
9.2.3 双缓冲实例	208
9.3 A/D 转换原理	209
9.3.1 逐次逼近型 A/D 转换原理	209
9.3.2 双积分型 A/D 转换原理	210
9.3.3 A/D 转换器的主要性能	212
9.4 A/D 转换器常用芯片及应用实例	212
9.4.1 ADC0809 概述	212
9.4.2 ADC0809 与 8051 的接口设计	214
9.4.3 ADC 的选择原则	216
9.5 设计课目与演练——输出 -5 V~5 V 控制直流调速机	216
小结	218
习题	219
第 10 章 步进电机及其控制	220
10.1 步进电机的工作原理	220
10.1.1 步进电机的结构	220
10.1.2 步进电机的工作方式	222
10.2 步进电机的控制系统	226
10.2.1 步进电机的脉冲分配	227
10.2.2 步进电机的位置和速度控制	231
10.3 步进电机的驱动	234
10.3.1 双电压驱动	234
10.3.2 斩波驱动	235
10.4 设计课目与演练——步进电机单相驱动设计	236
小结	237

习题.....	237
第 11 章 声音及其控制	238
11.1 发声器件及其驱动.....	238
11.1.1 发声器件及其分类方式.....	238
11.1.2 发声驱动电路及程序.....	239
11.2 音调与节拍.....	240
11.2.1 音调及其控制.....	240
11.2.2 节拍及其控制.....	245
11.3 单片机音乐设计.....	246
11.3.1 单片机演奏音乐的方法.....	246
11.3.2 单片机弹奏音乐设计——简易电子琴.....	249
11.4 设计课目与演练——演奏《两只老虎》.....	252
小结.....	252
习题.....	252
第 12 章 LCD 模块及其应用	253
12.1 LCD 的基本结构和显示原理.....	253
12.2 LCD 显示模块的分类.....	254
12.3 LCD 显示模块与 8051 的接口.....	256
12.3.1 LCM320240 概述.....	256
12.3.2 LCM320240 与 8051 的接口电路设计.....	258
12.3.3 程序设计.....	260
12.4 设计课目与演练——显示文字“中文演示”.....	262
小结.....	270
习题.....	270
应用案例 银行“一米线”的设计实践	271
附录 MCS51 系列单片机指令	285

第1章 全面认识 8051

本章首先从历史和功能的角度对单片机进行了简介，然后介绍单片机的有关工具和指令，并介绍了以后要逐步学习的程序框架结构。这样，读者对单片机就有了一个基本的认识。最后的实战演练是为了给初学者一个惊喜：我已经可以运行单片机了。至于怎么运行，运行什么，为什么运行，请继续学习吧！

1.1 单片机的过去、现在与未来

1.1.1 单片机、计算机与嵌入式系统

1946年，世界上第一台电子计算机(ENIAC)在美国宾夕法尼亚大学问世。其运算速度为5000次/s，使用了18000个电子管，占地150 m²，重达30 t。

后来的计算机则使用了晶体管，随着技术的发展，它的体积不断缩小，功耗不断降低，而速度却在不断提高。

在这一过程中，为了满足不同的应用，计算机的发展分化为两个方向：通用计算机系统(即通常所说的PC机)与嵌入式计算机系统。通用计算机系统发展的重点是：高速、海量的数值计算；技术发展方向是总线速度的无限提升，存储容量的无限扩大。而嵌入式计算机系统发展的重点是：对象的智能化控制能力；技术发展方向是与对象系统密切相关的嵌入性能、控制能力与控制的可靠性。

嵌入式计算机系统走上了一条与通用计算机系统完全不同的道路，就是单芯片化：在一个芯片内部集成了中央处理器(CPU)、存储器(RAM&ROM)、输入/输出接口(I/O)等部件。我们把它称为单片微型计算机(Single-Chip Microcomputer, SCM)，简称单片机。

表1-1给出了PC机与单片机的性能对比。

表 1-1 PC 机与单片机的比较

	PC 机	单片机
单 价	高	低
功 能	多	单一
体 积	大	尽量小
内 存	以兆计	0.25 KB~几十 KB

续表

	PC 机	单片机
操作环境	Windows 等	自行开发
标准输入	键盘、鼠标	按键
标准输出	CRT、LCD 显示屏	LED、7 段数码管或 LCD
常用的编程语言	VB 或 VC	汇编语言或 C 语言

