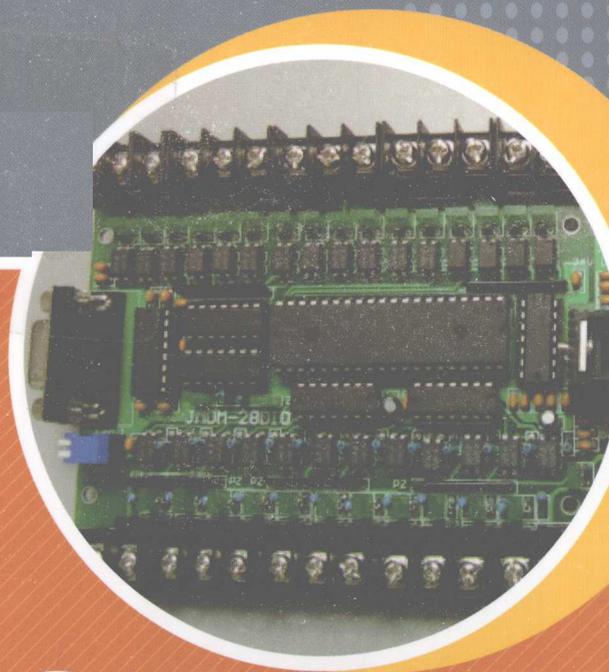


# 51单片机

## C语言及汇编语言 实用程序设计

李 萍 编著



中国电力出版社

[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)



# 51单片机

## C语言及汇编语言 实用程序设计



中国电力出版社

[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

## 内 容 提 要

本书结构清晰,通俗易懂,面向职业岗位,将C语言和汇编语言一一对照地安排在单片机各个知识内容中,使读者可以同时掌握两种语言进行单片机的系统开发。

本书共9章,分别为单片机基础、单片机指令、C51的数据类型和运算符、C51流程控制与函数、51单片机内部资源编程、51单片机外部资源编程、51单片机扩展资源编程、混合编程与应用实例以及综合应用实训等内容。

本书可作为高职高专电气自动化、电子信息技术、计算机等专业单片机课程理论与实践教学、课程设计的教材,也可供从事单片机技术开发、应用的工程技术人员阅读、参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

51 单片机 C 语言及汇编语言实用程序设计 / 李萍编著. —北京:中国电力出版社, 2010.3

ISBN 978-7-5123-0132-0

I. ①5… II. ①李… III. ①单片微型计算机 - C 语言 - 程序设计②单片微型计算机 - 汇编语言 - 程序设计 IV. ①TP368.1  
②TP312 ③TP313

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 027737 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

2010 年 6 月第一版 2010 年 6 月北京第一次印刷

787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 23.5 印张 563 千字

印数 0001—3000 册 定价 39.80 元

## 敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失  
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

# 前 言

单片机技术是电子技术领域中应用最广泛的一项技术，已应用在工业控制、智能仪器仪表、机电一体化产品、家用电器等领域，因此，大专院校普遍开设了这门课程，并且各专业的课程设计和毕业设计和科研项目都广泛应用了单片机。

单片机种类很多，相应的实验板也有比较便宜的（百元即可），对初学者来说经济上的门槛很低。目前单片机教程要么单独采用汇编语言或 C 语言为编程语言，要么是混合编程开发综合应用项目，真正要掌握 C 语言和汇编语言的混合编程还是有一定难度的。本书是将 C 语言和汇编语言一一对照地安排在单片机各个知识内容中，可以同时掌握两种语言进行单片机系统开发，对读者来说，可以节省学习成本。

本书作者从事多年单片机课程的教学和实践，对初学者的需求和认知特点比较了解，本书编写过程中参阅了大量的国内外文献资料，并结合作者多年的教学与实践经验。与目前国内大量单片机图书和教材相比，该书具有以下特色。

## 1. 面向职业岗位，C 语言与汇编语言一一对照

该书介绍目前市场占有率第一的 ATMEL 公司的 AT89S51 单片机芯片，直接面向职业岗位群，适应技术一线的需要。

将目前单片机应用产品开发的主流语言——C 语言，与传统的单片机教学语言——汇编语言，在各章基础应用实训和综合实训中都做一一对照介绍，方便已经掌握汇编语言的读者学习 C 程序设计，也方便已经掌握 C 语言的读者学习汇编编程。

## 2. 适应认知能力，遵循“宽、浅、新、用”的原则

“宽”指知识面宽，第 8、9 章的综合实训介绍了很多常用的外围器件，以拓宽视野，培养学习能力。“浅”指点到为止、够用为度。强化单片机各个功能部件的使用，淡化理论难度和深度。“新”指要体现单片机应用的新知识、新技术、新工艺，如对 PROTEUS 仿真软件、I<sup>2</sup>C 总线、LED 点阵的阐述，以及增加串行口通信所占比重等。“用”指力求通过大量实例，达到即学即用，尽快缩短从初学到使用之间的距离。

## 3. 实训丰富，具有较强的可操作性

书中课题实训丰富（共有基础应用实训 16 个，混合编程实训 1 个，综合应用实训 5 个），如音乐门铃、数字电压表、IC 卡读写、步进电动机控制、红外遥控、无线遥控、温度控制、万年历等。

