



高等学校“十二五”精品规划教材
高等教育课程改革项目研究成果

MCS-51 单片机项目教程

主 编 艾运阶

副主编 黎建华 龙诺春 陈立旺 崔 晓

- **新**: 新思路、新领域、新技术、新变革
- **活**: 模块化、立体化、可扩展
- **精**: 精品、精心、精致

 **北京理工大学出版社**

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

高等学校“十二五”精品规划教材
高等教育课程改革项目研究成果

MCS - 51 单片机项目教程

主 编 艾运阶

副主编 黎建华 龙诺春 陈立旺 崔 晓

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

MCS-51 单片机项目教程/艾运阶主编. —北京:北京理工大学出版社, 2012. 1

ISBN 978-7-5640-4962-1

I. ①M… II. ①艾… III. ①单片微型计算机-高等学校-教材
IV. ①TP368. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 161991 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京慧美印刷有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 19.75

字 数 / 463 千字

版 次 / 2012 年 1 月第 1 版 2012 年 1 月第 1 次印刷 责任编辑 / 王艳丽

印 数 / 1~4 000 册 责任校对 / 陈玉梅

定 价 / 35.00 元 责任印制 / 王美丽

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

当今单片机应用技术已经成为工科大学生必须掌握的专业技术之一。虽然单片机品种、规格越来越多，ARM、PIC、AVR、DSP 层出不穷，MCS-51 系列单片机仍然是 8 位单片机应用领域的主流机型。同时，尽管 MCS-51 系列单片机已有多种机型，功能也越来越强大，但是掌握好其中基本型是十分重要的。这是各高校仍然选择 MCS-51 单片机教学的原因。

单片机应用技术的重要性不容置疑，但是，学习单片机涉及复杂的硬件电路技术和软件编程技术，大部分学生感到单片机课程难学。怎样才能学好单片机一直成为困扰师生的共同问题。在几年前，要验证单片机的学习成果，必须在计算机上应用编译软件编写程序，在万能板上焊接硬件电路，再将源程序通过编程器下载到单片机中，来验证单片机的硬件和软件是否达到预期效果。这种学习方法固然很好，但是如果设计的单片机系统较复杂，不仅制作成本高，而且难度大，既费时又费力，难以进行制作。

Proteus、Keil C51 单片机仿真开发平台的出现，成为单片机学习的有力工具。Proteus 能够非常逼真地进行单片机的仿真，通过它，初学者能够方便地验证单片机硬件和软件是否正确，为我们提供了有力的开发工具。对于单片机系统开发人员来说，可以缩短开发周期，降低开发风险，降低开发成本。特别是对于初学者来说，大大提高了单片机的学习效率。此外，深圳宏晶电子有限公司生产的 STC 单片机具有很高的性价比，特别是其 ISP 技术使单片机的实验制作变得简单。

现在的单片机及相关配件、开发实验装置、应用软件，学生都能够自己配置，这就为当今的在校学生学习单片机创造了优越的学习环境和条件。学生不必到实验室就能自己完成单片机实验与制作。一方面，根据单片机的知识结构，系统地选择教学项目，采用 Proteus、Keil C51 软件调试仿真提高学习单片机效率。另一方面，鼓励学生利用开放性实验室，采用万能板、简单方法制作 PCB 板完成项目制作。不仅利于提高学生制作电路的水平，也利于提高学生综合应用专业技能的能力。

本教材是为了适应单片机教与学的新形势而编写的，本教材具有以下特点：

1. 采用项目化教学

单片机学习涉及复杂的硬件知识和令初学者头痛的指令系统。传统的教学方法从单片机的硬件结构到指令系统，从中断系统、定时/计数器、串行口到 I/O 扩展，知识点很多，初学者很容易学了前面忘了后面。于是有人对单片机教学进行了大胆改革，开展项目化教学。这种教学方法的优点是根据应用来学习单片机的知识，指令系统也分配到几个项目中去学习。使学生能够感受单片机能够做些什么，提高了学生的学习积极性。但是完全按项目教学也有缺陷，它使得单片机的知识被打散，知识变得不系统。我们采用两种教学方法的结合，采用项目化教学方法。虽然这种教学方法有不伦不类之嫌，但是既能够提高学生的学习积极性，又保持了单片机知识的系统性，这是我们希望达到的目的。



2. 实现“学中干、干中学”的教学特色

既然我们都有单片机学习一定要理论联系实际的认识，那么如何在教学中贯彻这种教学理念呢？在计算机上利用 Proteus、Keil C51 软件进行软件调试仿真，使初学者能够早动手；利用 STC 单片机直接从计算机上下载程序代码，不仅能够很方便地进行演示教学，而且能够引导学生去模仿，去制作。在学习中制作，在制作中发现问题、解决问题，在干中学、在解决问题中提升能力。学生在成功的喜悦中提高学习的积极性，增长知识，使单片机学习变得轻松和愉快。

