



国家教育部提升专业服务能力项目
机电一体化技术专业核心课程建设规划教材

单片机 应用技术

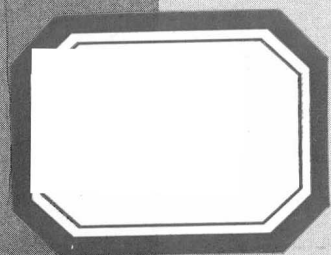
主 编 ● 李会军 肖前军
副主编 ● 陈媛媛 张晓琴
主 审 ● 易 谷

DANPIANJI YINGYONG

JISHU



西南交通大学出版社



国家教育部提升专业服务能力项目
机电一体化技术专业核心课程建设规划教材

单片机 应用技术

主 编◎李会军 肖前军
副主编◎陈媛媛 张晓琴
主 审◎易 谷

西南交通大学出版社
· 成 都 ·

图书在版编目(C I P)数据

单片机应用技术 / 李会军, 肖前军主编. —成都:
西南交通大学出版社, 2015.1

国家教育部提升专业服务能力项目 机电一体化技术
专业核心课程建设规划教材

ISBN 978-7-5643-3594-6

I. ①单… II. ①李… ②肖… 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 (2014) 第 285572 号

国家教育部提升专业服务能力项目
机电一体化技术专业核心课程建设规划教材

单片机应用技术

主编 李会军 肖前军

责任编辑	张华敏
特邀编辑	蒋雨杉 唐建明 鲁世钊
封面设计	何东琳设计工作室
出版发行	西南交通大学出版社 (四川省成都市金牛区交大路 146 号)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	http://www.xnjdcbs.com
印 刷	成都勤德印务有限公司
成品尺寸	185 mm × 260 mm
印 张	12.75
字 数	335 千字
版 次	2015 年 1 月第 1 版
印 次	2015 年 1 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-3594-6
定 价	38.50 元

课件咨询电话: 028-87600533

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

单片机应用技术是高职高专电类专业的重要专业课程，也是电子领域技术人员必备的核心基本技能。本书是根据国家对高职高专人才培养的目标要求，通过广泛而深入的行业调研，并邀请行业一线专家共同研究编写而成的。

本书以实际的单片机项目开发流程为主线，按照 CDIO 人才培养模式的课程教学要求，将教学内容分解为五个连贯的项目和工作情景，以相关连贯的项目为单位组织教学，通过具体典型的应用案例，依照单片机产品项目开发实施的实际顺序逐步展开，让学生在学习相关专业理论知识的同时，牢固掌握单片机应用技能，在技能训练过程中加深对专业知识、职业技能的理解并提高综合应用能力，满足今后职业生涯发展的需要。

在内容安排上，将日常生活中的“交通灯”作为单片机小型应用系统的项目载体，将每个项目拆分在各个学习任务教学阶段进行，后续的各个项目教学也紧扣“交通灯”应用系统，通过逐步完成项目的各个部分，让学生最终掌握单片机应用技术的强大功能，培养应用单片机开发设计产品的兴趣。在教学实施中，采用以单片机实验开发板为主体的项目化教学模式，实验开发板以可灵活扩展的电路板形式，涵盖了单片机应用系统的各个部分，可以根据需要进行教学扩展，充分激发学生学习单片机的兴趣和热情。这种创新改变了单片机教学的传统模式，克服了以往实验教学与实际应用脱节的现象，使单片机课程的理论教学与实际工程应用做到了真正的紧密结合。

通过本课程的学习，学生应掌握单片机的内部结构、工作原理、编程技巧和接口技术等方面的知识，获得有关单片机小型应用系统的基本理论知识及应用技能，掌握单片机应用系统各环节的设计、制作与调试方法，具备在相关专业领域应用单片机技术的初步能力，能够初步完成单片机小型应用系统的硬件电路设计及应用程序的编写，掌握单片机软硬件联合调试、故障排除的技能，掌握单片机小型系统开发的基本流程，为将来从事与单片机相关的产品设计开发与产品维护工作打下扎实的专业基础。

本书可作为高等职业院校电子、电气、计算机控制、机电一体化等专业的教材，也可供其他专业的师生及有关工程技术人员参考，还可作为中等职业学校相关专业的提高性教材。

本书由重庆工业职业技术学院的李会军、肖前军主编。本书的编写思路与编写大纲由李会军提出，并编写了项目一、项目二以及项目三的第一个学习任务；肖前军编写了项目四和项目五的第一个学习任务；陈媛媛编写了项目三的其余几个学习任务；张晓琴编写了项目五的其余几个学习任务以及附录部分。全书由李会军统稿，由易谷审定。

