

高等学校电子类系列教材

单片机原理 及应用

郑郁正 主编

四川大学出版社



单片机原理及应用

主编：郑郁正

编委：李 飞 文 斌
杨明欣 方 睿

四川大学出版社

责任编辑:毕 潜
责任校对:王 锋
封面设计:罗 光
责任印制:曹 琳

内容简介

本书共分 10 章,在简单介绍 AT89C52 单片机的内外硬件组成结构以及相应指令系统的基础上,着重叙述单片机系统和接口技术的应用,以及简单项目的设计。为了方便使用,将 51 系列指令表放在附录中,以便查阅,同时还给出单片机模拟试题,供学生练习。

本书可作为大、中专院校“单片机原理及应用”、“单片机原理与接口”等与单片机有关的课程教材,希望对从事单片机产品开发的技术人员也有所帮助。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用 / 郑郁正主编. —成都: 四川大学出版社, 2003.9

ISBN 7-5614-2288-1

I. 单... II. 郑... 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 (2003) 第 083644 号

书名 单片机原理及应用

主 编 郑郁正
出 版 四川大学出版社
地 址 成都市一环路南一段 24 号 (610065)
印 刷 郫县犀浦印刷厂
发 行 四川大学出版社
开 本 787 mm×1 092 mm 1/16
印 张 13.75
字 数 328 千字
版 次 2003 年 9 月第 1 版
印 次 2003 年 9 月第 1 次印刷
印 数 0 001~4 000 册
定 价 23.00 元

版权所有◆侵权必究

◆读者邮购本书,请与本社发行科联系。电话:85408408/85401670/85408023 邮政编码:610065

◆本社图书如有印装质量问题,请寄回出版社调换。

◆网址:www.scupress.com.cn

前 言

本书是数位长期从事单片机教学和科研的教师参考了众多单片机教学用书，在积累了大量教学经验的基础上编写的。针对当前学生的情况，本书偏重实验和应用的内容，目的在于在讲解 AT89C52 单片机基础知识的同时，提高学生的动手能力，所以，大部分的实例较详细地提出设计要求，进行设计思路分析，然后给出了主要的原理图和程序清单，包括详细注释。

本书在 AT89C52 的时序和某些内部细节方面叙述较少，主要原因是当前的学生对这些内容不易理解，因此只希望学生照书能重现实例；对于想详细了解和改进实例的读者来说，可参阅其他相关书籍。

本书由郑郁正统稿并审定，第 1 章和第 3 章由方睿编写，第 2 章和第 4 章由李飞编写，第 5 章和第 6 章由文斌编写，第 7 章和第 8 章由郑郁正编写，第 9 章和第 10 章由杨明欣编写。

本书可作为大、中专院校“单片机原理及应用”、“单片机原理与接口”等与单片机有关的课程教材，希望对从事单片机产品开发的技术人员也有所帮助。

本书建议教学课时为 40 个学时，基本保证每章 4 个学时两次课，另加 10~20 个学时的实验课。书中部分内容建议留给学生自学。

对于本书所参考的资料和书籍，以及其他帮助本书出版的有关人员，在此一并致谢。

我们想尽最大努力，编写出一本适合当前学生的教材，不过由于水平有限，书中难免有错误和不妥之处，恳请读者予以指正或提出修改意见。作者电子邮箱地址：
zyz@cuit.edu.cn。

郑郁正

2003 年 9 月

目 录

第1章 AT89C52 的组成结构.....	1
1.1 89 系列单片机的概况.....	1
1.1.1 89 系列单片机的特点.....	1
1.1.2 89 系列单片机的结构简介.....	1
1.1.3 不同档次的 89 系列单片机.....	2
1.2 AT89C52 单片机的结构框图.....	4
1.2.1 AT89C52 单片机的基本结构框图.....	4
1.2.2 AT89C52 单片机的内部结构框图.....	5
1.2.3 AT89C52 单片机的封装、引脚及其片外总线结构.....	6
1.3 AT89C52 单片机存储器的组织形式.....	8
1.3.1 程序存储器.....	9
1.3.2 数据存储器.....	10
1.3.3 地址分配及寻址区.....	12
1.3.4 特殊功能寄存器 SFR.....	15
1.4 AT89C52 单片机的复位和省电方式.....	18
1.4.1 复位.....	18
1.4.2 省电方式.....	20
习题 1.....	21
第2章 MCS-51 系列单片机的指令系统.....	22
2.1 基本概念.....	22
2.1.1 有关指令的几个概念.....	22
2.1.2 MCS-51 汇编指令格式.....	22
2.1.3 指令中的常用符号.....	23
2.2 寻址方式.....	23
2.3 指令系统的分类.....	25
2.3.1 数据传送操作类指令.....	25
2.3.2 算术操作类指令.....	28
2.3.3 逻辑操作类指令.....	29
2.3.4 控制转移类指令.....	31
2.3.5 布尔变量操作类指令.....	35
2.4 MCS-51 汇编语言伪指令.....	37
2.5 程序设计方法.....	39
2.5.1 顺序程序设计.....	40