3. 由浅入深，循序渐进

俗话说“万事开头难”，我们每个学习单片机的人都有这样的感受。单片机学习从简单入手，开始的学习项目简单，但是方法多样，使初学者感到单片机学习难度也不大，提高了学习兴趣。在选择教学的项目时，既考虑以提高学生学习单片机的学习兴趣，学生的项目制作为出发点，又力争做到单片机硬件和软件知识点的系统性，以及单片机在工程实践中的实用性。另外，章节的安排、项目选择也是从简单到复杂，循序渐进。在每个项目中首先介绍项目依据的知识点、基本硬件电路工作原理，软件编程的基本方法；同时在项目中提出深入考虑的问题，讨论与工程实践较为密切的应用技术，扩大学生的视野，使学生在学习中了解本项目在应用中应该深入考虑的问题，意在培养学生分析问题、解决问题的能力。

4. 通俗易懂，便于自学

本书力求文字精练，通俗易懂，深入浅出。本书所采用的所有项目、例题力求贴近实际，并且都通过 Proteus 或 Keil C51 软件调试、仿真。考虑教学的实际情况，在项目中突出重点，归纳方法和步骤，项目包含的基本知识点，力求做到难易结合。各项目中还安排了深入讨论的问题，扩展单片机的应用，可以供教师选择，也可以供学生自学。各章都附有练习与思考题，供学生对知识点的理解、消化、巩固与提高。

本书由广东白云学院艾运阶任主编，黎建华、龙诺春、陈立旺、崔晓任副主编。崔晓编写第 1 章，艾运阶编写第 2~第 4 章，黎建华编写第 5 章，陈立旺、艾运阶、崔晓共同编写第 6 章，龙诺春编写第 7 章。全书由艾运阶负责整理与统稿。

由于编者的水平有限，书中难免有疏漏之处，恳请广大读者提出宝贵意见和建议。电子邮箱：ayc_ai55@126.com。

本书为任课教师免费提供电子教案、仿真实例，可以在北京理工大学出版社网站免费下载，网站地址 [http//www.bitpress.com.cn](http://www.bitpress.com.cn)。

编者

目 录

第 1 章 单片机基本硬件结构	1
1.1 概述	1
1.2 MCS - 51 系列单片机介绍	4
1.3 单片机存储器分配	8
1.4 单片机 I/O 口结构.....	15
1.5 时钟与复位.....	20
1.6 单片机最小系统.....	23
第 2 章 单片机汇编程序设计	26
2.1 概述.....	26
2.2 MCS - 51 指令系统	26
2.3 MCS - 51 指令介绍	33
2.4 汇编语言程序设计.....	45
2.5 项目一 单片机控制流水灯.....	49
2.6 程序设计的基本步骤和方法.....	53
2.7 程序的基本结构.....	55
第 3 章 单片机开发软件及开发工具	65
3.1 单片机开发平台 Proteus	65
3.2 C51 程序设计软件 Keil	76
3.3 单片机 STC - ISP 编程	85
3.4 自制单片机写码器.....	87
3.5 单片机作品制作.....	88
第 4 章 MCS - 51 单片机基本硬件应用	92
4.1 项目二 简易秒表电路.....	92
4.2 项目三 中断应用——中断计数流水灯电路.....	97
4.3 项目四 定时器应用——流水灯加方波电路	110
4.4 项目五 串行口流水灯	124
4.5 项目六 单片机双机通信	133
第 5 章 单片机的 C51 程序设计	145
5.1 C51 概述	145



5.2	C51 对 MCS -51 的访问	145
5.3	C51 函数	156
5.4	C51 结构化程序设计	163
5.5	C51 与汇编语言程序的相互调用	172
5.6	项目七 花样流水灯	174
第 6 章 单片机的扩展应用技术		179
6.1	4 位 LED 数码管显示电路	179
6.2	独立式键盘显示电路	197
6.3	行列式键盘电路	205
6.4	LCD 点阵显示电路	214
6.5	LED 点矩阵动态显示	226
6.6	信号发生器	234
6.7	数字电压表	242
6.8	步进电机控制	251
6.9	数字温度计	258
第 7 章 单片机的应用与开发		270
7.1	单片机应用开发系统	270
7.2	单片机应用系统设计过程	273
7.3	单片机应用系统方案设计和论证	274
7.4	单片机应用系统的研制	276
7.5	单片机应用系统的调试和检测	277
7.6	单片机应用系统的可靠性设计	280
7.7	小型自动绕线机控制系统设计	285
附录一 MCS -51 反汇编指令编码表		304
附录二 常用单片机外围芯片		305
参考文献		307

单片机基本硬件结构

本章提要

掌握单片机的基本硬件结构是学习单片机的基础。本章介绍 STC89C51 单片机的引脚功能、片内硬件基本结构、特殊功能寄存器、存储器结构、输入/输出口的结构和特点、特殊功能寄存器的基本知识。介绍单片机复位电路、时钟电路及基本时序的概念。通过本章的学习，为单片机应用系统的硬件和软件设计打下基础。

1.1 概 述

1.1.1 什么是单片机

单片机是由英文 Single Chip Microcomputer 直译而来的。所谓单片机，就是将中央处理器 CPU（Central Processing Unit）、存储器、定时/计数器和 I/O 接口电路等计算机的主要功能部件集成在一块芯片上的微型计算机。单片机又称为微控制器（MCU）。单片机系统是以单片机为核心，配合适当的外围设备和软件构成的应用系统，其基本硬件结构如图 1-1 所示。