在本书的编写过程中，中兴通信重庆研究所冉茂国高级工程师、中国电子科技集团公司 44 研究所李波工程师、华为赛门铁克科技有限公司王锋博工程师提出了很多宝贵意见，编者所在单位各级领导和很多老师也给予了很大的支持与帮助，在此一并表示衷心的感谢！

在本书的编写过程中，我们还参考了相关领域专家及同行的部分著作和文献资料，在此也表示衷心的感谢。

本书在内容组织方面进行了大胆的创新和尝试，但由于作者水平有限，加之经验不足，书中难免存在欠妥甚至错误之处，恳请同行专家批评指正。

编 者

2014 年 9 月

目 录

项目一 交通灯信号指示电路的设计与制作	1
项目描述	1
项目分析	1
项目分解与实施	3
任务一 单片机最小系统电路的设计与制作	3
任务二 Keil C51 软件的编程与调试	18
任务三 Proteus 仿真软件的使用与调试	36
任务四 发光二极管交通指示电路的设计与制作	49
项目二 交通灯时间显示电路的设计与制作	65
项目描述	65
项目分析	65
项目分解与实施	66
任务一 单个七段数码管显示电路的设计与制作	66
任务二 2 位七段数码管显示电路的设计与制作	77
任务三 4 位七段数码管显示电路的设计与制作	83
项目三 交通灯时间控制电路的设计与制作	92
项目描述	92
项目分析	92
项目分解与实施	93
任务一 按钮开关中断控制电路的设计与制作	94
任务二 矩阵键盘扫描电路的设计与制作	103
任务三 60 秒定时器的设计与制作	110
项目四 交通控制系统通信电路的设计与制作	130
项目描述	130
项目分析	130
项目分解与实施	131
任务一 串口点对点通信电路的设计与制作	131
任务二 单片机多机通信电路的设计与制作	144
任务三 单片机其他通信电路的设计与制作	149

项目五 智能交通综合控制系统的设计与制作	158
项目描述	158
项目分析	158
项目分解与实施	159
任务一 温度检测电路的设计与制作	159
任务二 液晶显示电路的设计与制作	168
任务三 数据存储电路的设计与制作	177
任务四 温度检测与液晶显示电路的设计与制作	185
附录一 实验开发板与元器件清单	195
附录二 单片机常用 Proteus 元件库	197
参考文献	198

项目一 交通灯信号指示电路的设计与制作

★ 项目描述

在城乡街道的很多路口，特别是十字交叉路口，为了保证行人安全和交通秩序顺畅，一般在每条道路和人行横道上各装有一组红、黄、绿交通信号灯。其中红灯亮，表示该条道路禁止通行；黄灯亮，表示该条道路上未过停止线的车辆禁止通行，已过停止线的车辆继续通行；绿灯亮，表示该条道路允许通行。智能的交通信号灯指挥着各种车辆和行人的安全通行，实现红、黄、绿灯的自动指挥是城乡交通管理现代化的重要课题。

本项目采用常见的发光二极管来模拟城乡街道的交通信号指示灯，利用 51 单片机的输入/输出端口来控制红色、黄色、绿色三种发光二极管的发光状态，模拟实现一个简单的交通指示灯控制电路来自动控制红、黄、绿交通灯的状态转换。

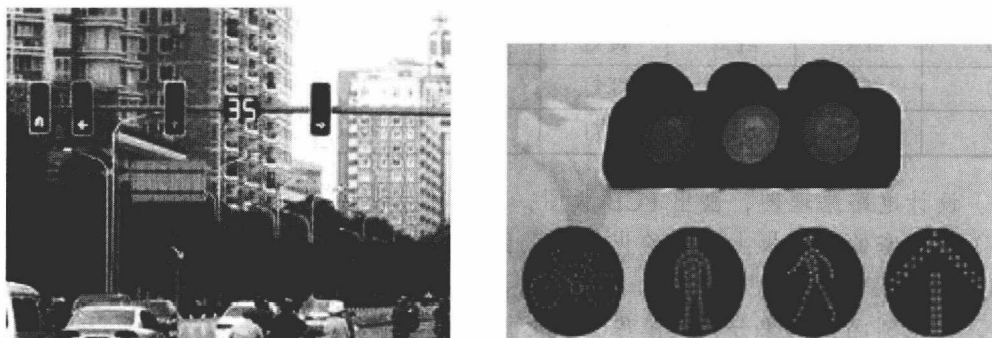


图 1.1 交通信号灯示意图

★ 项目分析

1. 工作任务

设计一个 51 单片机的最小系统电路，并在此基础上按照项目设计要求构成交通灯信号指示电路，在与本课程配套的实验板上制作出硬件电路并下载相关应用编程软件进行编程调试，使由发光二极管构成的三种指示灯（红色、黄色、绿色）按照要求进行指示。

