



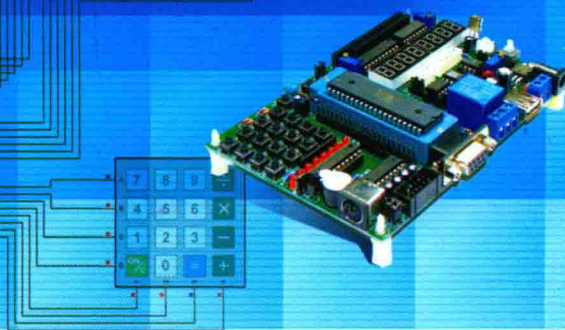
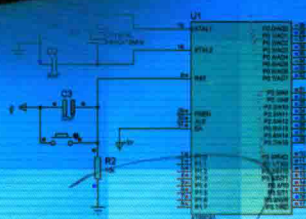
全国高等职业教育“十三五”规划教材
中国电子教育学会推荐教材
全国高等院校规划教材·精品与示范系列

单片机技术与应用 项目化教程（第2版）

◎ 彭 勇 主编 ◎ 王建勇 彭永余 副主编



- ✓ 通过3个实例、20个任务，
以通俗活泼的形式，
介绍单片机技术与应用
- ✓ 配有电子教学课件、电路设计文件、
源程序、图片素材等



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

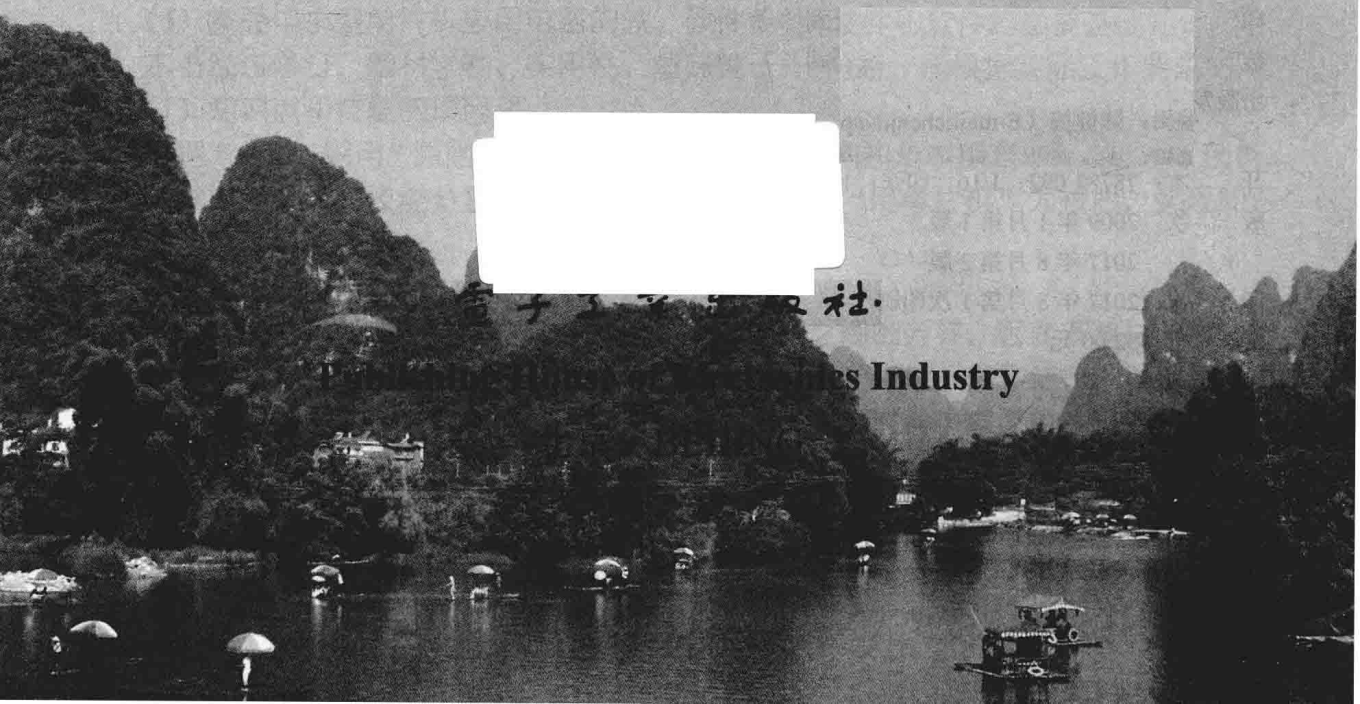
全国高等职业教育“十三五”规划教材
中国电子教育学会推荐教材
全国高等院校规划教材·精品与示范系列

精品课程
配套教材

单片机技术与应用 项目化教程(第2版)

彭 勇 主编

王建勇 彭永余 副主编



电子工业出版社

Electronics Industry

内 容 简 介

本书第1版出版后,得到全国广大院校教师与学生的欢迎和使用,已先后重印7次,累计印约2万册,结合一线教师的使用建议和专家意见及新的教学成果,近期对本书内容进行了修订与完善。全书内容分为:初次见面(单片机基础)、让单片机听我的话(C语言)、遇到紧急情况怎么办(中断系统)、看看单片机的闹钟(定时/计数器)、有空常联络(串口通信)、输入/输出接口电路6个项目,每个项目又分解成多个实做任务,全书共设计了20个任务。本书经修订编写后更适合当前该课程要求,融科学性、实用性、趣味性于一体,易于安排教学过程,注重技能培养。