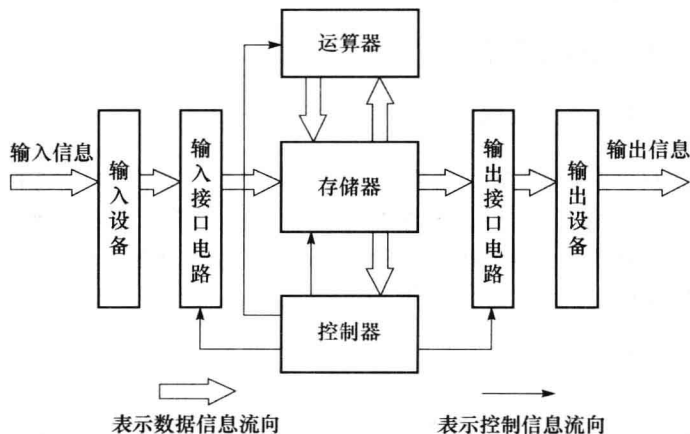


图 1-1 单片机基本硬件结构

控制器是计算机的控制核心，它负责从内部存储器中取出指令并对指令进行分析，根据指令发出控制信号，指挥输入、输出、运算器、存储器等功能部件协调工作。



运算器 (Arithmetic Logic Unit, ALU) 又称算术逻辑单元, 主要完成算术运算和逻辑运算。

存储器用于存储程序和数据。存储器根据其位置不同可分为两类: 内部存储器和外部存储器。

内部存储器 (简称内存) 和 CPU 直接相连, 存放当前要运行的程序和数据, 故称主存储器 (简称主存)。外部存储器 (简称外存), 主要用于保存暂时不用但又需长时间保留的数据和程序。存放在外存的程序必须调入内存才能运行。

输入/输出接口 (又称 I/O 接口) 是 CPU 与外设之间相连的逻辑电路, 外设必须通过接口才能和 CPU 相连。

1.1.2 单片机的特点

单片机芯片作为控制系统的核心部件, 它除了具备通用微机 CPU 的数值计算功能外, 还必须具有灵活、强大的控制功能, 以便实时监测系统的输入量、控制系统的输出量, 实现自动控制。单片机体积小、价格低、应用灵活方便、稳定可靠, 单片机的应用遍及工业自动化和人们的日常生活, 给工业和人们生活的各领域带来了重大技术革命和技术进步。在任何功能装置上几乎都能采用单片机嵌入到系统中, 实现检测、运算、控制。同时单片机主要面向工业控制, 其工作环境比较恶劣, 如高温、强电磁干扰, 甚至含有腐蚀性气体, 在这一点上, 一般的微型计算机不能够做到。

以单片机为核心的应用系统具有如下特点:

- (1) 功能齐全、可靠性高, 抗干扰性强。
- (2) 应用灵活, 应用范围广, 已广泛应用于工业控制、智能仪器仪表、家用电器各个领域。
- (3) 单片机性能不断提升、功能不断完善、集成度越来越高、性价比高。
- (4) 指令系统比通用微机系统简单。
- (5) 更新换代速度比通用微处理器慢得多。

1.1.3 单片机的发展趋势

1. 向小型化、低功耗方向发展

早期的单片机是双列直插封装, 随着集成电路技术的发展, 现大量采用贴片封装, 大大减小了芯片的体积。早期的单片机大都采用 +5 V 电源供电, 现在已经出现了 3.3 V 甚至 2.8 V。这使得单片机的功耗大大降低。同时, 采用等待、睡眠、空闲、节电工作方式, 都使单片机工作能耗下降。

2. 提升指令执行速度

目前单片机的工作时钟高达 50 MHz, 采用 2 倍速、单时钟等模式, 大大提高了 CPU 执行指令的速度, 例如 STC 单片机采用单时钟模式, 指令运行速度平均提高 24 倍。

3. 集成大容量 Flash 存储器, 实现 ISP

单片机采用 Flash 存储器取代 EEPROM 已成为发展趋势, 性能价格比很高。例如



STC89C58 单片机内部程序存储器达 32 KB, 1280BRAM, 一般情况下已经够用, 而且价格很低。因此单片机基本不需要扩展外部程序存储器和外部数据存储器, 这使单片机外围接口电路变得越来越简单, 成本越来越低。另外, 采用 Flash 可高速读写的特点, 实现了在系统可编程 ISP (In - System Programming) 功能, 节省了程序烧录的专用设备, 降低了成本, 提高了效率。

4. 采用数字 - 模拟混合电路集成技术

在 COMS 电路上将数字电路和模拟电路集成于同一个片上的技术已经成熟, 将模拟电路集成在单片机中, 如 ADC、DAC 电路、PWM、自带时钟电路等, 以减少单片机外围附加电路, 使单片机的功能越来越强大, 单片机开发成本越来越低, 体积越来越小。

1.1.4 如何学习单片机

单片机内部具有复杂的硬件电路, 加上与之配合的外围电路后就更复杂了, 尤其是单片机软件编程对初学者来说更不容易。单片机众多硬件知识点要记忆, 指令系统的 111 条指令功能要熟悉。初学者在学习单片机时, 会感到内容太多, 学习很困难。那么如何学习单片机呢?