2. 项目任务要求

(1) 通过学习相关知识，选定合适的 51 单片机型号和其他需要的元器件，设计一个 51 单片机的最小系统电路，在此基础上通过单片机输入/输出端口来控制红、黄、绿三种颜色的发光二极管，构成一个简易十字路口交通灯信号指示电路，分别模拟南北方向和东西方向各个路口的交通灯运行状况。

(2) 实验板的输入电源电压为直流 5 V，红、黄、绿发光二极管均采用 $\phi 5\text{ mm}$ 的高亮

度发光二极管，工作电压 $1.8 \sim 2.1 \text{ V}$ ，工作电流 $15 \sim 25 \text{ mA}$ ，合理选择其他电路元器件，通过学习相关知识或者查找资料了解所选用的电路元器件的主要性能特点及管脚排列。

(3) 每次绿灯变换为红灯前，要求先亮黄灯 3 s 后，才能变换，以免造成交通安全隐患。

(4) 具有一个启动开关按钮，按下之后进入正常工作模式。

(5) 在正常工作模式下，各条道路的红、黄、绿灯光变换按照表 1.1 要求的 10 种状态进行切换，依次循环。

表 1.1 各个方向的指示灯状态表

方向 状态	东西方向			南北方向			各方向 人行道	时间
	左转	直行	右转	左转	直行	右转		
①	红灯	绿灯	绿灯	红灯	红灯	绿灯	红灯	25 s
②	红灯	黄灯	绿灯	红灯	红灯	绿灯	红灯	3 s
③	绿灯	红灯	绿灯	红灯	红灯	绿灯	红灯	20 s
④	黄灯	红灯	绿灯	红灯	红灯	绿灯	红灯	3 s
⑤	红灯	红灯	绿灯	红灯	绿灯	绿灯	红灯	25 s
⑥	红灯	红灯	绿灯	红灯	黄灯	绿灯	红灯	3 s
⑦	红灯	红灯	绿灯	绿灯	红灯	绿灯	红灯	20 s
⑧	红灯	红灯	黄灯	黄灯	红灯	黄灯	红灯	3 s
⑨	红灯	红灯	红灯	红灯	红灯	红灯	绿灯	15 s
⑩	红灯	红灯	红灯	红灯	红灯	红灯	黄灯	3 s

(6) 设计电路原理图，画出 PCB 版图，看懂项目指导老师给出的装配图。

(7) 在配套的实验板上按照给出的装配图进行电路元件装配焊接，编写软件程序，运用 Keil C51 和 Proteus 软件进行软件程序编译、模拟仿真与调试下载，进行软件、硬件联合调试，并根据测试现象分析故障原因。

(8) 编写相关的技术文档及工艺文档。包括：产品的功能说明；方案选择报告；产品电路原理图及分析；工具、测试仪器仪表、元器件及材料清单；电路板上的电路布局图（参见附录一的实验开发板）；电路装配的工艺流程说明；调整测试记录；测试结果分析；现场介绍所需的幻灯演示文稿。

(9) 将实验板上装配的发光二极管模拟城乡街道交通信号灯控制电路上电模拟演示，并现场介绍功能。

3. 本项目对能力的要求

- (1) 能进行工作场所安全生产排查和采取相应措施。
- (2) 会描述单片机的系统构成和特点。
- (3) 会区分单片机的不同封装和引脚排列以及各自特点。
- (4) 能画出 51 单片机的最小系统电路的构成。
- (5) 会描述单片机的内部结构和工作方式。
- (6) 能使用 Keil C51 软件进行简单程序的编写与调试。
- (7) 能使用 Proteus 仿真软件进行单片机电路的仿真和调试。

(8) 能进行发光二极管交通指示电路的安装、调整和测试,并能进行正确的分析。

(9) 能与他人合作、交流完成电路的设计、电路的组装与测试等任务,能初步通过协作、创新的精神来解决问题。

★ 项目分解与实施

根据以上对项目的分析,依据循序渐进的原则,从能够搭建一个单片机最小系统电路开始,然后到能用 Keil C51 软件对单片机控制发光二极管(LED)电路进行软件的编程与调试,再到能用 Proteus 仿真软件进行仿真,最后实现红、黄、绿发光二极管交通信号指示电路的设计与制作。