本书为高等职业本专科院校单片机课程的教材,也可作为开放大学、成人教育、自学考试、中职学校和培训班的教材,以及单片机应用开发人员的参考工具书。

本书提供免费的电子教学课件、Proteus 设计文件、Keil 源程序、图片素材等,详见前言。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

单片机技术与应用项目化教程/彭勇主编. —2版. —北京:电子工业出版社,2017.8

全国高等院校规划教材·精品与示范系列

ISBN 978-7-121-31981-5

I. ①单… II. ①彭… 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(2017)第139818号

策划编辑:陈健德(E-mail:chenjd@phei.com.cn)

责任编辑:李蕊

印 刷:三河市双峰印刷装订有限公司

装 订:三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:10.75 字数:275.2千字

版 次:2009年1月第1版

2017年8月第2版

印 次:2017年8月第1次印刷

定 价:32.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888,88258888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式:chenjd@phei.com.cn。

第2版前言



本书第1版出版后,以其通俗易懂的描述、全新的教学理念、鲜明的高职教育特色、认真仔细的内容编写和精细的编辑出版过程,得到全国广大院校教师与学生的欢迎和使用,已先后重印7次,累计印约2万册。为贯彻落实“国务院关于大力发展职业教育的决定”精神,坚持以就业为导向的职业教育办学方针,推进高等职业技术学院课程和教材改革,在保留原教材主体内容与特色的基础上,结合一线教师的使用建议和专家意见以及新的教学成果,对其内容进行了优化、补充和完善。主要做了以下几方面的修订工作。

(1) 把编辑软件程序平台由原来的 Wave 6000 更换成了功能更加强大的 Keil。Keil 提供包括 C 编译器、宏汇编、链接器、库管理和一个功能强大的仿真调试器等在内的完整开发方案,通过一个集成开发环境 (μ Vision) 将这些部分组合在一起。

(2) 把原教材中的汇编语言更换成了 C 语言,与汇编语言相比,C 语言在功能、结构性、可读性、可维护性上有明显的优势,因而易学易用。

(3) 教学采用“做学结合”的一体化项目化教学方式,使原有任务更加实用和丰富,修订后增加了按键、模拟汽车转向灯、抢答等案例,贴近生活,提高学生的学习兴趣。

(4) 紧跟技术发展和行业企业的实际需求,对部分内容进行了更新。

全书内容分为:初次见面(单片机基础)、让单片机听我的话(C 语言)、遇到紧急情况怎么办(中断系统)、看看单片机的闹钟(定时/计数器)、有空常联络(串口通信)、输入/输出接口电路6个项目,每个项目又分解成多个实做任务,全书共设计了20个任务。

通过本教材的学习,将使读者达到以下目标:

(1) 了解单片机的组成、内部结构和特点,获得其硬件和软件的必要基础知识。

(2) 在初步掌握 C51 的基础上,掌握 C 语言程序的分析,能根据实际工作要求进行一般的程序设计和应用。

(3) 基本掌握单片机内部硬件资源和常用外围电路的初步应用方法。

(4) 掌握中小型单片机应用电路的软、硬件设计和调试。

本书经过修订,融科学性、实用性、趣味性于一体,主要有以下特点:

(1) 知识点和技能的项目化。

根据“必需、够用”原则,对使用单片机要掌握的技能及对应的知识点进行了剖析,将这些常用知识点和技能分解到20个实做任务中,以“用单片机”为核心,实现知识体系的项目化、模块化。

(2) 教材适用一体化、现场化教学模式。

由于知识体系的项目化,打破了理论、实践课程之间的分界,因此本教材非常适用于一体化教学和现场化教学,可让读者“在做中学,在学中做,做学结合,以做为主”,将理论知识点与实做技能有机地结合起来,让读者在实践过程中掌握单片机的技能和知识点。

(3) 通俗易懂, 入门简单。

任务安排由浅入深, 语言通俗易懂, 尽量少用或不用高深的专业术语, 将单片机中一些难懂的概念与生活中的一些事件进行类比。非常适合零基础的读者学习单片机, 让读者在完成这些难度逐渐加深的任务过程中, 实现由一个对单片机一窍不通的新手到一个能熟练使用单片机的技术人员的转变。

(4) 可以不用硬件开发板来学习, 学习成本低。

全书的实做任务全部可以由基于 Proteus 仿真软件的平台来实现, 可不用硬件开发板, 只要有一台微机, 安装上 Proteus 仿真软件, 就可以用“做学结合”的方式完成本书的学习, 大大节约了学习成本。

(5) 版面新颖实用, 有助于高效地开展教学。

为更好地引导教师与学生实现教学目标, 在每个项目前面设置了“教学导航”; 使学生快速掌握岗位知识与技能要点, 在每个任务前面提供了“知识分布网络”; 为了帮助学生归纳与总结所学知识, 在每个项目的后面均安排了“知识梳理与总结”。

本书为高等职业本专科院校单片机课程的教材, 也可作为开放大学、成人教育、自学考试、中职学校和培训班的教材, 以及单片机应用开发人员的参考工具书。

本书由彭勇任主编并完成全书的审阅及统稿工作, 由王建勇、彭永余任副主编。其中彭勇编写项目 1~2, 完成项目 1~2 的 PPT 课件制作; 王建勇编写项目 3~5、项目 6 的任务 6-1, 完成项目 3~5 的 PPT 课件制作; 彭永余编写项目 6 的任务 6-2~任务 6-4, 并完成项目 6 的 PPT 课件制作。在本书编写过程中, 蒲东、杨槐、陈晓娟、戴严炯、杜中一、黄荻、何涛、吕国皎、李文耀、李可为、梁颖、孟晓明、宋科、吴建军、王小平、余建、夏江华、袁涛、赵安邦、赵新亚、张欣、曾友州、周志近等同志对本书的编写提供了很多宝贵的意见和建议, 同时参考了多位同行教师的著作及资料, 在此一并表示感谢。