1. 在实践中学

单片机学习特别强调理论与实践相结合的学习方法。学习单片机会感到内容太多, 很多东西搞不懂、记不住。学习时不能不看教科书, 但是也不能总是看教科书。单片机有各种功能的寄存器, 很多功能不同的指令。看多了书反而把脑子搞乱。关键是要把更多的时间放到实践中去, 在实践过程中有不懂之处再去找书看, 这样才会从根本上搞懂, 记忆才深刻。

目前单片机学习已经具有了很好的环境和条件。首先, 单片机仿真设计开发平台 Proteus 对学习单片机提供了很好的工具, 我们可以在 PC 机上获得逼真的实验效果。其次, 单片机的在线编程技术 (ISP) 给学习制作单片机作品提供了方便, 改变了过去必须通过编程器写软件的状况, 不但节省了仪器成本, 而且方便了操作。例如, 采用 STC 单片机配合程序下载写码软件就可以很方便地完成软件烧录工作。最后准备适当的单片机制作工具。如电脑、电烙铁、万用表、实验板、编程工具、元器件、万能板或敷铜板等。也可以购买单片机学习开发板, 这类开发板不仅具有基本单片机应用电路, 还配有相应的应用程序和工具软件。

2. 从简单入手, 不断积累

单片机涉及的东西太多, 不能好高骛远。俗话说万事开头难, 学习单片机应该从简单做起。例如单片机流水灯电路, 其工作原理、电路结构和程序都相对简单, 学习比较容易。在搞清楚一种流水灯程序后, 可以修改程序实现不同方法或不同功能的流水灯。仅单片机流水灯电路, 实现 LED 循环点亮方法可以用移位指令和查表指令, 点亮时间可以用循环指令延时, 可以用查表方法, 还可以用定时器、串行口来实现。如果能够较熟练掌握几种不同功能流水灯程序设计方法, 就可以快速入门。在学习之初, 可以应用 Proteus 进行程序设计、仿真。在经过阶段学习后, 就应该进行硬件电路实物制作了。在掌握简单电路后再循序渐进地做数码管显示、独立键盘、矩阵键盘、D/A、A/D、LCD 显示器电路, 最终可以应用各种传感器、控制电路完成较复杂的单片机控制系统。



3. 独立思考、互相帮助

学习单片机时，如果有人指点、有人帮助，会产生非常好的效果，省时又省事。大家在一起讨论共同解决问题是值得肯定的办法，但是不能依赖别人，一定要注意培养自己独立思考、分析问题、解决问题的能力，培养自己的创新能力。只有亲自动手、勇于实践，熟练掌握 Proteus、Keil51 等软件，独立完成单片机练习和项目制作，才能掌握单片机应用技术。心血和汗水是成为单片机开发应用高手的唯一途径。说单片机是别人教会的不如说是自己学会的。教会的一定不是高手，自己学会的一定是高手。这是一个事实，是一个真理。

1.2 MCS-51 系列单片机介绍

1.2.1 MCS-51 系列单片机概述

Intel 公司是微控制器的鼻祖，MCS-51 系列单片机是美国 Intel 公司研发的 8 位高性能单片机，一直沿用至今，长盛不衰，生产 MCS-51 内核的单片机厂家有几十家。其主要技术优势是内部含有可编程 Flash 存储器，用户可以很方便地进行程序的擦写操作，在嵌入式控制领域中被广泛地应用。MCS-51 单片机已经成为 8 位微处理器的工业标准。更多的兼容生产厂家尽管指令集不同，片上集成外部设备种类和数量不同，但是都是采用相同的哈佛结构，指令大同小异，学好 MCS-51 可以举一反三。

目前，Intel 公司已经不再生产 MCS-51 系列单片机，而将 8051 内核技术转让给其他公司，获得 51 内核的生产厂商，在该内核基础上进行了功能的精简、扩展与性能改进，生产了各种 51 内核的单片机。51 内核的单片机与工业标准 MCS-51 系列单片机的指令组和引脚是兼容的，因而可替代 MCS-51 系列单片机使用。

1.2.2 ATMEL 单片机

ATMEL 公司生产了 AT89C51、AT89C52 和 AT89C1051、AT89C2051 等，这些单片机片内采用可加密闪速存储器，性能优良，性价比极高，在我国单片机应用产品中被大量使用。表 1-1 列举出了 AT89 系列单片机的概况。

表 1-1 MCS-51 单片机

型 号	AT89C51	AT89C52	AT89C1051	AT89C2051	AT89S52	AT89S8252
档 次	标准型		低档型		高档型	
Flash/kB	4	8	1	2	8	8
片内 RAM	128	256	64	128	256	256
I/O/条	32	32	15	15	32	32
定时器/个	2	3	1	2	3	3
中断源/个	6	8	3	6	8	9
串行接口/个	1	1	1	1	1	1
M 加密/级	3	3	2	2	3	3
片内振荡器	有	有	有	有	有	有
EEPROM	无	无	无	无	无	无