2.5.2 分支程序设计.....	41
2.5.3 循环程序设计.....	43
2.5.4 查表程序设计.....	44
2.5.5 子程序设计.....	46
习题 2	48
第 3 章 AT89C52 的 I/O 应用.....	50
3.1 I/O 端口的输入输出特性	50
3.1.1 P1 口	50
3.1.2 P3 口	51
3.1.3 P0 口	53
3.1.4 P2 口	54
3.2 I/O 端口的应用	55
3.2.1 I/O 端口简单控制程序	56
3.2.2 显示与单片机的接口	58
3.2.3 键盘与单片机的接口	61
习题 3	67
第 4 章 AT89C52 系统资源扩展.....	68
4.1 认识系统总线	68
4.1.1 总线的概念.....	68
4.1.2 地址总线 (AB)	69
4.1.3 数据总线 (DB)	70
4.1.4 控制总线 (CB)	70
4.2 AT89C52 最小应用系统.....	70
4.3 AT89C52 单片机的系统扩展能力	71
4.4 程序存储器的扩展.....	71
4.4.1 外部程序存储器扩展简介.....	71
4.4.2 典型的外部程序存储器的连接.....	72
4.5 外部数据存储器的扩展.....	75
4.5.1 典型的外部数据存储器的连接.....	75
4.5.2 兼有片外 ROM 和片外 RAM 的扩展电路.....	78
4.6 简单 I/O 口的扩展	79
习题 4	83
第 5 章 AT89C52 的定时/计数器原理和应用	84
5.1 基本概念	84

5.1.1 计数概念的引入.....	84
5.1.2 计数器的容量.....	84
5.1.3 定时	84
5.1.4 定时/计数器的溢出	84
5.1.5 定时/计数器的初值	85
5.2 AT89C52 的定时/计数器概述.....	85
5.2.1 定时/计数器结构	85
5.2.2 定时/计数器工作模式	86
5.3 定时/计数器的特殊功能控制寄存器.....	86
5.3.1 定时/计数器 (T0, T1) 的方式控制寄存器.....	86
5.3.2 定时/计数器 (T0, T1) 的控制寄存器.....	87
5.3.3 定时/计数器 T2 的特殊功能寄存器.....	87
5.3.4 定时/计数器 T2 的控制寄存器.....	88
5.4 定时/计数器的各种工作模式及应用.....	88
5.4.1 定时/计数器 T0 和 T1.....	88
5.4.2 门控位 GATE 的应用	98
5.4.3 定时/计数器 T2.....	98
习题 5	107
第 6 章 AT89C52 的中断系统及应用	109
6.1 中断的概念	109
6.1.1 中断	109
6.1.2 AT89C52 单片机的中断源	109
6.1.3 中断嵌套与优先级.....	110
6.2 采用中断控制技术的作用.....	110
6.2.1 速率匹配	110
6.2.2 故障处理	111
6.2.3 实时处理	111
6.3 AT89C52 中断系统结构原理.....	111
6.4 中断控制	112
6.4.1 中断请求标志寄存器.....	112
6.4.2 中断允许控制寄存器.....	113
6.4.3 中断优先控制寄存器.....	114
6.5 中断处理	115
6.5.1 响应中断的条件.....	115
6.5.2 中断响应所需时间.....	116
6.5.3 AT89C52 中断请求标志位的清除方式	116