由于作者水平有限, 书中难免有疏漏和不足之处, 请读者批评指正并给出宝贵意见。

为方便教师教学, 本书还配有电子教学课件、教材中所有项目任务的 Proteus 设计文件、Keil 源程序及对应机器语言文件、图片素材等, 请有此需要的教师登录华信教育资源网 (<http://www.hxedu.com.cn>) 免费注册后再进行下载, 如果有问题请在网站留言或与电子工业出版社联系 (E-mail: hxedu@phei.com.cn)。读者也可通过该精品课链接网址 (<http://jpkc.cqcmc.cn/mcu/main.asp>) 浏览和参考更多的教学资源。

编 者





项目 1 初次见面	(1)
教学导航	(1)
任务 1-1 单片机的分类与主要系列	(2)
任务 1-2 用单片机控制一个 LED 的亮灭	(5)
任务 1-3 解剖单片机	(14)
知识梳理与总结	(18)
练习题 1	(19)
项目 2 让单片机听我的话——C 语言	(20)
教学导航	(20)
任务 2-1 认识 C 语言	(21)
子任务 2-1-1 C 语言程序	(21)
子任务 2-1-2 单数码管轮流显示十进制数	(32)
任务 2-2 能掐会算的单片机	(37)
子任务 2-2-1 按键控制花式多样的霓虹灯	(37)
子任务 2-2-2 数据转化为 BCD 码并显示	(45)
任务 2-3 运算符与表达式类	(48)
子任务 2-3-1 运算符的验证	(48)
子任务 2-3-2 16 位 LED 流水灯 (亮点流动) 控制	(51)
任务 2-4 循环控制语句与位运算	(55)
子任务 2-4-1 模拟汽车转向灯	(55)
子任务 2-4-2 8 路抢答器设计	(60)
知识梳理与总结	(64)
练习题 2	(65)
项目 3 遇到紧急情况怎么办——中断系统	(66)
教学导航	(66)
任务 3-1 单键改变 8 流水灯状态	(67)
任务 3-2 双键改变 8 流水灯状态	(77)
知识梳理与总结	(83)
练习题 3	(83)
项目 4 看看单片机的闹钟——定时/计数器	(84)
教学导航	(84)
任务 4-1 控制 LED 发光二极管隔 1 s 闪烁	(85)
任务 4-2 BCD 码显示 60 s 计数器	(92)
任务 4-3 外部脉冲计数	(99)
任务 4-4 单音阶发生器	(102)
知识梳理与总结	(107)
练习题 4	(107)

项目 5 有空常联络——串口通信	(109)
教学导航	(109)
任务 5-1 单片机与 PC 通信	(110)
任务 5-2 双机串口通信系统	(115)
任务 5-3 多机串口通信系统	(121)
知识梳理与总结	(126)
练习题 5	(126)
项目 6 输入/输出接口电路	(127)
教学导航	(127)
任务 6-1 I/O 端口扩展	(128)
任务 6-2 数码管动态显示 8 位固定数字	(133)
任务 6-3 8 按键控制单数码管显示	(136)
任务 6-4 4×4 矩阵键盘控制单数码管显示	(145)
知识梳理与总结	(154)
练习题 6	(154)
附录 A Proteus 软件使用入门	(155)
附录 B Keil 软件使用入门	(161)



1

初次见面

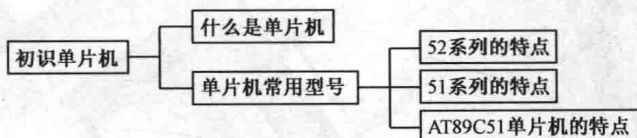
教学导航

知识目标	1. 常用型号单片机的特点与差别; 2. 单片机怎样控制灯的闪烁; 3. 单片机的程序和数据的存放: 程序存储器、数据存储器; 4. I/O 端口的知识; 5. 单片机的内部结构; 6. 常用专用寄存器 (A、PSW、SP、DPTR)
能力目标	1. Keil 软件的使用; 2. Proteus 的基本操作; 3. 单片机的基本连线: 电源连接、时钟电路连接、复位电路、EA 引脚连接; 4. 掌握单片机电路的开发过程
重点、难点	1. 单片机引脚的基本连接; 2. Keil 软件和 Proteus 软件的基本操作; 3. I/O 端口的知识
推荐教学方式	讲解单片机结构时与人进行类比, 便于学生理解。任务 1-2 在实验室中, 通过“一体化”教学, 结合 Proteus 和 Keil 两个软件, 边做边讲, 与学生共同完成项目任务, 让学生了解单片机电路开发的基本流程
推荐学习方式	通过完成项目任务, 在做中学、学中做, 实现技能与知识点的掌握, 其中两个应用软件要多上机操作。任务 1-2 为本项目的重点。关键要掌握单片机电路的开发过程