实训难度循序渐进，易于实现，每个实训的电路连接都不复杂，在附录中介绍的实验板上都可实现，有较强的可操作性，相信这些实例能够帮助读者快速掌握单片机的应用。

## 4. 采用“学、练、用”相结合的构架

具体构架如下：介绍一部分基础知识后，即有小实训，这样可以学一点、用一点、巩固一点；在必要的知识和能力环节结束后，有综合实训；最后有综合应用实训可作为综合学习

时使用。实践证明，这种形式可以及时地将理论转化成实践成果，增强学习者的主动性，使其在提高能力的同时品味成功的喜悦。

本书由李萍主编。张少洁、郭素亭进行了大量的资料搜集工作，司金光、任兵兵进行了部分绘图工作，刘丽、孙亚玺、宋萌萌、李政龙对书中的实训程序进行了调试。

在成书过程中，编者参考了许多文献资料，在此向各文献资料的作者表示感谢。

由于编者知识水平和经验所限，加之时间仓促，书中难免存在不妥或错误之处，敬请读者、同行批评指正。对本书所提出的意见和建议，请发至作者电子邮箱 [lpsheep@126.com](mailto:lpsheep@126.com)。

作 者

2010年1月

# 目 录

## 前 言

<b>第 1 章 51 单片机基础</b> .....	1
1.1 单片机及其发展应用 .....	1
1.2 51 单片机的内部结构和外部引脚 .....	4
1.3 51 单片机存储结构 .....	9
1.4 51 单片机并行 I/O 接口 .....	14
1.5 时钟、时序和复位 .....	17
思考题 .....	20
<b>第 2 章 单片机指令系统</b> .....	21
2.1 指令系统概述与寻址方式 .....	21
2.2 数据传送指令 .....	25
2.3 运算指令 .....	29
2.4 控制转移、调用返回与位操作指令 .....	35
2.5 源程序的编制 .....	40
2.6 基本程序结构 .....	43
2.7 基础应用实训 .....	49
思考题 .....	51
<b>第 3 章 C51 的数据类型和运算符</b> .....	53
3.1 C 语言在单片机开发中的应用 .....	53
3.2 C51 的数据类型 .....	54
3.3 常量 .....	55
3.4 变量 .....	57
3.5 C51 特有的数据类型 .....	61
3.6 数组 .....	63
3.7 指针 .....	67
3.8 结构体和共用体 .....	71
3.9 枚举类型和 typedef .....	76
3.10 运算符和表达式 .....	77
思考题 .....	84
<b>第 4 章 C51 流程控制与函数</b> .....	86
4.1 程序的一般结构 .....	86

4.2	流程控制 .....	87
4.3	C51 函数 .....	90
4.4	函数的调用 .....	98
4.5	中断服务函数 .....	103
4.6	C51 库函数 .....	105
4.7	基础应用实训 流水灯 .....	133
	思考题 .....	134
<b>第 5 章</b>	<b>51 单片机内部资源编程 .....</b>	<b>135</b>
5.1	中断 .....	135
5.2	定时/计数器 .....	142
5.3	串行通信 .....	152
	思考题 .....	169
<b>第 6 章</b>	<b>51 单片机外部资源编程 .....</b>	<b>170</b>
6.1	数码显示技术 .....	170
6.2	液晶显示技术 .....	181
6.3	键盘接口技术 .....	190
6.4	D/A 转换接口 .....	195
6.5	A/D 转换接口 .....	203
	思考题 .....	219
<b>第 7 章</b>	<b>51 单片机扩展资源编程 .....</b>	<b>220</b>
7.1	系统扩展概述 .....	220
7.2	存储器扩展 .....	221
7.3	并行 I/O 口扩展 .....	225
7.4	I <sup>2</sup> C 总线扩展 .....	232
	思考题 .....	249
<b>第 8 章</b>	<b>混合编程与应用实例 .....</b>	<b>250</b>
8.1	汇编与 C 语言的混合编程 .....	250
8.2	基于 DS1302 的电子时钟 .....	256
<b>第 9 章</b>	<b>综合应用实训 .....</b>	<b>289</b>
9.1	基于 DS18B20 的温度显示 .....	289
9.2	电子密码锁 .....	309
9.3	键盘控制步进电动机 .....	325
9.4	无线家电遥控 .....	329
9.5	红外遥控显示 .....	336
<b>附录 A</b>	<b>单片机开发环境 .....</b>	<b>348</b>

# 第 1 章

## 51 单片机基础

### 本章要点

- ▶ 51 单片机及其发展应用。
- ▶ 51 单片机的内部结构和外部引脚。
- ▶ 51 单片机的存储器结构。
- ▶ 51 单片机并行 I/O 口的特点和功能。
- ▶ 时钟和机器周期的概念，明确时序的含义。

### 1.1 单片机及其发展应用

单片机是微型计算机的一个重要分支，它使计算机从海量数值计算进入智能控制领域，并由此开创了工业控制的新局面。从此，计算机技术在两个重要的领域——通用计算机领域和微控制器领域发展迅速，并逐渐融入人们的日常生活。

将运算器、控制器、存储器和各种输入/输出接口等计算机的主要部件集成在一块芯片上，就能得到一个单芯片的微型计算机，它虽然只是一个芯片，但在组成和功能上已经具有了计算机系统的特点，因此称之为单片微型计算机（Single-Chip Microcomputer），简称单片机。由于单片机的设计通常是面向控制、嵌入对象体系中的，有别于通用的微型计算机，因此又称为微控制器（Micro-Controller）、嵌入式微控制器（Embedded-Micro-Controller）等。