6.5.4 中断处理的过程.....	117
6.5.5 中断矢量	118
6.6 中断服务程序与子程序.....	120
6.6.1 中断服务程序.....	120
6.6.2 子程序	120
6.6.3 中断服务程序与子程序的区别.....	121
6.7 外部中断的编程应用.....	121
6.7.1 外部中断 0 的编程及应用.....	121
6.7.2 外部中断 1 的编程及应用.....	122
6.8 外部中断源的扩展.....	124
6.8.1 利用查询加中断的方式进行扩展.....	124
6.8.2 利用 AT89C52 的三个定时计数器进行扩展	125
习题 6	126
第 7 章 串行接口与应用.....	127
7.1 串行通信的基本知识.....	127
7.2 MCS-51 单片机串行口的结构与工作方式.....	130
7.2.1 串行口的结构.....	130
7.2.2 串行口控制寄存器 SCON 和电源控制寄存器 PCON.....	130
7.2.3 波特率设计.....	131
7.3 串行口通信应用.....	132
7.3.1 同步移位方式 (方式 0)	132
7.3.2 10 位异步方式 (方式 1)	134
7.3.3 11 位异步方式 (方式 2 和方式 3)	140
习题 7	149
第 8 章 MCS-51 程序开发工具 KEIL.....	150
8.1 DOS 环境下 MCS-51 汇编语言程序开发.....	150
8.1.1 汇编环境	150
8.1.2 汇编过程	150
8.2 Windows 下的 MCS-51 汇编设计.....	151
8.2.1 KEIL51 开发平台的安装.....	151
8.2.2 KEIL51 开发平台的使用.....	152
8.3 KEIL 中 MCS-51 汇编语法.....	153
8.3.1 一个程序模块的框架.....	153
8.3.2 KEIL 汇编中关于段名的定义.....	154
8.4 KEIL C51 程序开发.....	155

8.4.1 建立工程	155
8.4.2 从 C 程序中产生汇编程序	156
8.4.3 在 C 程序中嵌入汇编程序	156
8.4.4 C 程序产生的汇编源程序说明	157
8.4.5 C 程序的中断服务程序	158
8.5 C51 编程中的一些说明	158
8.5.1 函数重入	158
8.5.2 多模块编程时头文件的定义	159
8.5.3 静态变量的用法	159
8.5.4 C51 中扩展的变量类型	160
8.6 目标系统配置	160
8.7 MON51 监控程序调试方案	161
8.7.1 MON51 硬件要求	161
8.7.2 MON51 代码产生	162
8.7.3 对工程的修改和配置	162
8.7.4 对工程进行调试	162
8.8 ISD51 内置系统调试器方案	163
8.8.1 ISD51 的硬件要求	163
8.8.2 ISD51 与用户程序集成	163
8.8.3 ISD51 提供的调试接口子程序	163
8.8.4 配置 μ Vision2	163
习题 8	164
 第 9 章 I ² C 总线 ADC 和 DAC 的应用	 165
9.1 I ² C 总线简介及应用	165
9.1.1 I ² C 总线简介	165
9.1.2 I ² C 总线的时序	167
9.1.3 AT24C 系列串行 E ² PROM	169
9.2 D/A 转换器件及应用	172
9.2.1 D/A 转换简介	172
9.2.2 串行电压输出型 D/A 转换器	173
9.2.3 10 位并行 D/A 转换器	174
9.2.4 8 位 D/A 转换器	175
9.3 A/D 转换器件及应用	177
9.3.1 A/D 器件简介	177
9.3.2 ADC0804 的性能特点	179
9.3.3 V/F 转换型 A/D 电路的应用	181

11/10/05

9.3.4 串行 A/D 器件 TLC0831 简介及应用	182
习题 9	184
第 10 章 单片机系统设计及实例	185
10.1 概述	185
10.2 单片机系统设计的原则	186
10.3 8 回路电压巡检仪的设计实例	188
10.4 数控直流稳压电源	194
习题 10	198
附录 51 系列单片机指令速查表	200
单片机模拟试题（一）	202
单片机模拟试题（二）	205
单片机模拟试题（三）	206

第1章 AT89C52 的组成结构

本章介绍 89 系列单片机的概况、AT89C52 单片机的结构框图、存储器的组织结构及其地址分配、SFR（特殊功能寄存器）等内容。

1.1 89 系列单片机的概况

AT89C52 单片机是 ATMEL 公司 89 系列单片机的一种 8 位 Flash 单片机。它的最大特点是片内含有 Flash 存储器，用途十分广泛，特别是在生产便携式商品、手提式仪器等方面，有着十分广泛的应用。