ATMEL 公司把 EEPROM 和 Flash 技术巧妙结合, 形成特殊的集成电路, 从而使其单片机应用领域扩大。含有 EEPROM 和 Flash 存储器是 AT 产品的明显特色之一。由于 AT89 系列内部含有 Flash 存储器, 因此在系列的开发过程中可以十分容易地进行程序的修改, 从而大大缩短了系统的开发周期。同时, 在系统的工作过程中, 能够有效地保存部分重要数据, 不受外界因素(如电源故障等)干扰, 这给单片机控制仪器仪表的应用提供了极大的方便。

ISP 在线编程功能的优势在于改写单片机存储器内的程序不需要把芯片从工作环境中剥离。ISP 技术彻底地改变了传统的开发模式, 它只要在电路板上留下个接口, 配合下载电缆, 不用拔出芯片, 就可以在电路板上对芯片进行编程。

1.2.3 STC 单片机

1. STC 单片机简介

STC 系列单片机是由深圳宏晶科技公司开发、台湾积体电路制造股份有限公司(TSMC)生产的增强 8051 内核单片机。它给 MCS-51 单片机融入了许多现代单片机新的功能部件, 如 ADC、DAC、电压监控、“看门狗”电路、低压检测电路等。8051 内核单片机, 在片内资源、性能以及工作速度上都有很大的改进, 尤其是采用了基于 Flash 的在线编程技术(ISP), 在对单片机编程写软件时无需采用专用编程器, 可以通过 PC 直接对 STC 系列单片机进行编程, 使单片机应用系统的开发变得简单了。

STC 单片机产品系列化、种类多, 现有超过百种单片机。STC 单片机按照工作速度和内部资源配置的不同, 可以分为若干个系列产品。按照工作速度可分为 12T/6T 和 1T 系列产品。所谓 1T 是指单片机一个机器周期仅需要一个时钟周期, 运行速度大大加快。STC89、STC90 和 STC11/10 系列属于基本配置, 而 STC12/15 系列产品增加了 PWM、A/D 和 SPI 等接口模块。每个系列产品的差异主要是片内资源数量上的差异。在单片机选型时, 应该根据控制的实际需求, 选择合适的单片机, 即单片机内部资源要尽量满足控制系统要求, 而减少外部接口电路, 保证单片机应用系统的高可靠性和高性价比。STC89 系列单片机性能优、价格低廉、编程方便, 非常适合学生学习时使用。本书主要介绍基本型 STC8951 单片机的应用。图 1-2 所示为 STC/ATMEL 51 单片机实物图。

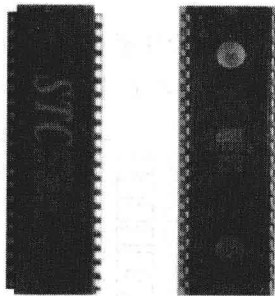


图 1-2 STC/ATMEL 51 单片机实物图

2. STC 单片机的型号与命名

STC 单片机型号与命名如图 1-3 所示。

图 1-3 中单片机型号 STC89C51RC-40C-PDIP 的含义如下:

STC: 前缀, 表示由 STC 公司生产的产品。

89C51RC: 8 表示 8051 内核芯片。

9 表示含 Flash 存储器。

C 表示是工作电压 3.8~5.5 V。

51 表示内部 Flash 为 4 KB。

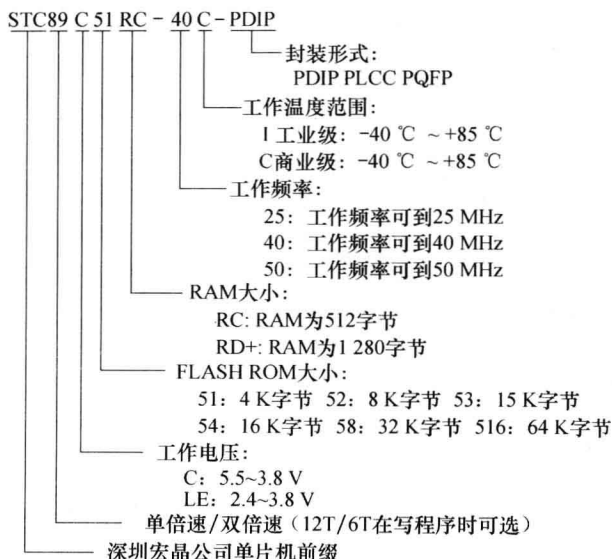


图 1-3 STC89 系列单片机的型号与命名

40I - PDIP - 40: 40 表示外部最高晶振可接入 40 MHz。

I 表示温度范围 $-40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ ，为工业级。

PDIP - 40 表示双列直插式 40 脚封装。

关于 STC 单片机的更多资讯可以在网上查阅，在此不详细介绍。

3. STC 单片机的封装形式

STC89 系列单片机封装主要有两种：一种是标准 40 引脚塑料双列直插式封装 (PDIP)，如图 1-4 (a)(c) 所示。另一种是 44 引脚的 PQFP 封装，如图 1-4 (b)(d) 所示。PDIP