任务 1-1 单片机的分类与主要系列

知识分布网络



单片机这个词大家可能听说过很多次了，那到底什么叫单片机呢？

大家应该都接触过微机，微机是由主板、CPU、内存、硬盘等设备组合在一起构成的，而单片机将所有的这些设备集成在一块芯片内，所以称它为“单片机”。单片机又称为“微控制器（MCU）”。中文“单片机”这个称呼是由英文“Single Chip Microcomputer”直接翻译而来的。

1. 单片机的主要分类

- (1) 按应用领域可分为家电类、工控类、通信类、个人信息终端类等。
- (2) 按通用性可分为通用型和专用型。

通用型单片机的主要特点是：内部资源比较丰富，性能全面，而且通用性强，可适应多种应用要求。所谓资源丰富是指功能强；性能全面、通用性强是指可以应用在非常广泛的领域。通用型单片机的用途很广泛，使用不同的接口电路及编制不同的应用程序就可完成不同的功能。小到家用电器、仪器仪表，大到机器设备和整套生产线都可用单片机来实现自动化控制。

专用型单片机的主要特点是：针对某一种产品或某一种控制应用而专门设计，设计时已使结构最简，软、硬件应用最优，可靠性及应用成本最佳。专用型单片机用途比较专一，出厂时程序已经一次性固化好，不能再修改。例如，电子表里的单片机就是其中的一种，其生产成本很低。

2. 单片机的发展

自 1946 年第一台电子计算机诞生至今，依靠微电子技术和半导体技术的进步，计算机经历了电子管—晶体管—集成电路—大规模集成电路这样的发展路线，使得其体积更小，功能更强。特别是最近 20 年时间里，计算机技术获得了飞速的发展，计算机在工业、农业、科研、教育、国防和航空航天领域获得了广泛的应用，计算机技术已经是体现一个国家现代科技水平的重要标志。

单片机诞生于 20 世纪 70 年代，像 Fairchild 公司研制的 F8 单片微型计算机就是当时的产品。所谓单片机是利用大规模集成电路技术把中央处理单元（Center Processing Unit，即所谓的 CPU）和数据存储器（RAM）、程序存储器（ROM）及其他 I/O 通信口集成在一块芯片上，构成一个最小的计算机系统。而现代的单片机则加上了中断单元、定时单元及 A/D 转换等更复杂、更完善的电路，使得单片机的功能越来越强大，应用更广泛。

20 世纪 70 年代，微电子技术正处于发展阶段，集成电路处于中规模发展时期，各种新



材料、新工艺尚未成熟,单片机仍处在初级的发展阶段,元件集成规模还比较小,功能比较简单,多数公司均把 CPU、RAM (有的还包括了一些简单的 I/O 端口) 集成到芯片上,像 Fairchild 公司就属于这一类型。这种芯片还需配上外围的其他处理电路方可构成完整的计算系统。类似的单片机还有 Zilog 公司的 Z80 微处理器。

1976 年 Intel 公司推出了 MCS-48 单片机,并推向市场,这个时期的单片机才是真正的 8 位单片微型计算机。它因为体积小、功能全、价格低而获得了广泛的应用,为单片机的发展奠定了基础,成为单片机发展史上重要的里程碑。

其后,在 MCS-48 的带领下,各大半导体公司相继研制和发展了自己的单片机,如 Zilog 公司的 Z8 系列。到了 80 年代初,单片机已发展到了高性能阶段,如 Intel 公司的 MCS-51 系列、Motorola 公司的 6801 和 6802 系列、Rockwell 公司的 6501 及 6502 系列等,此外,日本著名电气公司 NEC 和 Hitachi 都相继开发了具有自己特色的专用单片机。

80 年代,世界各大公司竞相研制出多种功能强大的单片机,约有几十个系列,300 多个品种,此时的单片机均属于真正的单片化,大多集成了 CPU、RAM、ROM、数目繁多的 I/O 接口及多种中断系统,甚至还有一些带 A/D 转换器的单片机,功能越来越强大,RAM 和 ROM 的容量也越来越大,寻址空间甚至可达 64 KB,可以说,单片机发展到了一个全新阶段,应用领域更广泛,许多家用电器均走向利用单片机控制的智能化发展道路。

1982 年以后,16 位单片机问世,代表产品是 Intel 公司的 MCS-96 系列。16 位单片机比 8 位机数据宽度增加了一倍,实时处理能力更强,主频更高,集成度达到了 12 万只晶体管,RAM 增加到了 232 字节,ROM 则达到了 8 KB,并且有 8 个中断源,同时配置了多路的 A/D 转换通道,高速的 I/O 处理单元,适用于更复杂的控制系统。

90 年代以后,单片机获得了飞速的发展,世界各大半导体公司相继开发了功能更为强大的单片机。美国 Microchip 公司发布了一种完全不兼容 MCS-51 的新一代 PIC 系列单片机,引起了业界的广泛关注,特别是其精简指令集只有 33 条指令,吸引了不少用户,使人们从 Intel 的 111 条复杂指令集中走出来。PIC 单片机获得了快速的发展,在业界占有了一席之地。

随后更多的单片机品种蜂拥而至,Motorola 公司接着发布了 MC68HC 系列单片机,MC68HC05 系列以其高速低价等特点赢得了不少用户。日本几个著名公司也都研制出了性能更强的产品,但不同于 Intel 等公司投放到市场的通用单片机,日本的单片机一般均用于专用系统控制。例如,NEC 公司生产的 uCOM87 系列单片机,其代表作 uPC7811 是一种性能相当优异的单片机。