1.1.1 89 系列单片机的特点

89 系列单片机是以 8031 为内核的产品，它与 51 系列单片机是兼容的。89 系列单片机具有以下特点：

① 内部含有 Flash 存储器，使用户在开发过程中十分容易修改程序，缩短系统的开发周期。可以重复多次编程，可根据需要对内部程序进行更新或升级。

② 89 系列单片机的引脚和 AT80C51 引脚插座兼容，用 89 系列单片机可以替代同档次的 AT80C51 单片机，不需要对外围电路进行改动。

③ 89 系列单片机采用静态时钟方式，可以节省电能，降低便携式设备的功耗。

1.1.2 89 系列单片机的结构简介

89 系列单片机的内部结构与 AT80C51 相近，主要有以下部件：

- ① 8031CPU。
- ② 振荡电路。
- ③ 总线控制部件。
- ④ 中断控制部件。
- ⑤ 片内 Flash 存储器。
- ⑥ 片内 RAM。
- ⑦ 并行 I/O 接口。
- ⑧ 定时器。
- ⑨ 串行 I/O 接口。

89 系列的各种型号单片机，内部差别很大。例如，AT89C1051 片内 Flash 存储器只有 1kB，而 AT89C52，AT89LV52 和 AT89S8252 的片内 Flash 存储器有 8kB。AT89S8252 的结构最复杂，它的内部含有标准的串行接口，还有一个串行的外围接口 SPI，Watchdog 定时器、双数据指针等部件，以及电源下降的中断恢复等功能。

89 系列单片机一共有 7 种型号,分别为 AT89C1051,AT89C2051,AT89C51,AT89LV51,AT89C52, AT89LV52 和 AT89S8252。其中 AT89LV51 和 AT89LV52 分别是 AT89C51 和 AT89C52 的低电压产品,最低电压可以低至 2.7V。AT89C1051 和 AT89C2051 则是低档的低电压产品,只有 20 根引脚。

89 系列单片机的型号编码中字母的意义是:AT 表示该器件是 ATMEL 公司的产品,C 表示该器件是 CMOS 产品,LV 表示该器件是低电压产品,S 表示该器件含可以下载的 Flash 存储器。

1.1.3 不同档次的 89 系列单片机

89 系列单片机可分为低档型、标准型和高档型。

1.1.3.1 低档型

89 系列单片机中,低档型的单片机有 AT89C1051 和 AT89C2051 两种型号。

低档型的单片机引脚较少,只有 20 根,比标准型的 40 根引脚少。AT89C1051 的 Flash 存储器只有 1kB,RAM 只有 64 字节,内部不含串行接口,中断响应 3 种,保密锁定位 2 位。AT89C2051 的 Flash 存储器只有 2kB,RAM 只有 128 字节,保密锁定位 2 位。

低档型的 89 系列单片机的主要性能如下:

- ① 1kB 或 2kB 的 Flash 存储器。
- ② 64 或 128 字节的片内 RAM。
- ③ 15 条可编程 I/O 口。
- ④ 1~2 个 16 位定时/计数器。
- ⑤ 3~6 个中断源。
- ⑥ 2 级存储器加密。
- ⑦ 可编程串行接口。
- ⑧ 片内振荡器。

1.1.3.2 标准型

89 系列单片机中,标准型的单片机有 AT89C51,AT89LV51,AT89C52 和 AT89LV52 四种型号。

标准型的 89 系列单片机是与 MCS-51 系列单片机兼容的。在内部含有 4kB 或 8kB 可重复编程的 Flash 存储器,可进行 1 000 次擦写操作。全静态工作为 0~24MHz,有 3 级程序锁存器,内部含有 128~256 字节的 RAM,有 32 条可编程 I/O 线,2~3 个 16 位定时/计数器,6~8 个中断源,通用的串行接口,低电压空闲及电源下降方式。

AT89C51 是基本型,具有 4kB 的 Flash 存储器,128 字节的片内 RAM,32 条可编程 I/O 口,2 个 16 位定时/计数器,6 个中断源,3 位存储器加密,1 个可编程串行接口。AT89C52 在 AT89C51 的基础上,增加了 1 个定时/计数器,2 个中断源,128 字节的片内 RAM,4kB 的 Flash 存储器。