#### 1.1.1 单片机的产生及发展

##### 一、单片机的产生

从 1946 年世界上第一台电子计算机诞生以来，整个计算机产业有了迅猛的发展，然而直到 20 世纪 60 年代，计算机仍主要用于数值运算、逻辑运算及推理，它在实际控制领域刚崭露头角。

在工业控制领域，人们对计算机提出了许多与传统海量高速数值计算完全不同的控制要求，如能面向控制对象，便于进行控制变量的输入/输出；能适应工业现场较为恶劣的工作环境；体积小巧，能嵌入控制系统的内部；控制能力突出，有丰富的用于控制的指令系统和 I/O 接口等。

20 世纪 70 年代初，“微处理器”问世了，微处理器以及以微处理器为核心部件所构成的微型计算机的诞生，为电子计算机的普及和应用开拓了广阔的道路。在 20 世纪 70 年代中期，为了满足广泛应用的需要，微型计算机向着以下两个不同的方向发展。

(1) 高速度、大容量、高性能的高档微型计算机方向，这一分支形成了日后大家熟知的 PC 机。

(2) 功能完善、稳定可靠、体积小、价格低廉、面向控制的单片机方向。

单片机把微型计算机的各主要部分集成在一块半导体芯片上。大大缩短了系统内信号的传送距离，从而提高了系统的可靠性及运行速度。因而，单片机系统已成为工业测控系统中最为理想的控制系统。

## 二、单片机的发展历程

单片机从体系结构到指令系统都是按照工业控制领域所提出的要求而精心设计的，因而具有体积小、功耗低、重量轻、价格便宜、可靠性高、控制能力强、开发使用简便等一系列优点，自问世以来就得到了极其广泛的应用，并显示出其强大的魅力。其中，80C51 系列单片机在我国的应用范围最为广泛。

单片机的发展历程通常可划分成 4 个阶段。

(1) 第一阶段(1976~1978年)：单片机的探索阶段。以 Intel 公司的 MCS-48 为代表。MCS-48 的推出是在工控领域的探索，参与这一探索的公司还有 Motorola、Zilog 等，都取得了满意的效果。这就是 SCM 的诞生年代，“单片机”一词即由此而来。

(2) 第二阶段(1978~1982年)：单片机的完善阶段。Intel 公司在 MCS-48 基础上推出了完善的、典型的单片机系列 MCS-51。它在以下几个方面奠定了典型的通用总线型单片机体系结构。①完善的外部总线。②CPU 外围功能单元的集中管理模式。③体现工控特性的位地址空间及位操作方式。④指令系统趋于丰富和完善，并且增加了许多突出控制功能的指令。

(3) 第三阶段(1982~1990年)：8 位单片机的巩固发展及 16 位单片机、32 位单片机推出阶段。继 8 位单片机之后，Intel 公司又在 1983 年推出了 16 位单片机 MCS-96 系列。与 MCS-51 相比，MCS-96 不但字长增加了一倍，而且在其他性能方面也有很大提高，如在片内增加一个 4 路或 8 路的 10 位 A/D 转换器，具有 A/D 转换功能等。

(4) 第四阶段(1990 至今)：微控制器的全面发展阶段。随着单片机在各个领域全面深入地发展和应用，出现了高速、大寻址范围、强运算能力的 8 位/16 位/32 位通用型单片机，以及小型廉价的专用型单片机。

## 三、单片机的发展趋势

### 1. 高集成度

随着集成电路制作工艺的不断发展，未来单片机芯片内部做集成的 ROM/RAM 容量会适当增大，芯片体积会越来越小，价格会不断降低。

### 2. 外部电路内装化

开发单片机产品，通常要根据系统设计的要求扩展外围芯片。随着芯片的高度集成化和“以人为本”思想在单片机设计上的体现，今后的单片机产品要将一些常用的功能部件（如 A/D 转换器、D/A 转换器、LCD 驱动电路等）集成到芯片内部。

### 3. 低功耗

单片机产品的低功耗是靠制作工艺的 CMOS 保证的。出于对低功耗的普遍要求，目前各单片机厂商推出的产品都采用了 CMOS。这种工艺的好处可以从 8051 和 80C51 的对比中看到：8051 的功耗为 630mW，80C51 的功耗只有 120mW。因此，随着单片机集成度的不断提高，由单片机构成的系统体积会越来越小，低功耗将是设计单片机产品时首先要考虑的指标。

#### 4. 引脚多功能化

随着芯片内部功能的增强和资源的丰富，一脚多用的设计方案日益显示出其重要性。

#### 5. 高性能

这是单片机最终追求的一个目标，更高的性能将会使单片机系统的设计变得更加简单、可靠。

#### 6. 芯片专用化

今后，专门针对某些特定产品开发出来的单一用途单片机将会越来越多。大到汽车和航空航天设备上的单片机智能仪表、家用电器甚至是电动玩具上的单片机，如大家比较熟悉的电度表和 IC 卡读卡器等。