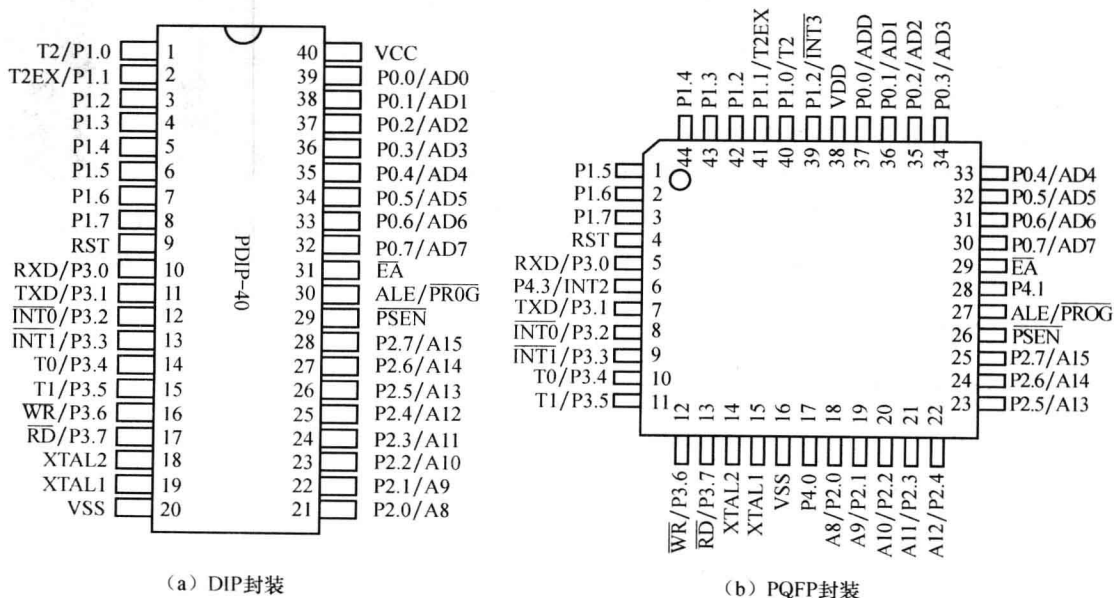


图 1-4 单片机两种常见封装方式的引脚

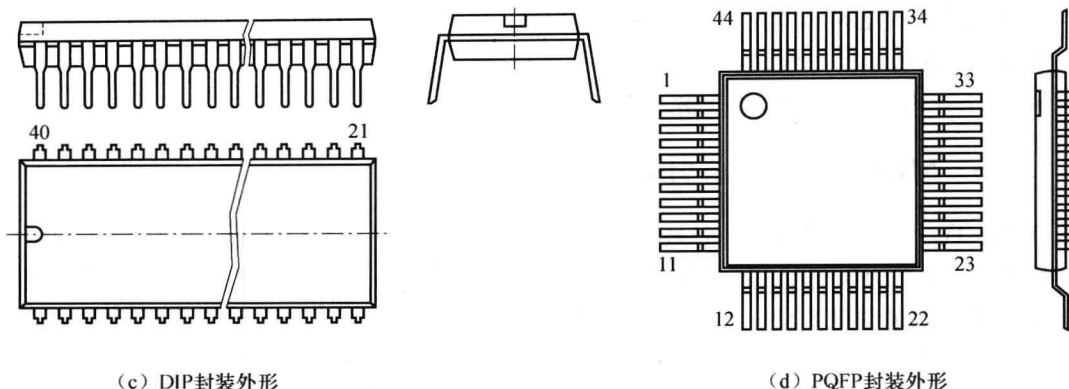


图 1-4 单片机两种常见封装方式的引脚 (续)

封装单片机电路尺寸较大, 自制单片机项目较方便, PQFP 封装制作成本高, 自制电路有一定难度。

1.2.4 MCS-51 单片机硬件结构

MCS-51 单片机在一块芯片里集成了 CPU (包括运算器 ALU、控制器和位处理器)、RAM (包括特殊功能寄存器)、ROM、中断控制电路、定时/计数器、多功能 I/O 口等基本功能部件。其内部结构如图 1-5 所示。具体来说, MCS-51 内部主要电路有:

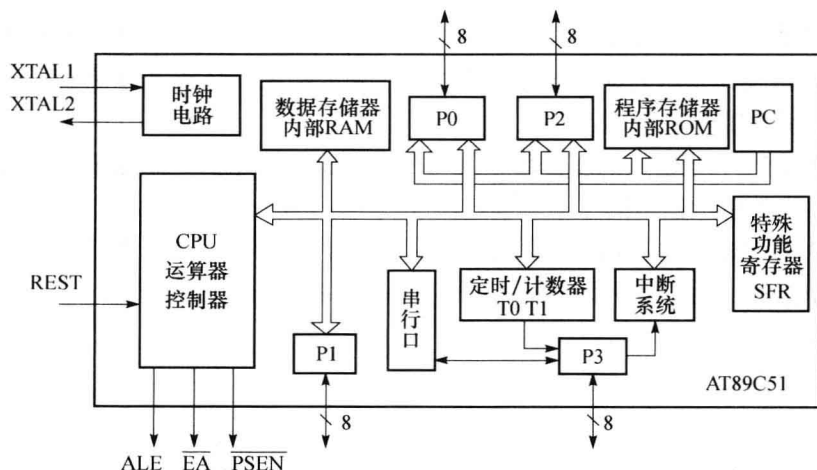


图 1-5 单片机内部硬件结构图

- 一个 8 位 CPU
- 4 KB 程序存储器, 采用 ROM 或 EPROM (8031 无 ROM)
- 128 B 通用数据存储器
- 21 个特殊功能寄存器 (SFR)
- 4 个 8 位并行 I/O 口, 其中 P0、P2、P3 是复用 I/O 口 (P0 和 P2 为地址/数据线, 可寻址 64 KB ROM 和 64 KB RAM)
- 一个可编程全双工串行口



- 具有 5 个中断源，两个优先级嵌套结构
- 两个 16 位定时/计数器
- 一个片内振荡器与时钟电路

1.2.5 MCS-51 单片机引脚功能

P0.0 ~ P0.7: P0 口 8 位双向口线 (32 ~ 39 脚), 是一个标准双向输入/输出 (I/O) 口, 其作用有两个: ①用于输入/输出接口; ②与 P2 口共同完成存储器扩展数据传送, 用于扩展外部存储器的地址线低 8 位, 即 A0 ~ A7; 同时分时用于单片机与外部存储器的数据线。

P1.0 ~ P1.7: P1 口 8 位双向口线 (1 ~ 8 脚)。4 个口中 P1 口作用最单一, 仅用于输入/输出接口。

P2.0 ~ P2.7: P2 口 8 位双向口线 (21 ~ 28 脚)。与 P0 口作用基本相同: ①用于输入/输出接口; ②与 P0 口共同完成存储器扩展数据传送, 用于扩展外部存储器的地址线高 8 位, 即 A8 ~ A15。

P3.0 ~ P3.7: P3 口 8 位双向口线 (10 ~ 17 脚)。

ALE: 地址锁存控制信号。在系统扩展时, ALE 用于控制把 P0 口输出的低 8 位地址锁存起来, 以实现低位地址和数据的隔离。此外, 由于 ALE 是以晶振 1/6 的固定频率输出的正脉冲, 因此, 可作为外部时钟或外部定时脉冲使用。

PSEN: 外部程序存储器读选通信号。在读外部 ROM 时, 低电平有效, 以实现外部 ROM 单元的读操作。

\overline{EA} : 访问程序存储控制信号。当 $\overline{EA} = 0$ 时, 将 ROM 限定在外部程序存储器; 当 $\overline{EA} = 1$ 时, 对 ROM 的读操作是从内部程序存储器开始, 并可延至外部程序存储器。不需要扩展外部存储器时, 将 \overline{EA} 接电源 VCC。

RST: 复位信号。当输入的复位信号延续两个机器周期以上的高电平时即为有效, 用以完成单片机的复位初始化操作。

XTAL1 和 XTAL2: 外接晶体引线端。当使用芯片内部时钟时, 此二引线端用于外接石英晶体和微调电容; 当使用外部时钟时, 用于接外部时钟脉冲信号。

VSS: 地线。

VCC: +5 V 电源。

1.3 单片机存储器分配

1.3.1 单片机存储器结构

计算机的存储器地址空间有两种结构形式: 冯·诺伊曼 (也称普雷斯頓) 结构和哈佛结构。如图 1-6 所示。

冯·诺伊曼结构的特点是计算机只有一个地址空间, ROM 和 RAM 统一安排地址空间, 地址不重叠。CPU 访问 ROM 和 RAM 使用的是相同的访问指令, 8086、奔腾等计算机采用这种结构。

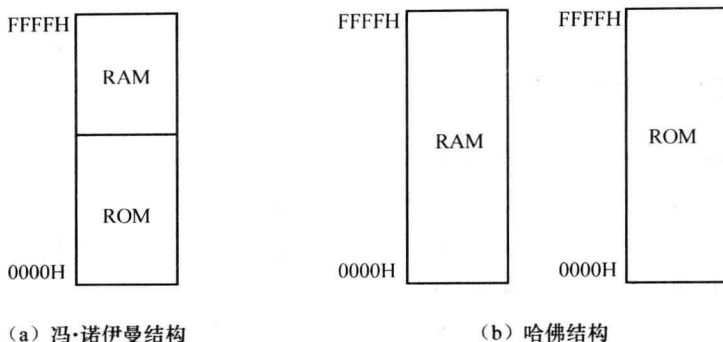


图 1-6 计算机存储器地址的两种结构形式

哈佛结构的特点是计算机的 ROM 和 RAM 被安排在两个不同的地址空间，ROM 和 RAM 可以有相同的地址，CPU 使用不同的指令访问不同的存储器空间，MCS-51 单片机采用的是哈佛结构。