在这四种型号的单片机中,AT89LV51 和 AT89LV52 是 AT89C51 和 AT89C52 在低电压范围内工作的改进型单片机,可在 2.7V~6V 的电压范围内工作。

标准型的 89 系列单片机的主要性能如下:

- ① 4kB 或 8kB 的 Flash 存储器。
- ② 128 或 256 字节的片内 RAM。
- ③ 32 条可编程 I/O 口。
- ④ 2~3 个 16 位定时/计数器。
- ⑤ 6~8 个中断源。
- ⑥ 3 级存储器加密。
- ⑦ 可编程串行接口。
- ⑧ 片内时钟振荡器。

1.1.3.3 高档型

89 系列单片机中, 高档型的单片机只有 AT89S8252 一种型号。它在标准型的基础上增加了一些新的功能, 增加的功能主要有以下几个方面:

- ① 8kB Flash 存储器有可以下载的功能。下载功能是由微机通过 AT89S8252 的串行外围接口 SPI 完成的。
- ② AT89S8252 还含有一个 2kB EEPROM, 可提高存储容量。
- ③ 有 9 个中断源。
- ④ 含有串行外围接口 SPI。
- ⑤ 含有 Watchdog 定时器。
- ⑥ 含有双数据指针。
- ⑦ 含有从电源下降的中断恢复。

表 1-1 给出了 89 系列单片机的几种主要型号的性能比较。从表中可以看出: AT89C1051 是这个系列中功能最弱的型号; AT89C52 的功能较强, 可以用于比较复杂的用途; 功能最强的是 AT89S8252, 它比 AT89C52 多出了一个 2kB 的 EEPROM, 一般用于比较复杂的控制。

表 1-1 89 系列单片机

型号	AT89C1051	AT89C2051	AT89C51	AT89C52	AT89S8252
Flash (kB)	1	2	4	8	8
片内 RAM (字节)	64	128	128	256	256
I/O 口 (条)	15	15	32	32	32
定时器 (个)	1	2	2	3	3
中断源 (个)	3	6	6	8	9
串行接口 (个)	0	1	1	1	1
M 加密 (级)	2	2	3	3	3
片内振荡器	有	有	有	有	有
EEPROM (kB)	无	无	无	无	2

1.2 AT89C52 单片机的结构框图

1.2.1 AT89C52 单片机的基本结构框图

图 1-1 是 AT89C52 单片机的基本结构框图。它主要包括以下几个部分，各部分之间通过系统内部总线相连接。

- ① 1 个 8 位中央处理单元 (CPU)，负责运算和控制各个功能部件。
- ② 片内 Flash 存储器，用来存放程序或一些原始数据和表格，可重复编程，可进行 1 000 次擦写操作。
- ③ 片内 RAM，用来存放经常读、写的数据，如某些计算的中间结果等。
- ④ 4 个 8 位的双向可寻址 I/O 口，每个口既可以用做输入，也可以用做输出。
- ⑤ 1 个全双工口 UART (通用异步接收模式) 的串行接口，通过它可以和计算机或其他外设进行通讯。
- ⑥ 3 个 16 位的定时/计数器，用来对外部事件进行计数，也可以设置成定时器，并根据计数或定时的结果对单片机进行控制。
- ⑦ 多个优先级的嵌套中断结构，8 级中断，并可实现多个优先级的嵌套。
- ⑧ 一个片内振荡器和时钟电路，最高允许振荡频率为 24MHz。