Zilog 公司的 Z8 系列产品代表作是 Z8671,其内含有的 BASIC Debug 解释程序极大地方便了用户。而美国国家半导体公司的 COP800 系列单片机则采用先进的哈佛结构。Atmel 公司把单片机技术与先进的 Flash 存储技术完美地结合起来,发布了性能相当优秀的 AT89 系列单片机。中国台湾的 Holtek 和 Winbond 等公司也纷纷加入了单片机发展行列,凭着它们廉价的优势,分享一杯羹。

1990 年,美国 Intel 公司推出的 80960 超级 32 位单片机引起了计算机界的轰动,产品相继投放市场,成为单片机发展史上又一个重要的里程碑。

此期间,单片机品种异彩纷呈,有 8 位、16 位甚至 32 位机,但 8 位单片机仍因其价格低廉、品种齐全、应用软件丰富、支持环境充分、开发方便等特点而占据主导地位。Intel



公司凭着其雄厚的技术，性能优秀的机型和良好的基础，其生产的单片机为市场中的主流产品。只不过 90 年代中期，Intel 公司忙于开发个人计算机微处理器，已没有足够的精力继续发展自己创导的单片机技术，而由 Philips 等公司继续发展 C51 系列单片机。

我国目前最常用以下厂家研制的单片机：Intel 公司（MCS-51 系列，MCS-96 系列）、Atmel 公司（AT89 系列，MCS-51 内核）、Microchip 公司（PIC 系列）、Motorola 公司（68HCXX 系列）、Zilog 公司（Z86 系列）、Philips 公司（87、80 系列、MCS-51 内核）、Siemens 公司（SAB80 系列、MCS-51 内核）、NEC 公司（78 系列）、Epson 公司（EOC88 系列）。

3. 单片机的兄弟姐妹

MCS51 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品种，如 8031、8051、8751、8032、8052、8752 等。其中，8051 是最早、最典型的产品，该系列其他单片机都是在 8051 的基础上进行功能的增减改变而来的，所以人们习惯用 8051 来称呼 MCS-51 系列单片机。而 8031 是前些年在我国最流行的单片机，所以很多场合会看到 8031 的名称。

1) MCS-51 系列单片机

MCS-51 系列单片机分为两大子系列，即 51 子系列与 52 子系列。

51 子系列：基本型，根据片内 ROM 的配置，对应的芯片为 8031、8051、8751。

52 子系列：增强型，根据片内 ROM 的配置，对应的芯片为 8032、8052、8752。

这两大子系列单片机的主要硬件特性如表 1-1-1。

表 1-1-1 常用型号单片机比较

片内 ROM 形式			ROM 大小	RAM 大小	寻址范围	I/O 特性		中断数量
无	ROM	EPROM				计数器	并行口	
8031	8051	8751	4 KB	128 B	64 KB	2×16	4×8	5
80C31	80C51	87C51	4 KB	128 B	64 KB	2×16	4×8	5
8032	8052	8752	8 KB	256 B	64 KB	3×16	4×8	6
80C32	80C52	87C52	8 KB	256 B	64 KB	3×16	4×8	6

从上表中可以看到，8031、80C31、8032、80C32 片内是没有 ROM 的，而且可以发现，51 系列单片机的 RAM 大小为 128 B，52 系列单片机的 RAM 大小为 256 B；51 系列的计数器为 2 个 16 位计数器，52 系列的计数器为 3 个 16 位计数器；51 系列的中断源为 5 个，52 系列的中断源为 6 个。

2) 8051 与 80C51 的区别

80C51 是在 8051 的基础上发展起来的，也就是说在单片机的发展过程中先有 8051，后有 80C51。

8051 与 80C51 从外形看是完全一样的，其指令系统、引脚信号、总线等完全一致（完全兼容），也就是说在 8051 下开发的软件完全可以在 80C51 上应用，在 80C51 下开发的软件也可以在 8051 上应用。这两种单片机是可以完全互相移植的。



既然这两种单片机外形及内部结构都一样,那它们之间的主要差别在哪里呢?8051与80C51的主要差别在于芯片的制造工艺上。80C51的制造工艺在8051的基础上进行了改进。

8051系列单片机采用的是HMOS工艺,速度高、密度高。

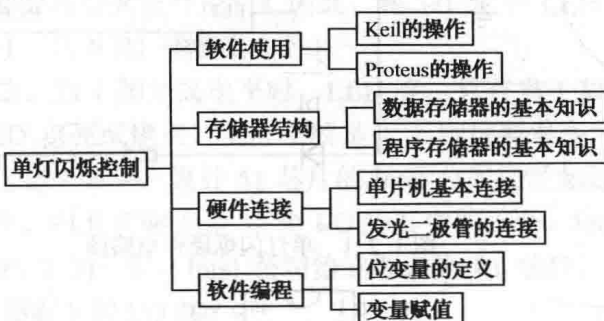
80C51系列单片机采用的是CHMOS工艺,速度高、密度高、功耗低。

也就是说,80C51是一种低功耗单片机。

Intel公司将MCS-51的核心技术授权给了很多其他公司,所以有很多公司在做以8051为核心的单片机,当然,功能或多或少有些改变,以满足不同的需求。其中,AT89C51就是这几年在我国非常流行的单片机,它是一种带4KB闪烁可编程可擦除只读存储器(Flash Programmable and Erasable Read Only Memory, FPEROM)的高性能单片机,可擦除只读存储器可以反复擦除100次。与工业标准的MCS-51指令集和输出引脚相兼容。它是由美国Atmel公司开发生产的。以后本书将用AT89C51来完成一系列的实验。