1.1.2 单片机的发展过程

单片机的发展经历了 SCM、MCU 和 SOC 三大阶段。

1. SCM(单片微型计算机)阶段

该阶段的主要目标是寻求单片形态嵌入式系统的最佳体系结构。“创新模式”获得成功,奠定了 SCM 与通用计算机完全不同的发展道路。在开创嵌入式系统独立发展的道路上,Intel 公司功不可没。

2. MCU(Micro Controller Unit, 微控制器)阶段

该阶段主要的技术发展方向是:在满足嵌入式应用的前提下,不断扩展对象系统要求的各种外围电路与接口电路,突显其对象的智能化控制能力。它所涉及的领域都与对象系统相关,因此,发展 MCU 的重任不可避免地落在了电气、电子技术厂家的肩上。从这一角度来看,Intel 逐渐淡出 MCU 的发展也有其客观因素。在发展 MCU 方面,最著名的厂家当数 Philips 公司。Philips 公司以其在嵌入式应用方面的巨大优势,将 MCS-51 从单片微型计算机迅速发展到了微控制器。因此,当我们回顾嵌入式系统的发展道路时,不要忘记 Intel 和 Philips 的历史功绩。

3. SOC(System On a Chip, 系统单片化)阶段

单片机是嵌入式系统的独立发展之路,向 MCU 阶段发展的重要因素,就是寻求应用系统在芯片上的最大化解决,因此,专用单片机的发展自然形成了 SOC 化趋势。随着微电子技术、IC 设计、EDA 工具的发展,基于 SOC 的单片机应用系统设计将会有较大的发展。

因此,对单片机的理解可以从单片微型计算机、单片微控制器延伸到单片应用系统。现在主要应用的还是 MCU,但 SOC 是发展的必然方向。

1.1.3 51 系列单片机

单片机自诞生以来,不断地推陈出新,其家族已非常庞大。80C51 系列是其中的佼佼者,加之 Intel 公司将其 MCS-51 系列中的 80C51 内核使用权以专利互换或出售的形式转让给全世界许多著名 IC 制造厂商,如 Philips、NEC、Atmel、AMD、华邦等,这些公司都在保持与 80C51 单片机兼容的基础上改善了 80C51 的许多特性。这样,80C51 就变成了有众多制造厂商支持的、发展出上百个品种的大家族,现统称为 80C51 系列。80C51 单片机已成为单片机发展的主流。专家认为,虽然世界上的 MCU 品种繁多,功能各异,开发装置也互不兼容,但是客观发展表明,80C51 可能最终形成事实上的标准 MCU 芯片。

我们后面的学习将以 8051 为核心,同时,由于 8051 系列的引脚都基本兼容,因此我

们用最新型的 8051 系列单片机来进行介绍，以融入最新的设计元素。

1.2 8051 系列单片机的内部结构和封装形式

1.2.1 常见的 8051 系列单片机

常见的 8051 系列单片机如图 1-1 所示。不同公司的产品会有不同的标注和封装形式，在本书中，我们都以 40 脚的双列直插(DIP40)封装形式进行介绍。

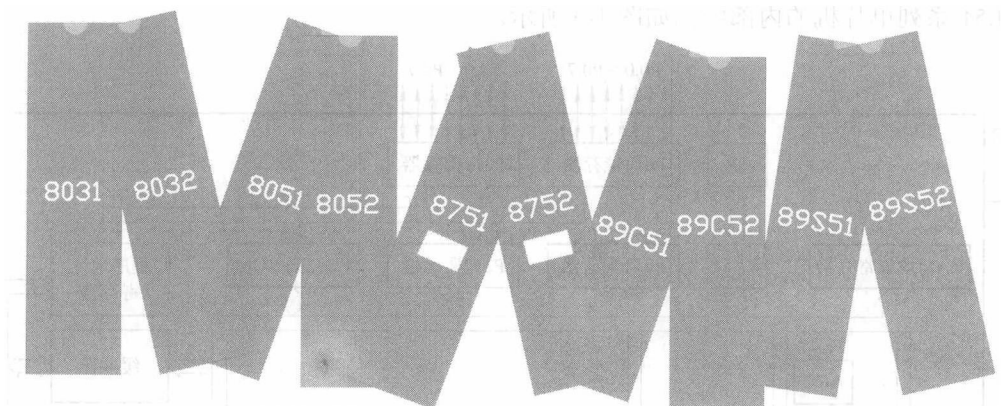


图 1-1 常见的 8051 系列单片机

1.2.2 8051 单片机的内部结构

8051 单片机是由中央处理器(CPU)、程序存储器(ROM)、数据存储器(RAM)、串行接口、并行 I/O 接口、定时/计数器、中断系统等几大单元，以及数据总线、地址总线和控制总线组成的。