MCS-51 系列单片机的存储器配置方案如图 1-7 所示，它将存储空间按照用途划分为 4 个：内部 ROM、外部 ROM、内部 RAM、外部 RAM。

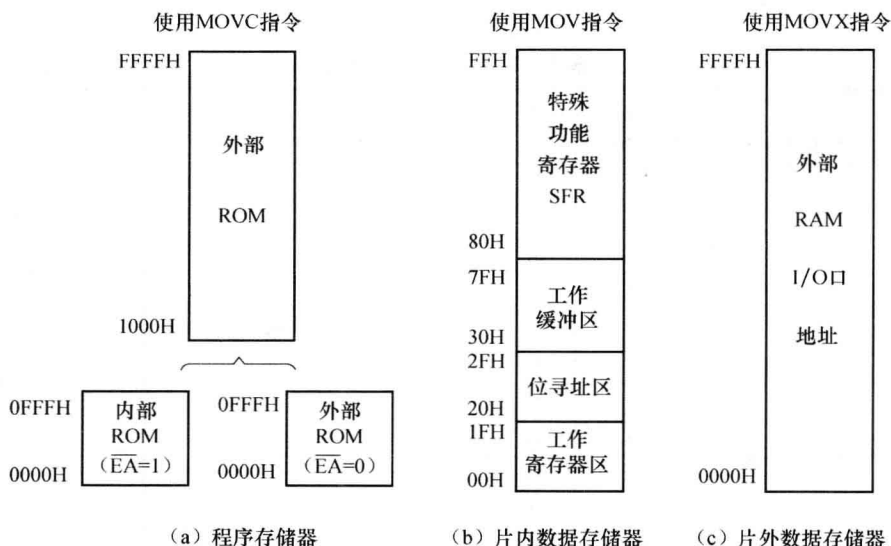


图 1-7 MCS-51 单片机存储器空间结构

上述空间分配方案重复使用了相同的地址，但 CPU 与它们交换数据并不会出现冲突问题。如前所述，对程序存储器采用访问程序存储控制信号 \overline{EA} 控制。对片内数据存储器 MCS-51 单片机采取了以下两种措施。

1. 使用不同的指令实现不同存储空间的数据传送

对于 ROM 区的数据传递（送到累加器 A），统一使用 MOV_C 指令。

对于片内 RAM 和 SFR 的数据传递（片内传送），统一使用 MOV 指令。



对于片外 RAM 区数据的访问（与 A 之间互传），统一使用 MOVX 指令。

2. 使用不同的寻址方式

对于 52 子系列单片机，内部 RAM 的高 128B 空间与 SFR 空间的地址重叠，又都使用相同的指令关键字（MOV），区分的方法是用不同的寻址方式：

对于低 128B 空间，字节（Byte）寻址和位（bit）采用不同的寻址方式区别。

对于 SFR 空间的寄存器，只能使用直接寻址方式。

对于内部 RAM 的高 128B 空间和外部 RAM 空间，只能使用间接寻址方式。

对于内部 RAM 的低 128B 空间，可以使用直接寻址或间接寻址两种方式来访问。

1.3.2 片内数据存储器

从广义来说，8051 的内部低 128 单元（单元地址 00H ~ 7FH）和高 128 单元（单元地址 80H ~ FFH）均属片内 RAM 空间，读写操作均采用 MOV 指令。由于高 128 位一般不能作为 RAM 使用，通常把 00H ~ 7FH 的 128 个单元称为 RAM 区。

低 128 单元 RAM 区，按其用途划分可以分成 3 个区域：工作寄存器区、位寻址区和用户 RAM 区。表 1-2 列出地址为 00H ~ 7FH 的低 128 单元的 RAM 配置图。

表 1-2 内部通用存储区

区域	RAM 地址	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
数据缓冲区	7FH ~ 30H								
可位寻址区	2FH	7F	7F	7D	7C	7B	7A	79	78
	2EH	77	76	75	74	73	72	71	70
	2DH	6F	6E	6D	6C	6B	6A	69	68
	2CH	67	66	65	64	63	62	61	60
	2BH	5F	5E	5D	5C	5B	5A	59	58
	2AH	57	56	55	54	53	52	51	50
	29H	4F	4E	4D	4C	4B	4A	49	48
	28H	47	46	45	44	43	42	41	40
	27H	3F	3E	3D	3C	3B	3A	39	38
	26H	37	36	35	34	33	32	31	30
	25H	2F	2E	2D	2C	2B	2A	29	28
	24H	27	26	25	24	23	21	20	
	23H	1F	1E	1D	1C	1B	1A	19	18
	22H	17	16	15	14	13	12	11	10
	21H	0F	0E	0D	0C	0B	0A	09	08
	20H	07	06	05	04	03	02	01	00
工作寄存器区 (0~3组)	1FH ~ 18H	R7	R6	R5	R4	R3	R3	R1	R0
	17H ~ 10H	R7	R6	R5	R4	R3	R3	R1	R0
	0FH ~ 08H	R7	R6	R5	R4	R3	R3	R1	R0
	07H ~ 00H	R7	R6	R5	R4	R3	R3	R1	R0