任务1-2 用单片机控制一个LED的亮灭

知识分布网络



在做本任务之前,先熟悉一下在开发过程中要用到的两个开发软件,分别是Proteus软件(见附录A)和Keil软件(见附录B)。

1. 任务目标

- (1) 单片机内部结构的了解;
- (2) 单片机输入/输出的基本应用;
- (3) Keil的作用及使用方法;
- (4) 编程器的作用及使用方法;
- (5) 单片机基本连接电路(复位、晶振、EA脚、电源的连接)。

2. 任务要求

用单片机控制一个LED发光二极管不断闪烁。

3. 相关知识

下面先给出实现这个任务的硬件电路,见图1-2-1,然后分析一下这个硬件电路。

1) 单片机的基本连线

想要使用一块芯片,首先必须要知道应该怎样连线。AT89C51芯片的引脚图见图1-2-2,下面就看一看图1-2-1中是如何给它连线的。

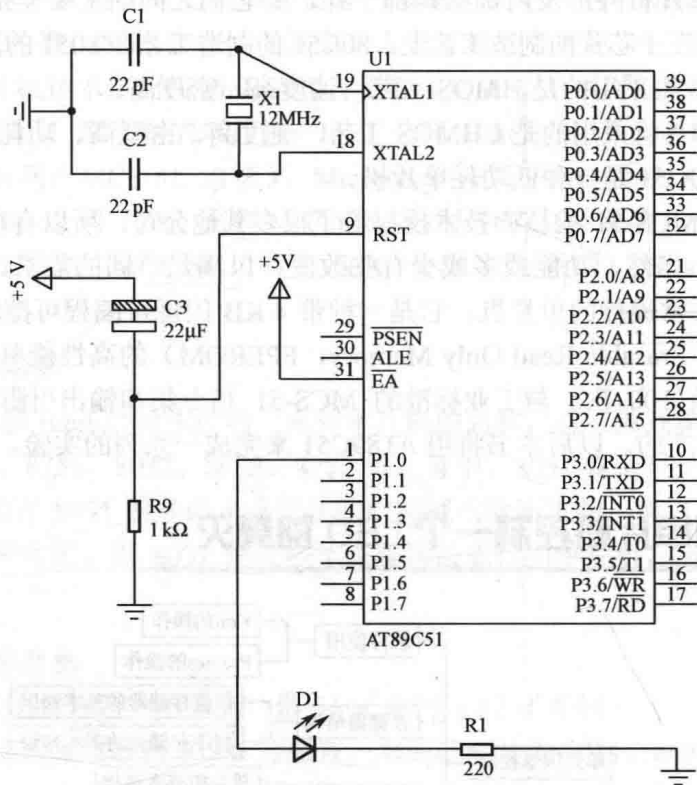


图 1-2-1 单灯闪烁硬件电路图



图 1-2-2 单片机引脚图

（1）电源：这当然是必不可少的了，任何芯片要正常工作都要连接电源。单片机使用的是+5V 电源，其中正极接 40 引脚 VCC，负极（地）接 20 引脚 GND。

注意 在 Proteus 软件中电源脚与接地脚可以不连接。

（2）振荡电路：单片机是一种时序电路，必须提供脉冲信号才能正常工作，单片机才能按照这个时序信号，一步一步地完成相关工作。在单片机内部已集成了振荡器，只要在 18、19 脚接上晶振和电容就可以产生时钟脉冲了。连接方法见图 1-2-1 中 18、19 脚的连



接。其中，两个小电容用于提高产生的振荡信号的稳定性，典型值为 22 pF。

(3) 复位引脚 (RST)：将 9 脚按图 1-2-1 中的画法连好，构成复位电路。让单片机上电就进行复位，进行电路的初始化。

(4) EA 引脚：EA 引脚接到正电源端。为什么 EA 引脚要接正电源端？可不可以接地？这些问题先记在心上，后面再慢慢给大家介绍。

至此，一个单片机的基本电路就接好了，单片机可以开始工作了。注意：单片机应用电路这几个引脚的连接方法基本都是这样的。

2) 单片机怎样控制灯的闪烁

我们的第一个任务是要用单片机控制一只发光二极管闪烁，实际上就是让单片机控制 LED 亮和灭。那么怎样才能让单片机点亮或者熄灭 LED 呢？

显然，这个 LED 必须要和单片机的某个引脚相连，否则单片机就没法控制它了，那么和哪个引脚相连呢？单片机上除了刚才基本连接用掉的 6 个引脚外，还有 34 个。其中有 32 根 I/O 线，可以将单片机内部的二进制数据（高、低电平）输出，这些 I/O 脚上输出的高、低电平可以对发光二极管的亮与灭进行控制。因此，将 D1 这个 LED 连到一根 I/O 线上，与 1 脚相连（见图 1-2-1，其中 R1 是限流电阻）。

按照图 1-2-1 的接法，当 1 脚是高电平时，LED 亮；只有当 1 脚是低电平时，LED 才灭。因此，要让这个 LED 点亮或熄灭，实际上就是让 1 脚按要求变为高电平或低电平。既然要控制 1 脚，就得给它起个名字，设计 51 芯片的 Intel 公司已经起好了，叫它 P1.0，这是规定，不可以由我们更改。P1.0 实际上是 32 个 I/O 脚其中的一个。Intel 公司将 32 根 I/O 线分为 4 组，其中 P1.0~P1.7 为一组，Intel 公司给它取名为 P1 端口，另外三组分别为 P0、P2、P3 端口，每个端口都有 8 根 I/O 线。