未来的单片机呈现多元化的趋势，但其位数却不一定继续增加。这是因为尽管有了 16 位单片机、32 位单片机，但对于一般的控制系统来讲，用 8 位单片机已经足够了，所以 80C51 系列单片机仍是当前的主流系列。

### 1.1.2 单片机的应用

#### 一、单片机的应用特点

单片机的特点很多，从应用的角度来讲，主要体现为以下几点。

(1) 实现控制系统的在线应用。单片机由于体积小、性价比高、功耗低，常用来替代微型计算机进行在线控制。

(2) 软/硬件结合控制。用单片机代替模拟电路或数字电路，以软件配合硬件系统进行控制，可以提高控制系统的技术性能、技术含量和防盗能力。

(3) 能适应较为恶劣的工作环境。通常 PC 机对环境的要求较高，当工作现场存在电磁干扰、电源波动、冲击振动、温度等因素影响时，就不能使用 PC 机了，但单片机却可以稳定而可靠地工作。例如，民用单片机的环境适应温度范围是  $0\sim+70^{\circ}\text{C}$ 。有些单片机芯片可以在 2.2V 甚至是 0.9~1.2V 的低电压下正常工作（通常单片机的工作电压是 +5V）。

(4) 软件性能稳定。单片机系统的软件是固化在程序存储器中的，这样可以避免病毒的侵袭，也不会被人为地修改。

#### 二、单片机的应用

利用单片机开发的产品可以实现小型化、智能化和多功能化。因此，单片机已经渗透到人们的生产和生活的各个方面，下面简单介绍其应用领域。

(1) 工业控制领域。单片机广泛应用于工业过程的控制与监测、机电一体化、工业机器人等领域，如用单片机可以构成经典的温度控制系统、液位调节系统等。

(2) 家用电器领域。在家用电器产品中加入单片机，就构成了智能家电，如智能冰箱、智能洗衣机、智能空调、电动玩具等。

(3) 智能仪器仪表。用单片机所构成的智能仪器仪表能够简化仪器仪表的硬件结构，提高测量速度和测量精度，强化控制功能，如具有存储、数据处理、联网、语言的智能化等功能。

(4) 办公自动化领域。现在，大多数办公设备都采用了单片机进行控制，如打印机、复印机、绘图仪、电话、传真、考勤机等。

(5) 商业营销领域。在商业营销系统广泛使用的电子秤、收款机、条形码阅读器、商场保安系统、空气调节系统、冷冻保鲜系统等都采用了由单片机构成的专用系统。

(6) 航空航天等高科技领域。汽车与航空航天器电子系统中的自动驾驶系统、通信系统、飞行监视器（黑匣子）等也是由单片机来控制的。

## 1.2 51 单片机的内部结构和外部引脚

### 1.2.1 80C51 系列单片机

#### 一、发展历程

MCS-51 单片机是美国 Intel 公司于 1980 年推出的产品，典型产品有 8031（内部没有程序存储器，实际使用方面已经被市场淘汰）、8051（芯片采用 HMOS，功耗是 630mW，是 89C51 的 5 倍，实际使用方面已经被市场淘汰）和 8751 等通用产品，一直到现在，MCS-51 内核系列兼容的单片机仍是应用的主流产品。

由于 MCS-51 单片机影响极其深远，许多公司都推出了兼容系列单片机，就是说 MCS-51 内核实际上已经成为一个 8 位单片机的标准。同样的一段程序，在各个单片机厂家的硬件上运行的结果都是一样的，如 ATMEL 的 89C51、89S51，PHILIPS（飞利浦）和 WINBOND（华邦）等，我们常说的 89C51 指的是 ATMEL 公司的 AT89C51 单片机，它是在原基础上增强了许多特性，如时钟，更优秀的是由 Flash（程序存储器的内容至少可以改写 1000 次）存储器取代了原来的 ROM（一次性写入），AT89C51 的性能相对于 8051 已经算是非常优越的了。

89C51 最致命的缺陷在于不支持 ISP（In system programmable，在线更新程序）功能，必须加上 ISP 功能等新功能才能更好地延续 MCS-51 的传奇。89S51 就是在这样的背景下取代 89C51 的，现在，89S51 目前已经成为了实际应用市场上新的宠儿，作为市场占有率第一的 Atmel 目前公司已经停产 AT89C51，将用 AT89S51 代替。89S51 在工艺上进行了改进，生产成本降低了，而且功能进行了提升，增强了竞争力，89SXX 还可以向下兼容 89CXX 等 51 系列芯片。

AT89S51 是一个低功耗、高性能的 CMOS 8 位单片机，片内含 8KB ISP 的可反复擦写 1000 次的 Flash 只读程序存储器，器件采用 Atmel 公司的高密度、非易失性存储技术制造，兼容标准 MCS-51 指令系统及 80C51 引脚结构，芯片内集成了通用 8 位中央处理器和 ISP Flash 存储单元，功能强大的微型计算机的 AT89S51 可为许多嵌入式控制应用系统供给高性价比的解决方案。

AT89S51 具有如下特点：40 个引脚，8KB Flash 片内程序存储器，128B 的随机存取数据存储器（RAM），32 个外部双向输入/输出（I/O）口，5 个中断优先级，2 层中断嵌套中断，2 个 16 位可编程定时计数器，2 个全双工串行通信口，看门狗（Watch Dog Timer，WDT）电路，片内时钟振荡器。