因此,按照先简单后复杂的顺序对本项目进行分解,包括以下四个学习任务:

- (1) 单片机最小系统电路的设计与制作。
- (2) Keil C51 软件的编程与调试。
- (3) Proteus 仿真软件的使用与调试。
- (4) 发光二极管交通指示电路的设计与制作。

任务一 单片机最小系统电路的设计与制作

【任务要求】

根据 51 单片机的最小系统电路构成,设计与制作出 51 单片机的最小系统电路主板,并运用单片机的相关理论知识在实验板上对单片机最小系统电路进行调试与检测。

本任务的具体要求如下:

- (1) 选出适合本项目的单片机芯片以及其他相关电子元器件。
- (2) 根据设计要求,设计单片机的电源电路、时钟电路、复位电路以及其他接口电路。
- (3) 能用装配工具焊接、制作出单片机最小系统电路的电路板。
- (4) 能用万用表、示波器等仪器仪表检测电子元器件和相关电路,会在实验板上调试单片机最小系统电路。
- (5) 能团队协作解决设计与制作中遇到的问题。

【相关知识】

一、为什么要学习单片机

当今社会,应用单片机的电子产品已经渗透到日常生活的各个领域,几乎很难找到哪个领域没有单片机的踪迹。现在,单片机的应用领域已十分广泛,比如智能仪表、实时工控、机电一体化、家用电器、通信设备、导航系统等,都离不开单片机的控制。

早期的大部分电子仪器和设备不是成本太高就是电路复杂,工程师设计它要花很长的时间,维护它也要花很多的精力,想要更改或者升级它的功能就更加困难了。而单片机具有强大的功能和扩展性,完成这些工作得心应手。单片机只用一片集成电路,就可以进行简单的逻辑运算和控制,它在整个装置中起着核心的作用,各种产品一旦用上了单片机,就能起到使产品

升级换代的功效，常在产品名称前冠以形容词——“智能型”，如智能型洗衣机等。现在有些企业的技术人员设计出来的某些产品，不是电路太复杂，就是功能太简单且极易被仿制。究其原因，可能就在于产品未使用单片机或其他可编程逻辑器件。

目前，应用单片机技术开发具有智能特点的产品已经成为电子设计的一种潮流，因为采用单片机技术设计的电路简单、性价比高、功能强大。单片机的广泛应用也是电子产品向智能化方向发展的必然趋势。

学会使用单片机是社会发展对相关专业大学生的必然要求，也是电子爱好者和机电、电子、电气工程师的基本必修技能。随着社会的发展，我国对单片机技术工程师岗位的需求越来越多，据资料统计，截至 2013 年年底，我国需求有经验的单片机从业人员达 250 万人。行业迫切需要具有实践经验的单片机应用技术人员与工程师，单片机技能人才在未来社会也将更为抢手。

二、如何学习单片机

学习使用单片机需要理解单片机的硬件结构以及内部资源的使用方法，在熟悉编程语言的基础上学会单片机各种接口电路的编程技巧，从而实现对硬件电路各种功能的程序控制。那么，怎样才能学好单片机呢？下面介绍几点技巧。

（一）理论是基础

首先要掌握理论知识，必须要了解单片机的基本原理以及其寄存器、外部中断、定时器、串口等的功能和特点。建议初学者将 51 单片机作为入门级芯片来学习，因为：

（1）51 单片机内部结构简单，非常适合初学者学习，而且它的技术资料比较齐全，用户也较多，市场占有率也很大。由于其拥有大量的用户和技术资料，不论是入门还是熟练使用它都相对比较容易，能使初学者很快收到事半功倍的学习效果，并且在学习了 51 内核的单片机之后，再学习使用其他内核的单片机就变得相对简单了。

（2）51 内核单片机（指具有 MCS-51 CPU 的单片机）是 20 世纪 70 年代由 Intel 公司研发并于 80 年代被广泛应用的单片机，同时期还有 Zilog 公司的 Z8 单片机，但是不久就因为公司的策略原因退出了市场。与 MCS-51 内核单片机同期的比较有名的还有 Motorola 公司的 6805 内核、Zilog 公司的 Z8 内核、NSC 公司的 Cop8 内核，还有比 MCS-51 内核更早的 MCS-48 内核，等等。但如今还在大规模生产使用的 8 位内核就只剩下 MCS-51 内核了。之所以如此，主要是因为当时 Intel 公司开放了 51 内核的授权，至今众多的授权和非授权供应商开发了超过万种的 51 内核或兼容 51 内核的单片机，而且 51 内核相当稳定，指令集比较合理，性价比高，适应性强，这使得大多数研发人员都愿意选用它，市场普及率极高。