名字有了，怎样让 P1.0 变高或变低呢？叫人做事，跟他说一声就可以，这叫发布命令；要单片机做事，也得向单片机发命令，单片机能听得懂的命令称为单片机的指令。用 C 语言实现一个引脚输出高电平，首先要定义一个变量，如 `sbit P1_0=P1^0`，其次将变量置 1，如 `P1_0=1`；同理，用 C 语言实现一个引脚输出低电平，首先要定义一个变量，如 `sbit P1_0=P1^0`，其次将变量置 0，如 `P1_0=0`。

现在已经有办法让单片机去操作 P1.0 输出高电平或低电平了，但是怎样才能让单片机执行这条指令呢？要解决这个问题，还有以下步骤。

(1) 单片机看不懂 `P1_0=1` 之类的语句，需要把程序语句翻译成它能懂的方式，再让它去读。单片机是由数字电路组成的，数字电路里只有两种信号，高电平和低电平，分别用二进制数中的 1 和 0 来表示，单片机只懂二进制数字，因此需要把“`P1_0=1`”变为 (11010010B, 10010000B)，或者把“`P1_0=0`”变为 (11000010B, 10010000B)，至于为什么是这两个数字，这也是由 51 芯片的设计者 (Intel) 规定的，可以不用研究，并且这个翻译过程也不用人们操心，有相关的软件帮助大家完成这个工作（伟福软件或 Keil C51 都可以），后面会给大家介绍。单片机能够看懂的二进制数指令称为机器语言。

(2) 在得到这两个数字后，怎样让这两个数字进入单片机的内部呢？这要借助于一个硬件工具——编程器。通过编程器，可以将单片机能够看懂的这两个二进制数指令下载到单片机内部。



请思考一个问题：当人们在编程器中把一个指令写进单片机内部，并连上电路后，单片机就可以执行这个指令了，那么这个指令一定保存在单片机的某个地方，并且这个地方在单片机掉电后依然可以保持这个指令不会丢失，这是什么地方呢？这个地方就是单片机内部的只读存储器，即 ROM（Read Only Memory），也称为程序存储器。

为什么称它为只读存储器呢？刚才不是把两个数字写进去了吗？原来在 89C51 中的 ROM 是一种电可擦除的 ROM，称为 Flash ROM，刚才是用编程器在特殊的条件下由外部设备对 ROM 进行写操作，在单片机正常工作条件下，只能从那里面读，不能把数据写进去，所以把它称为只读存储器。

要让 LED 亮起来或熄灭，就是将编写的 C 语言程序经过编译，得到机器语言文件，再通过编程器将机器语言文件下载到单片机内部，然后接上电路就可以了。现在分析一下怎样才能让 LED 闪烁起来。

实际上就是要灯亮一段时间，再灭一段时间，也就是说要 P1.0 不断地输出高电平和低电平。怎样实现这个要求呢？请考虑下面的语句是否可行：

```
sbit P1_0=P1^0;
P1_0=1;
P1_0=0;
...
```

这是不行的，有两个问题：第一，计算机执行指令的时间很快，执行完“P1_0=1”语句后灯亮了，但在极短时间（微秒级）后，计算机又执行了“P1_0=0”语句，灯又灭了。由于人眼的反应没有这么快，所以根本分辨不出灯曾亮过。第二，在执行完“P1_0=0”语句后不会再去执行“P1_0=1”语句，LED 只亮、灭了一次，以后再也没有机会让灯亮了。

为了解决这两个问题，可以做如下设想：

第一，在执行完“P1_0=1”语句后，延时一段时间（几秒或零点几秒），让单片机的 P1.0 保持高电平状态一定时间后再执行第二个指令，就可以分辨出灯曾亮过。在执行“P1_0=0”语句后也延时一段时间，就可以看出灯曾灭过。

第二，在执行完“P1_0=0”语句后，让计算机再去执行“P1_0=1”语句，重复刚才的过程，这样不断循环，就可以实现亮灭闪烁了。

以下给出程序：

```
//程序：1-2-1.c
//功能：控制灯的闪烁
#include "reg51.h"           //包含头文件 reg51.h，定义了 MCS-51 单片机的特殊功能寄存器
#define uchar unsigned char  //宏定义 unsigned char
sbit P1_0=P1^0;              //定义位名称
void delay(void)              //延时函数（软件实现）
{   unsigned char i,j,k;      //定义无符号字符型变量 i、j 和 k
    for(i=5;i>0;i--)           //三重 for 循环语句实现软件延时
    {   for(j=200;j>0;j--)
        {   for(k=250;k>0;k--)
            {;}
        }
    }
}
```



```
    }  
}  
  
void main(void)           //主函数  
{  
    while(1)  
    {  
        P1_0=0;           //信号灯熄灭  
        delay();          //调用延时函数  
        P1_0=1;           //信号灯点亮  
        delay();          //调用延时函数  
    }  
}
```

以上双斜杠为 C 语言的注释部分，在程序编译的过程中，注释部分不会执行。

 **小贴士** “void delay (void)” 这是一段延时程序，大概延时零点几秒，至于具体的时间以后再学习如何计算。

该程序的语句，大家不用很详细地理解，在后面的章节中会系统地给大家介绍。

程序开头的 `#include "reg51.h"` 是预处理命令，指包含头文件 `reg51.h`，定义了 MCS-51 单片机的特殊功能寄存器。

3) 单片机的程序 and 数据的存放

刚才说过，指令一定保存在单片机的某个地方，并且这个地方在单片机掉电后依然可以保持指令不会丢失。这个地方就是单片机内部的只读存储器，即 ROM (Read Only Memory)，也叫程序存储器。