此外，AT89S52 设计和配置了振荡频率可为 0Hz 并可通过软件设置省电模式。在空闲模式下，CPU 暂停工作，而 RAM 定时计数器，串行口、外中断系统可继续工作，掉电模式冻结振荡器而保存 RAM 的数据，停止芯片其他功能直至外中断激活或硬件复位。同时该芯片还具有 PDIP、TQFP 和 PLCC 等三种封装形式，以适应不同产品的需求。

AT89S51 与 80C51 相比，外形管脚完全相同，80C51 的 HEX 程序无需任何转换可直接在 AT89S51 上运行，其运算结果一样。AT89S 比 80C51 新增了一些功能，支持在线编程和看门

狗是其中的主要特点。它们之间主要区别在于以下几点：

(1) 引脚功能。管脚几乎相同，变化的有：在 AT89S51 中 P1.5、P1.6 和 P1.7 具有第二功能，即这 3 个引脚的第二功能组成了串行 ISP 编程的接口。

(2) 编程功能。80C51 仅支持并行编程，而 AT89S51 不但支持并行编程还支持 ISP 在线编程。在编程电压方面，80C51 的编程电压除正常工作的 5V 电压外， $V_{PP}$  需要 12V 的电压，而 AT89S51 仅仅需要 4~5V 电压即可。

(3) 烧写次数更高。AT89S51 标称烧写次数是 1000 次，实际为 1000~10000 次，这样更有利于开始学习者反复烧写，降低了学习成本。

(4) 工作频率更高。80C51 极限工作频率是 24MHz，而 AT89S51 最高工作频率是 33MHz，(AT89S51 芯片有两种型号，支持最高工作频率分别为 24MHz 和 33MHz) 从而具有更快的计算速度。

(5) 电源范围更宽。AT89S51 工作电压范围为 4~5.5V，而 80C51 在低于 4.8V 和高于 5.3V 的时候则无法正常工作。

(6) 抗干扰性更强。AT89S51 内部集成看门狗计时器，而 80C51 需外接看门狗计时器电路，或者用单片机内部定时器构成软件看门狗来实现软件抗干扰功能。

## 二、80C51 系列单片机型号及性能指标

80C51 系列单片机的基本组成虽然相同，但各厂商所派生出来的产品在内部结构上（如并行接口、定时器、中断源数目）却有所不同。典型的单片机产品资源配置如表 1-1 所示。

表 1-1 80C51 系列产品资源配置

类 型	芯片型号	片内存储器类型及容量		片内其他功能单元配置				
		ROM	RAM	并行接口 (个)	中断源 (个)	定时/计数器 (个)	串行接口 (个)	
总线型	基本型	80C31	—	128B	4	5	2	1
		80C51	4KB 掩膜	128B	4	5	2	1
		87C51	4KB EPROM	128B	4	5	2	1
		89C51	4KB Flash	128B	4	5	2	1
		89S51	4KB ISP Flash	128B	4	5	2	2
总线型	增强型	80C32	—	256B	4	6	3	1
		80C52	8KB 掩膜	256B	4	6	3	1
		87C52	8KB EPROM	256B	4	6	3	1
		89C52	8KB Flash	256B	4	6	3	1
非总线型	89C2051	2KB Flash	128B	2	5	2	1	
	89C4051	4KB Flash	128B	2	5	2	1	

注 1. 总线型：总线型单片机采用总线结构，由于要进行总线控制，因此引脚数量较多。

2. 非总线型：非总线型单片机无需进行总线扩展，引脚数量较少，如 89C2051。

### 1. 基本型与增强型

(1) 基本型。基本型单片机型号的末位数字为“1”，如 80C51。这类单片机能满足基本的控制要求，对于一般的单片机控制系统是够用的。

(2) 增强型。增强型单片机型号的末位数字为“2”，如 80C52。这类单片机在存储器配置和中断定时控制等方面进行了加强。

## 2. 片内 ROM 类型

(1) 无 ROM (即 ROMLess) 型。如 80C31。应用时要在片外扩展程序存储器, 目前这种型号已被淘汰。

(2) 掩膜 ROM (即 MaskROM) 型。如 80C51。用户程序只能由芯片生产厂商写入, 不能更改, 适合成型后的批量生产。

(3) EPROM 型。如 87C51, 用户程序由编程器写入, 通过紫外线照射擦除, 使用起来不方便。

(4) FlashROM 型。如 AT89C51、AT89S51。用户程序可以经由电写入或者电擦除, 这是当前的主流芯片。本书所有实训项目均以 AT8951、AT89S51 实现。