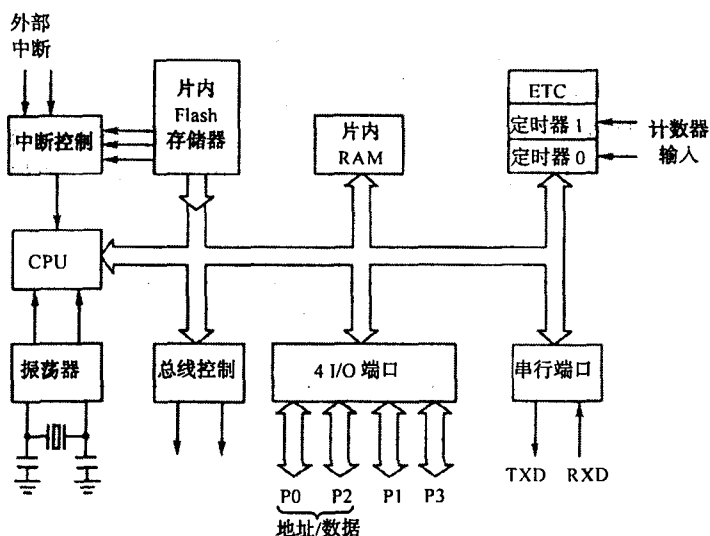


图 1-1 AT89C52 单片机的基本结构框图

在 AT89C52 单片机结构中，最显著的特点是内部含有 Flash 存储器，其他方面的结构和 Intel 公司的 MCS-8052 的结构区别不大。

AT89C52 单片机是 CMOS 产品，它继承了 CMOS 产品低功耗的特点。ATMEL 公司的 Flash 单片机有两种产生低功耗的方式：空闲方式 (Idle Mode) 和掉电方式 (Power Down Mode)。在空闲方式下，CPU 停止工作，RAM 和其他片内的部件 (振荡器、定时/计数器、

中断系统等)继续工作。此时的电流大约是正常工作方式下的 15%。在掉电方式下,只有片内 RAM 的内容被保持,其他的片内所有部件都停止工作,一切功能都停止。在这种方式下电流可降到 $15\mu\text{A}$ 以下,最小可降到 $0.6\mu\text{A}$ 。