(1) 程序存储器：一个微处理器能够执行某种任务，除了依靠它们功能强大的硬件外，还需要使它们运行的软件。其实微处理器并不聪明，它只是完全按照人们预先编写的程序执行。而设计人员编写的程序就存放在微处理器的程序存储器中，俗称只读存储器 (ROM)。程序相当于给微处理器处理问题的一系列命令。其实程序和数据一样，都是由机器码组成的代码串，只是程序代码存放于程序存储器中。对于 AT89C51 单片机来说，内部自带了 4 KB ROM 单元，称为片内程序存储器，地址范围为 0000H~0FFFH，一般的程序都能够装下。如果编写的程序指令太多，单片机自带的片内程序存储器装不下，则可以在单片机外面用 ROM 集成块构建片外 ROM (最多 60 KB 单元，地址范围为 1000H~FFFFH)。在前面讲单片机的基本电路连接时讲到过 EA 引脚要连电源，为什么？原来 EA 引脚就是用来决定能不能使用单片机自带的片内 ROM 的，只有 EA 引脚接高电平时，才能使用片内 ROM；如果 EA 引脚接低电平，则单片机电路只能使用片外 ROM (对于内部无 ROM 的 8031 单片机，此时单片机的 $\overline{\text{EA}}$ 端必须接地)。

(2) 数据存储器：什么是数据存储器呢？可以从现实生活中找答案。如果出一道数学题 $123+567$ ，让你回答结果是多少，你会马上答出是 690。再看下面一道题 $123+567+562$ ，要你马上回答，就不这么容易了。你会怎样做呢？如果有张草稿纸，先算出 $123+567=690$ ，把 690 写在纸上，然后再算 $690+562$ ，得到结果是 1252。1252 是想要的结果，而 690 并非所要的结果，但是为了得到最终结果，必须先算出 690 并记下来，这其实是一个中间结果。计算机运算和这个类似，为了得到最终结果，往往要做很多的中间结果，这些中间结



果要有个地方存放，把它们放到哪里呢？放在前面提到过的 ROM 中显然不行，因为计算机要将结果写进去，而 ROM 在单片机正常工作状态下是不可以写的，所以在单片机中另有一个区域称为 RAM 区（RAM 是“随机存取存储器”的英文缩写），也称为数据存储器，有点像之前举例中的草稿纸，它可以将数据写进去、读出来。特别地，在 MCS-51 单片机中，将 RAM 中分出一块区域，称为工作寄存器区，工作寄存器区有 32 个存储单元，每 8 个存储单元分为一组，一共 4 组，单片机在工作时通过一定的方式选择其中的一组作为工作寄存器，分别用 R0, R1, …, R7 来表示，共 8 个数据存储器单元，用来存放数据，这 8 个存储器是使用得最多的数据存储器。

下面来系统地介绍一下片内 RAM。8051 的片内 RAM 共有 256 个单元，通常把这 256 个单元按其功能划分为两部分：低 128 单元（单元地址为 00H~7FH）和高 128 单元（单元地址为 80H~FFH）。

（1）片内 RAM 低 128 单元的配置如表 1-2-1 所示。

表 1-2-1 片内 RAM 低 128 单元的配置

地 址	功 能
30H~7FH	数据缓冲区
20H~2FH	位寻址区（00H~7FH）
18H~1FH	工作寄存器 3 区（R7~R0）
10H~17H	工作寄存器 2 区（R7~R0）
08H~0FH	工作寄存器 1 区（R7~R0）
00H~07H	工作寄存器 0 区（R7~R0）

低 128 单元是单片机的真正 RAM 存储器，可由人们任意使用，相当于前面讲的草稿纸，按其用途划分为三个区域。

① 寄存器区：寄存器区共有 4 组寄存器，每组 8 个寄存单元（各为 8 位），单片机选用这 4 组中的一组 8 个寄存单元作为 R0, R1, …, R7，也称它们为工作寄存器。CPU 到底选 4 组中的哪一组作为 R0, R1, …, R7 由一个专用寄存器 PSW 中的 RS1 和 RS0 位的状态组合来决定。

通用寄存器为 CPU 提供了就近数据存储的便利，有利于提高单片机的运算速度。此外，使用通用寄存器还能提高程序编制的灵活性，因此在单片机的应用编程中应充分利用这些寄存器，以简化程序设计，提高程序运行速度。

② 位寻址区：内部 RAM 的 20H~2FH 单元，既可作为一般 RAM 单元使用，进行字节操作，也可以对单元中每一位进行位操作，每一位都有自己的一个编号（位地址），因此把该区称为位寻址区。位寻址区共有 16 个 RAM 单元，计 128 位，位地址为 00H~7FH。51 单片机某些存储器具有位处理功能（也叫布尔处理功能），前面介绍的 sbit 语句实际上就是一个位操作处理语句，这种位处理能力是 MCS-51 的一个重要特点。表 1-2-2 为片内 RAM 位寻址区的位地址表。

③ 用户 RAM 区：在内部 RAM 低 128 单元中，通用寄存器占去 32 个单元，位寻址区占去 16 个单元，剩下 80 个单元，这就是供用户使用的一般 RAM 区，其单元地址为 30H~7FH，可由用户自由使用。