### 1.2.2 51 单片机的内部结构和外部引脚

#### 一、组成

51 单片机的基本组成如图 1-1 所示。从结构框图中可以看到, 在该芯片上集成了一个微型计算机, 它包括以下几个部分。

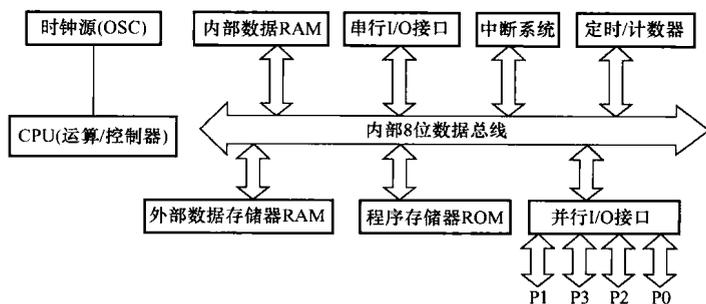


图 1-1 AT89S51 单片机的基本组成

#### 1. CPU 系统

它包括 1 个 8 位微处理器 CPU、内部时钟电路和总线控制逻辑部分。

#### 2. 内部存储器

(1) 4KB 的片内程序存储器 (ROM、EPROM、Flash)。

(2) 128B 数据存储器 (RAM) 和 128B 特殊功能寄存器 SFR (AT89S51 只用到其中的 21B)。

#### 3. I/O 接口及中断、定时部件

(1) 4 个 8 位可编程并行 I/O (输入/输出) 接口。

(2) 5 个中断源的中断控制系统, 可编程为 2 个优先级。

(3) 2 个 16 位定时/计数器, 既可以进行定时, 又可以对外部事件进行计数。

(4) 1 个全双工的串行 I/O 接口, 用于数据的串行通信。

所有这些组件都通过单片机内部的数据总线相连接。

#### 二、内部结构

内部结构可以划分为 CPU、存储器、I/O 口、定时与中断系统四部分, 如图 1-2 所示。

##### 1. CPU

CPU 是 AT89S51 内部的 1 个字长为 8 位的中央处理单元, 它由运算器、控制器两部分组成。实际上 CPU 构成了单片机的核心。

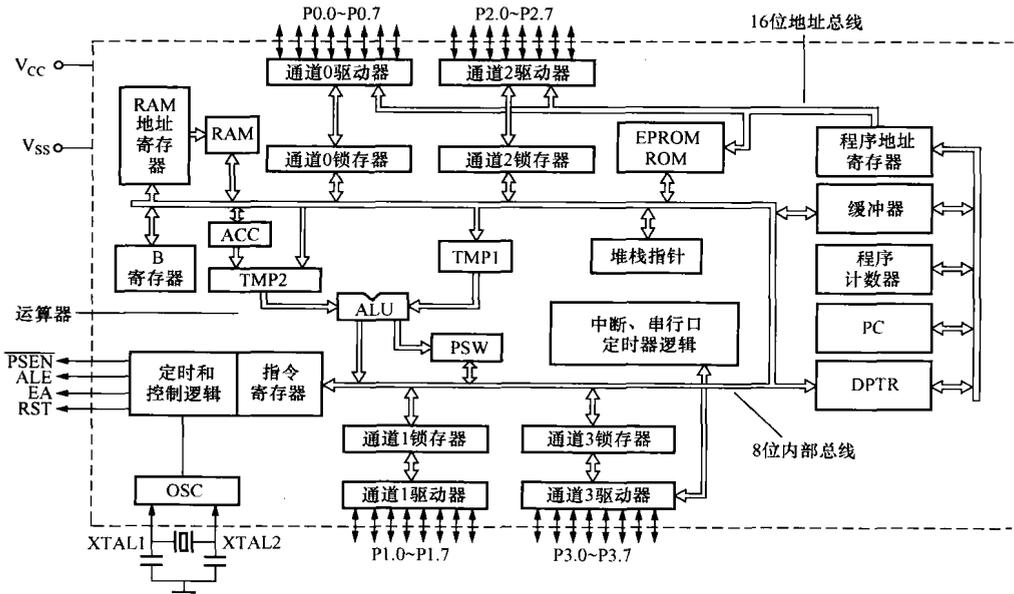


图 1-2 AT89S51 单片机的内部结构

运算器以算术逻辑单元 (Arithmetic Logic Unit, ALU) 为核心, 还包括累加器 A (Accumulator)、程序状态字寄存器 (Program Status Word, PSW)、B 寄存器、两个 8 位暂存器 TMP1 和 TMP2 等部件。其中, ALU 的运算功能很强, 可以运行加、减、乘、除、加 1、减 1、BCD 数十进制调整、比较等算术运算, 也可以进行与、或、非、异或等逻辑运算, 同时还能完成循环移位、判断和程序转移等控制功能。

两个 8 位暂存器 (TMP1 和 TMP2) 不对用户开放, 但可以用来为加法器、逻辑处理器暂存两个 8 位二进制数。在进行数据运算时, 两个参与运算的数据分别通过 TMP1 和 TMP2 同时进入 ALU 进行运算, 运算的结果一般再返回给累加器 ACC。

## 2. 控制器

控制器包括程序计数器 (Program Counter, PC)、指令寄存器、指令译码器、振荡器、定时电路及控制电路等部件, 它能根据不同的指令产生相应的操作时序和控制信号, 控制单片机各个部件的运行。

单片机执行哪条指令受 PC 控制。PC 是一个 16 位计数器, 具有自动加 1 功能。CPU 每读取一个字节的指令, PC 自动加 1, 指向要执行的下一条指令的地址。PC 的最大寻址范围为 64KB, 可以通过控制转移指令来改变 PC 值, 实现程序的转移。

## 3. 存储器

51 系列单片机内的只读存储器 (Read Only Memory, ROM) 是程序存储器, 用于存放已编好的用户程序、数据表格等; 片内的随机存取存储器 (Random Access Memory, RAM) 又称读/写存储器, 可用于存放输入数据、输出数据和中间计算结果等随时有可能变动的数据, 同时还可作为数据堆栈区。当存储器的容量不够时, 可以进行外部扩展。