8051 系列单片机的基本结构如图 1-2 所示。

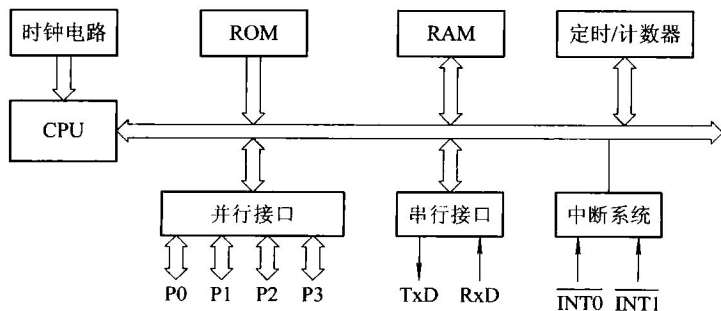


图 1-2 8051 系列单片机的基本结构

8051 系列单片机具有以下硬件资源：

- 8 位数据字长。8 位指内部总线、寄存器的宽度。单片机内部总线基本的发展历程

是: 1 bit→4 bit→8 bit→16 bit→32 bit。目前, 8 bit 仍为主流产品所用。

● 128 字节片内 RAM。RAM(随机读写存储器)常称为数据存储器。外部可以扩展至 64 KB。

- 4 个 8 位的并行输入/输出接口, 即 P0、P1、P2、P3, 可以位寻址。
- 1 个全双工异步串行口, 即 UART。
- 2 个 16 位定时/计数器。
- 5 个中断源(其中包括 2 个中断优先级)。
- 时钟发生器。
- 可寻址 64 KB 的程序存储器(内部已经有 4 KB)。