（二）重视动手实践

理论不是全部，需要实践去验证。单片机这门课是非常重视动手实践的，在掌握理论知识的同时，要积极地动手实践。单片机属于硬件，只有把硬件摆在面前，亲自操作它，才会有深刻的体会，也才能掌握它。要把更多的时间放到动手实践中去，在实践过程中有不懂之处再查书，这样记忆才深刻。单片机与其说是学出来的，还不如说是做实验练出来的，何况做实验本身也是一种学习过程。边学边练的学习方法效果特别好。

比如，在一个单片机开发板上先实现最简单的功能，如做一个流水灯、数码管显示等；实

现简单的功能后，再逐步尝试完成稍微复杂的程序，例如矩阵键盘、中断控制、串口通信、液晶显示等；在上述功能都可以实现之后，如果对硬件熟悉，可以自己尝试制作一个多功能的单片机开发板；最后实际动手做出一个合格的产品，这是检验自己单片机技能的唯一标准。在这个过程中，遇到不懂的问题要先思考，自己查找硬件和软件上的原因。实在找不到解决办法时，可以请教老师和项目组其他同学，也可以在网上众多的单片机学习论坛中和其他人交流学习来获得经验。

（三）选择合适的编程语言

简单地说，使用单片机实际上就是编写软件去控制单片机的各个功能寄存器以及控制单片机相应引脚输出电平的高、低，由这些高、低变化的电平来控制外围接口电路，实现人们需要的各种功能。

单片机编程用 C 语言或汇编语言都可以，但是建议用 C 语言比较好。如果同学们有 C 语言的基础，则学起来会更快，如果没有，也可以边学单片机边学 C 语言。C 语言的可读性好，移植容易，易学易用，是普遍使用的一种计算机语言。汇编语言写程序代码效率高，但相对难度较大，而且很烦琐，尤其是遇到算法方面的问题时编程非常麻烦。现在单片机的主频在不断提高，人们完全不需要那么高效率的代码，因为有高频率的时钟，单片机的 ROM 空间也在不断提高，足够装下用 C 语言编写的复杂代码，C 语言的资料又多又好找，可移植性非常好，所以建议初学者使用 C 语言进行单片机编程。

三、单片机以及 51 单片机概述

（一）什么是单片机

现在你可能根本不知道什么是单片机，没关系。不过你应该熟悉并经常使用个人电脑吧？个人电脑的另一个名字是微型计算机，微型计算机系统一般包括中央处理单元（CPU）、存储器（Memory）以及输入/输出设备（I/O）三大部分。CPU 控制整个系统的运行；存储器存放运行的程序和数据；输入/输出设备是微型计算机系统与外部接口沟通和联系的通道。

单片微型计算机（即单片机）就是把中央处理单元（CPU）、存储器（Memory）、输入/输出设备（I/O）等全部集成在一个芯片里，外面再加上几个电阻器、电容器、晶体等，就成为一整个完整的微型计算机系统。如图 1.2 所示就是单片机微控制器的结构示意图。

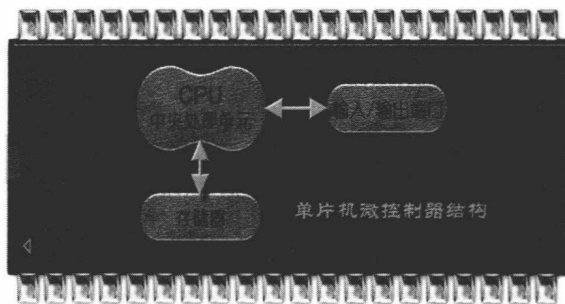


图 1.2 单片机微控制器的结构示意图

所以说，单片机实际上就是一块单片集成芯片，但这块集成芯片具有强大的特殊功能，可以通过编写一些软件代码（编程）写进它的存储器来控制其输入/输出端口，进而控制与单片机