## 4. I/O 口

(1) 并行口。51 单片机有 4 个 8 位并行 I/O 接口 P0~P3, 均可并行输入/输出 8 位数据。

(2) 串行口。51 单片机有 1 个串行 I/O 接口，用数据的串行输入/输出。

### 5. 定时/计数器

定时/计数器可以产生定时脉冲，实现单片机的定时控制；或者用于计数方式，记录外部事件的脉冲个数。

### 三、外部引脚

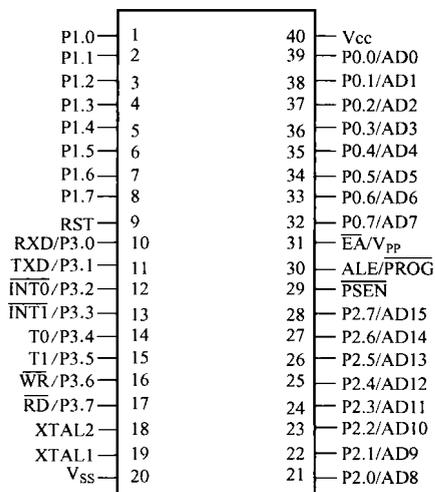


图 1-3 80C51 系列单片机 DIP40 封装引脚排列图

80C51 系列单片机有双列直插式 (Dual In-line Package, DIP)、方形扁平式 (Quad Flat Pack, QFP) 等多种封装形式。下面以常用的总线型 DIP40 封装 (见图 1-3) 和非总线型 DIP20 封装 (见图 1-4) 为例进行说明。AT89S51 与 80C51 相比，外形管脚完全相同。

#### 1. 总线型 DIP40 引脚封装

(1) 电源引脚 (2 个)。

1) V<sub>CC</sub>: 接+5V 电源。

2) V<sub>SS</sub>: 地端。

(2) 外接晶体引脚 (2 个)。

1) XTAL1: 外接晶振输入端 (采用外部振荡器，此引脚接地)。

2) XTAL2: 外接晶振输入端 (采用外部振荡器，此引脚作为外部振荡信号输入端)。

(3) 并行输入/输出引脚 (32 个，分成 4 个 8 位口)。

1) P0.0~P0.7: 通用 I/O 引脚或数据低 8 位地址总线复用引脚。

2) P1.0~P1.7: 通用 I/O 引脚。

3) P2.0~P2.7: 通用 I/O 引脚或高 8 位地址总线复用引脚。

4) P3.0~P3.7: 通用 I/O 引脚或第二功能引脚 (RxD、TxD、 $\overline{\text{INT0}}$ 、 $\overline{\text{INT1}}$ 、T0、T1、 $\overline{\text{WR}}$ 、 $\overline{\text{RD}}$ )。

(4) 控制引脚 (4 个)。

1) RST/V<sub>pd</sub>: 复位信号输入引脚/备用电源输入引脚。

2) ALE/PROG: 地址锁存允许信号输入引脚/编程脉冲输入引脚。

3)  $\overline{\text{EA}}/\text{V}_{\text{pp}}$ : 内外存储器选择引脚/片内 EPROM (或 FlashROM) 编程电压输入引脚。

4)  $\overline{\text{PSEN}}$ : 片外程序存储器读选通信号输出引脚。

#### 2. 非总线型 DIP20 引脚封装 (见图 1-4)

(1) 电源引脚 (2 个)。

1) V<sub>CC</sub>: 接+5V 电源。

2) GND: 接地端。

(2) 外接晶体引脚 (2 个)。

1) XTAL1: 引脚晶振输入端 (采用外部振荡器时，此引脚接地)。

2) XTAL2: 外接晶振输入端 (采用外部振荡器时，此引

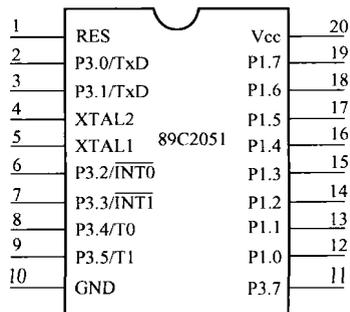


图 1-4 非总线型 DIP20 引脚

脚作为外部振荡器信号输入端)。

(3) 并行输入/输出引脚 (15 个)。

1) P1.0~P1.7: 通用 I/O 引脚 (P1.0 和 P1.1 兼作模拟信号输入引脚 AIN0、AIN1)。

2) P3.0~P3.5、P3.7: 通用 I/O 引脚或第二功能引脚 (P3.0~P3.5 兼作引脚 RxD、TxD、 $\overline{\text{INT0}}$ 、 $\overline{\text{INT1}}$ 、T0、T1)。

(4) 控制引脚 (1 个), RST 复位信号输入引脚。

### 1.3 51 单片机存储结构

51 系列单片机有两个存储器: 程序存储器 (ROM) 和数据存储器 (RAM), 其内部采用程序存储器与数据存储器各自独立编址的结构形式。在物理结构上共有 4 个存储空间: 片内程序存储器、片外程序存储器、片外数据存储器 and 片内数据存储器。从用户使用角度来看, 它可以分为 3 个存储空间。