1.2.2 AT89C52 单片机的内部结构框图

图 1-2 是 AT89C52 单片机的内部结构框图。

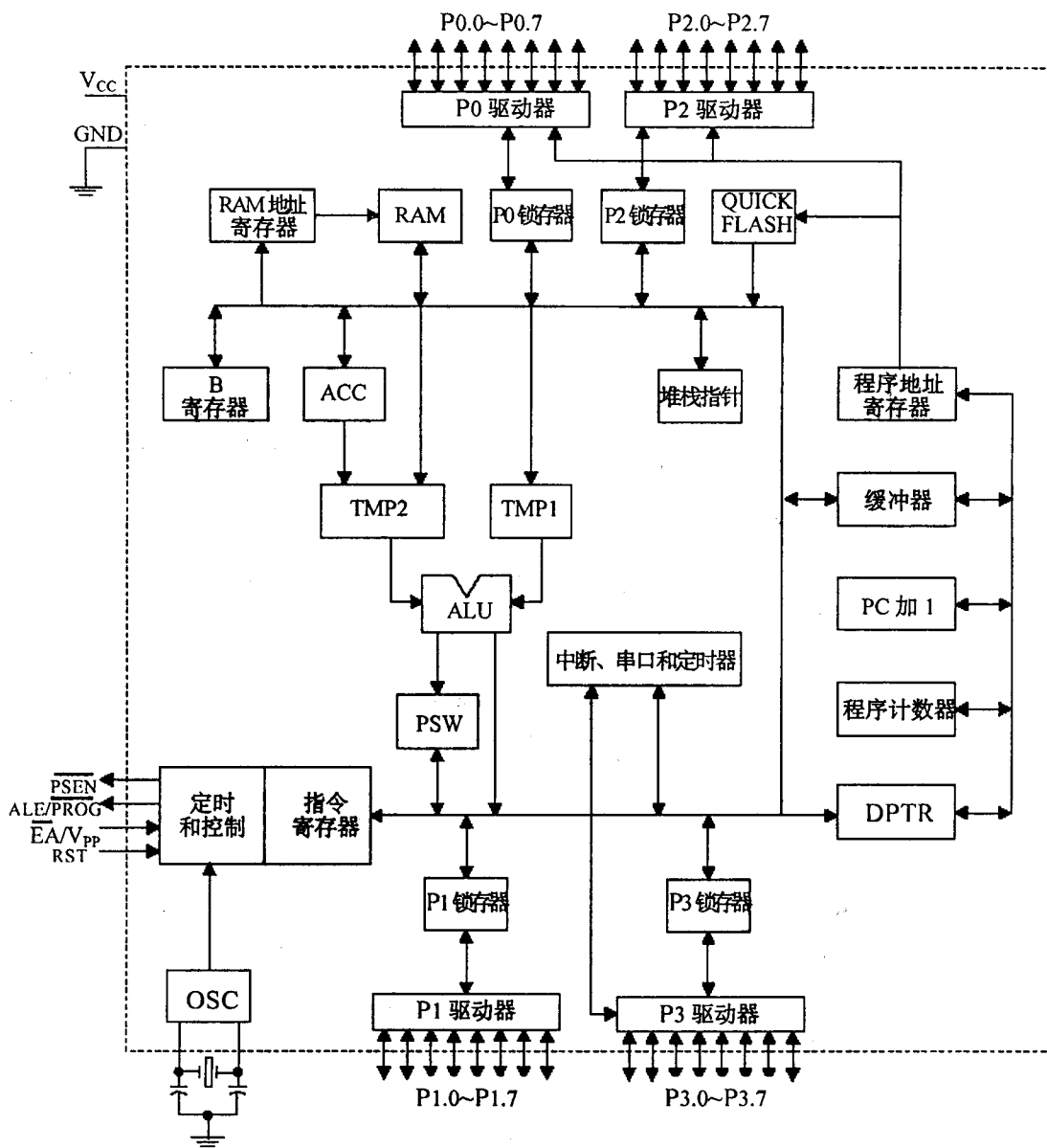


图 1-2 AT89C52 单片机的内部结构框图

1.2.3 AT89C52 单片机的封装、引脚及其片外总线结构

图 1-3 是 AT89C52 单片机的引脚结构图，它有双列直插的 PDIP 封装，方形的 PLCC 和 PQFP/TQFP 封装。

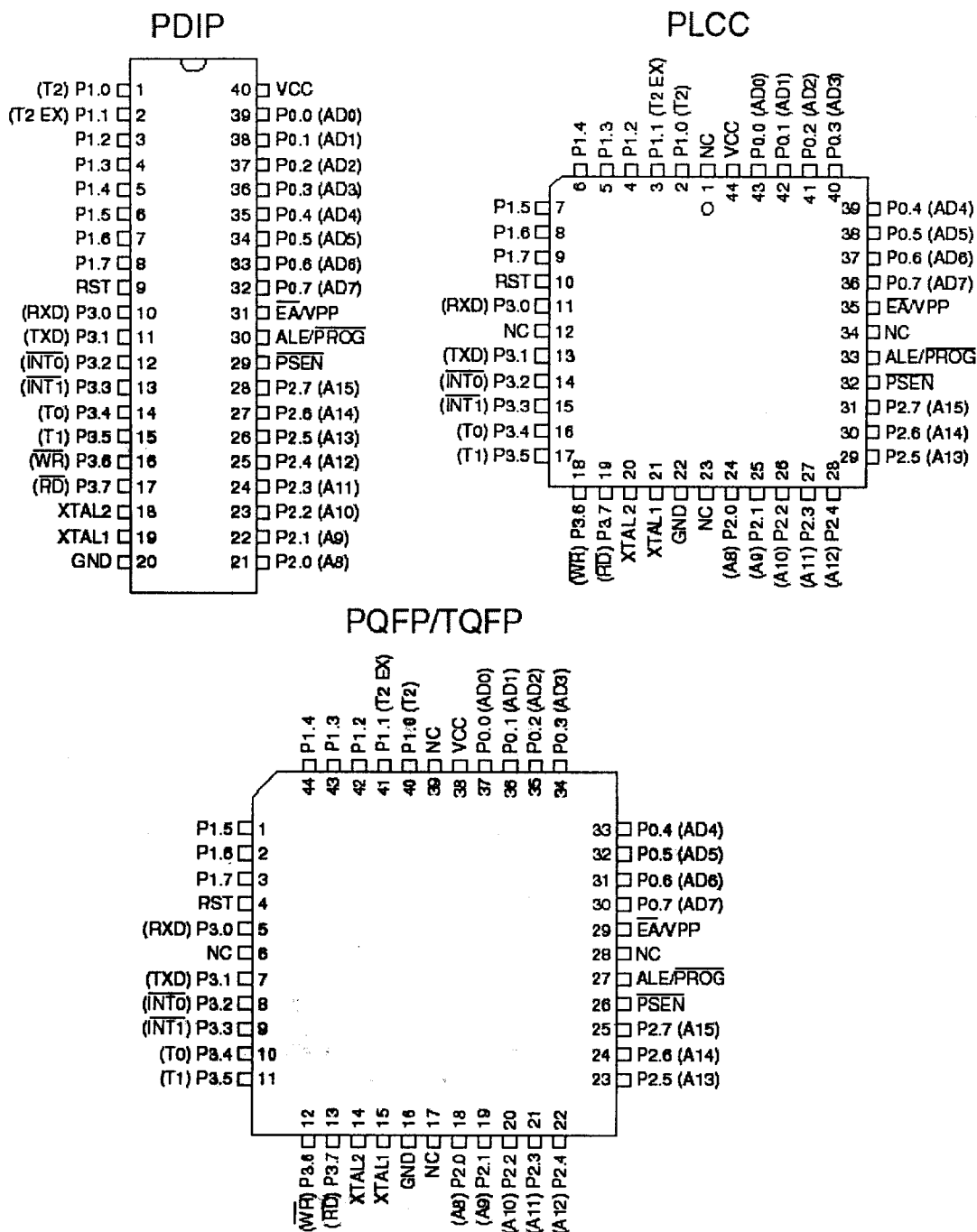


图 1-3 AT89C52 单片机的引脚及封装

1.2.3.1 引脚功能说明

AT89C52 单片机的 PDIP 和 PQFP/TQFP 封装是 40 脚。PLCC 封装是 44 脚，比前面两种封装的四边各多出一个 NC 引脚。这些引脚从功能角度来看(括号里表示第二引脚功能)，可分为下面三个部分。

(1) 电源和时钟引脚

V_{CC}: 电源端。

GND: 接地端。

XTAL1: 接外部晶体的一个引脚。在单片机内部，它是构成片内振荡器的反相放大器的输入端。当采用外部振荡器时，该引脚接收振荡器的信号，即把此信号直接接到内部时钟发生器的输入端。

XTAL2: 接外部晶体的另一个引脚。在单片机内部，它是构成片内振荡器的反相放大器的输出端。当采用外部振荡器时，此引脚应悬浮不连接。