8051 系列单片机的内部结构如图 1-3 所示。

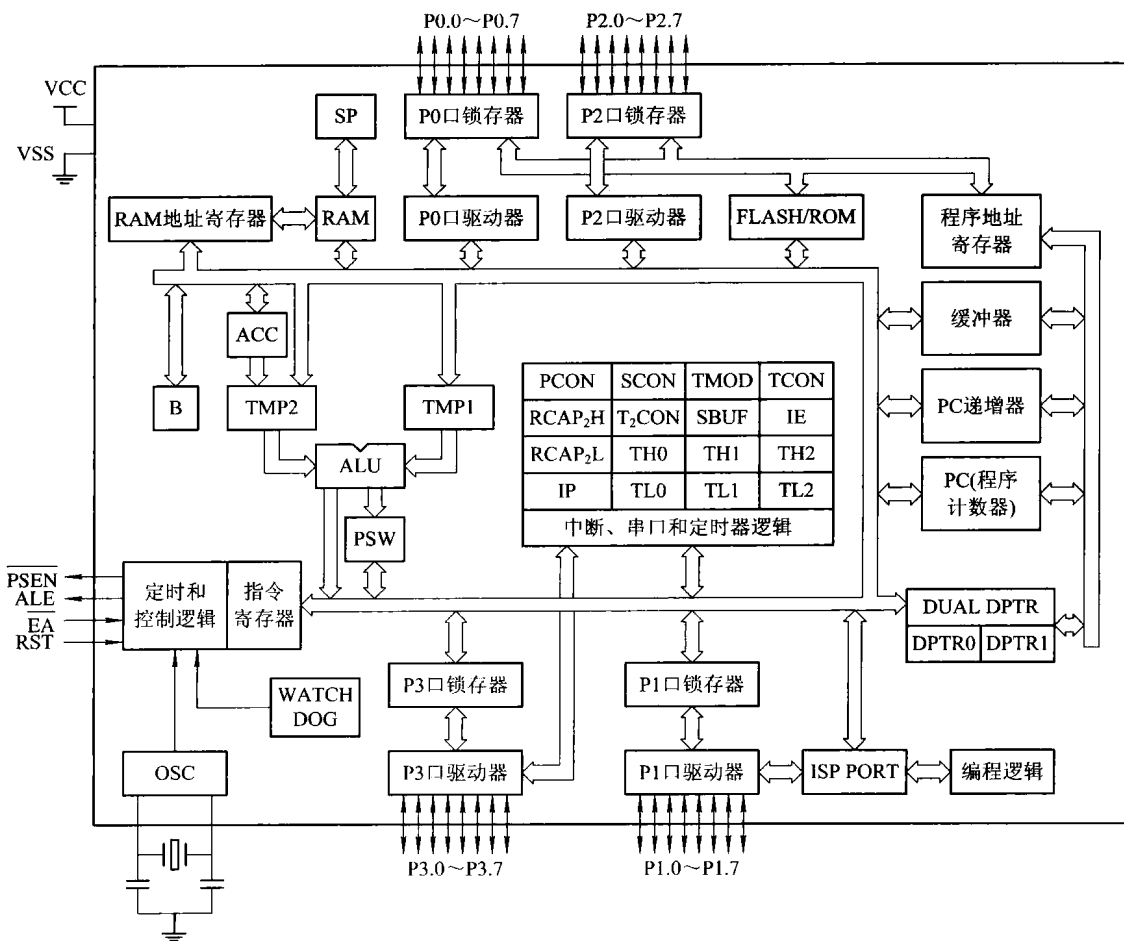


图 1-3 8051 系列单片机的内部结构

1.2.3 8051 系列单片机的封装形式和管脚排列

8051 系列单片机的封装形式和管脚排列如图 1-4、图 1-5、图 1-6 所示。

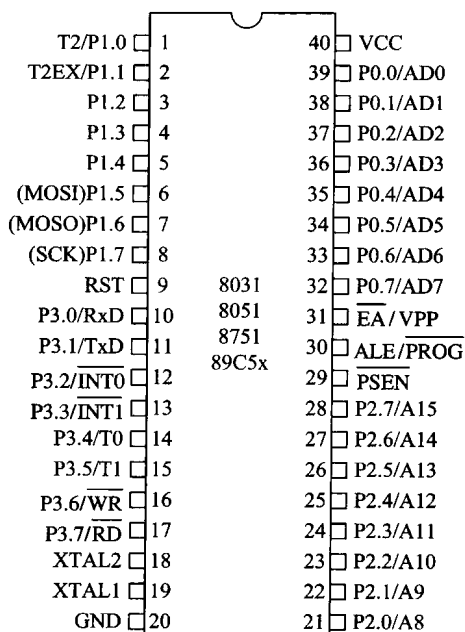


图 1-4 8051 系列 DIP 封装

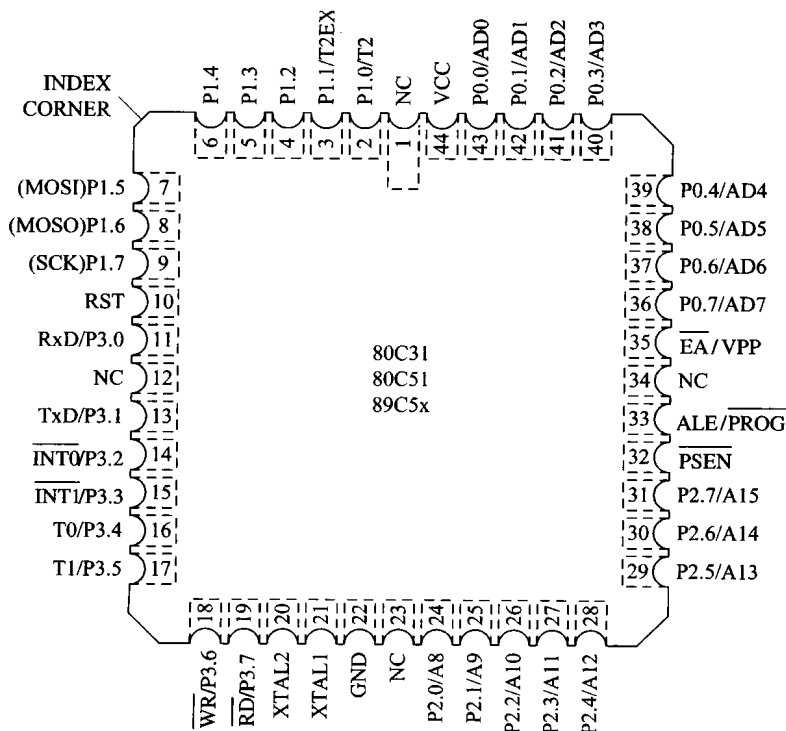


图 1-5 8051 系列 PLCC 封装