(1) 片内、片外统一连续编址的 0000H~0FFFFH 共 64KB 程序存储器空间。

(2) 地址 0000H~0FFFFH 的片外数据存储器空间。

(3) 地址 00H~0FFH 的 256B 片内数据存储器空间, 其中有前 128B 能供用户作为存储器使用。

存储器结构如图 1-5 所示。

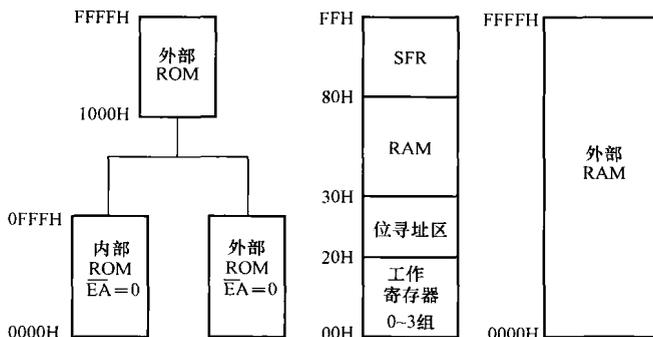


图 1-5 AT89C51 单片机的存储器结构

#### 1.3.1 程序存储器 ROM

程序存储器包括片内程序存储器和片外程序存储器, 主要用来存放编写好的用户程序和表格常数, 它以 16 位程序计数器 PC 作为地址指针, 能寻址 64KB。

##### 一、 $\overline{\text{EA}}$ 引脚的连接

从图 1-5 可以看出, 片内、片外的地址空间在 0000H~0FFFH 有重叠, 单片机究竟访问片内还是片外存储器与 AT89S51  $\overline{\text{EA}}$  引脚的信号电平有关。

(1)  $\overline{\text{EA}}$  接高电平 (即  $\overline{\text{EA}}=1$ ) 且 PC 输出值在 0000H~0FFFH 范围内时, CPU 访问片内程序存储器, 当 PC 输出值超过 0FFFH 时, CPU 自动转去访问片外程序存储器。

(2)  $\overline{\text{EA}}$  接低电平 (即  $\overline{\text{EA}}=0$ ) 时, 片内程序存储器不起作用。此时不论 PC 输出何值,

CPU 总是访问片外程序存储器。当片外程序存储器扩展为 64 K B 时，其地址范围为 0000H~0FFFFH。

## 二、部分关键的程序存储单元

在程序存储器中，某些单元保留给系统使用，如表 1-2 所示。

表 1-2 程序存储器中保留的存储单元

存储器单元	保留单元的作用
0000H~0002H	复位后初始化引导程序入口
0003H~000AH	外部中断 0 入口
000BH~0012H	定时器 T0 溢出中断入口
0013H~001AH	外部中断 1 入口
001BH~0022H	定时器 T1 溢出中断入口
0023H~002AH	串行口中断入口
002BH	定时器 T2 溢出中断入口

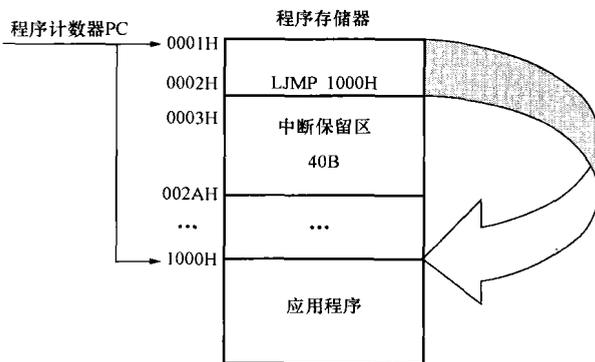


图 1-6 应用程序的引导过程

存储单元 0000H~0002H 用作单片机上电复位后引导程序的存放单元。因为上电复位后程序计数器 PC 的内容为 0000H，所以单片机总是从 0000H 单元开始执行。如果在这个 3 个单元中存放一条转移命令（如 LJMP 1000H），单片机就会转移到 1000H 单元，开始执行应用程序的引导过程如图 1-6 所示。

0003H~002AH 单元被均匀地分成 5 段，用做 5 个中断服务程序入口。只有增

强型单片机才占用 002BH 单元作为定时器 T2 溢出中断的入口地址。

### 1.3.2 数据存储器 RAM

数据存储器主要用于存放运算的中间结果和数据等，它可以分为片内数据存储器 and 片外数据存储器两部分。

#### 一、片外数据存储器

片外数据存储器可以扩展到 64KB，对应地址范围为 0000H~0FFFFH。

#### 二、片内数据存储器

片内数据存储器共有 256B，在功能上分为两部分：低 128B（地址为 00H~7FH）是真正的数据存储区，高 128B（地址 80H~0FFH）用于特殊功能寄存器。

显然，片内 RAM 与片外 RAM 在低地址空间（000H~00FFH）是重叠的。为了指示机器究竟到片内 RAM 寻址还是到片外 RAM 寻址，单片机器件的设计者为用户提供了两类不同的传送指令：MOV 指令和 MOVX 指令，其中，MOV 指令用于片内 00H~0FFH 范围内的寻址，MOVX 指令用于片外 0000H~0FFFFH 范围内的寻址。

低 128B 的数据存储空间在结构上又分为工作寄存器区、位寻址区和用户区，功能分区如表 1-3 所示。