AT89 系列单片机和 51 系列单片机一样，在内部有一个振荡器，可以用做 CPU 的时钟源，但是，89 系列单片机也允许采用外部振荡器。外部振荡器产生的信号加到振荡信号的输入端，就可以作为单片机 CPU 的时钟源。

如果采用片内的振荡电路，要在单片机的引脚 XTAL1 和 XTAL2 之间连接一个石英晶体或陶瓷谐振器，并接两个电容到地，如图 1-4 所示。

有时也可采用外部振荡器，这时，把外部振荡器的信号直接连到 XTAL1 端，XTAL2 端悬空不用，如图 1-5 所示。

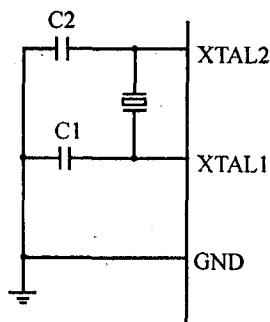


图 1-4 内部振荡器的接法

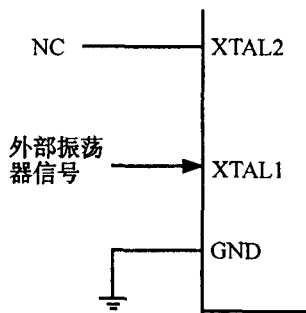


图 1-5 外部振荡器的接法

振荡器产生的信号送到 CPU，作为 CPU 的时钟信号，驱动 CPU 产生执行指令功能的机器周期。

(2) 控制线或其他电源的复用引脚

RST: 复位输入端。当振荡器运行时，在该引脚上出现两个机器周期的高电平将使单片机复位。

ALE/ $\overline{\text{PROG}}$: 当访问外部存储器时，ALE（地址锁存允许）的输出用于锁存地址的低位字节，即使不访问外部存储器，ALE 端仍以不变的频率（位振荡频率的 1/6）周期性地出现正脉冲信号。因此，它可用做对外输出的时钟或用于定时。需要注意的是，每当访问外部数据存储器时，将跳过一个 ALE 脉冲。