各个引脚相连的外围电路的电气状态。由于单片机的主要功能是控制，因此不太在乎存储器的大小和位数，而强调其输入/输出控制功能。

（二）51 单片机的标号信息与封装

MCS-51 单片机是指由美国 Intel 公司生产的一系列单片机的总称。Intel 公司的 MCS-51 系列单片机是 8 位的，这一系列单片机包括了很多品种，如 8051、8052、8951、8952 等。其中 8051 是 MCS-51 系列单片机中最早、最典型的产品，该系列其他单片机都是在 8051 的基础上进行功能增加、改变而来的，所以人们习惯用 8051 来称呼 MCS-51 系列单片机。

Intel 公司将 MCS-51 的核心技术授权给了很多其他公司，所以目前有很多公司在生产以 8051 为内核的单片机，当然功能或多或少有些改变，以满足不同的需求。其中 STC89C51RC 系列芯片是这几年在我国非常流行的单片机，它是由我国宏晶科技公司（STC）开发生产的。宏晶科技是我国新一代增强型 8 位单片机标准的制定者和领导厂商，以后我们将用 STC89C51RC（或者 STC89C52RC）来完成一系列项目的设计和制作。

国外有很多芯片生产厂商都在生产 51 单片机，这些主要生产厂商及其生产的 51 单片机芯片如表 1.2 所示。

表 1.2 51 单片机的主要生产厂商及产品

公 司	产 品
STC	STC89C51RC, STC89C52RC, STC89C53RC, STC89LE51RC, STC89LE52RC, STC12C5412AD 等
Atmel	AT89C51, AT89C52, AT89C53, AT89C55, AT89LV52, AT89S51, AT89S52 等
Philips	P80C54, P80C58, P87C54, P87C58, P87C524, P87C528 等
Winbond	W78C54, W78C58, W78E54, W78E58 等
Intel	i87C54, i87C58, i87L54, i87L58, i87C51FB, i87C51FC 等
Siemens	C501-1R, C501-1E, C513A-H, C503-1R, C504-2R 等
Silicon Labs	C8051F020, C8051F040, C8051F310, C8051F320, C8051F340, C8051F410 等

在 51 单片机的芯片封装上都印有关于芯片的标号信息。关于芯片上的标号信息可以举一个例子说明，其他厂商大同小异。以下以一个 STC 单片机芯片为例，比如芯片上的全部标号为：STC 89C52RC 40I-PDIP 1308H4W377.90C。其标识分别解释如下：

STC——前缀，表示芯片为 STC 公司生产的产品。其他前缀还有 AT、i、W、SST 等。

8——表示该芯片为 8051 内核芯片。

9——表示内部含 Flash E²PROM 存储器。还有如 80C51 中 0 表示内部含 Mask ROM（掩模 ROM）存储器；如 87C51 中 7 表示内部含 EPROM 存储器（紫外线可擦除 ROM）。

C——表示该器件为 CMOS 产品。还有如 89LV52 和 89LE58 中的 LV 和 LE 都表示该芯片为低电压产品（通常为 3.3 V 电压供电）；而 89S52 中的 S 表示该芯片含有可串行下载功能的 Flash 存储器，即具有 ISP 可在线编程功能。

5——固定不变。

1——表示该芯片内部程序存储空间的大小，1 为 4 KB，2 为 8 KB，3 为 12 KB，即该数乘上 4 KB 就是该芯片内部的程序存储空间大小。程序空间大小决定了一个芯片所能装入执行代

码的多少。

RC——STC 单片机内部 RAM（随机读写存储器）为 512 B。

40——表示芯片外部晶振最高可接入 40 MHz。对 AT 单片机数值一般为 24，表示其外部晶振最高为 24 MHz。

I——产品级别，表示芯片使用温度范围。I 表示工业级，温度范围为 $-40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ ；C 表示商业级，温度范围为 $0^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$ ；M 表示军品级，温度范围为 $-55^{\circ}\text{C} \sim +150^{\circ}\text{C}$ 。另外还有一些器件为汽车工业级 A，温度范围为 $-40^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$ 。

PDIP——产品封装型号。PDIP 表示双列直插式。

1308——表示本批芯片生产日期为 2013 年第 8 周。

H4W377.90C——表示芯片制造与处理工艺。

89C51 单片机的器件封装方式有 PDIP40 封装、QFP 封装、PLCC 封装三种，而 89S51 的器件封装方式除了这三种外，还有 PDIP42 器件封装。下面对封装方式进行说明。

89C51/89S51 的最常见封装为 40 个引脚双列并排直插的 PDIP40，如图 1.3 所示。这种封装与 Intel 公司的 MCS-51 封装完全兼容，PDIP40 刚好可插在面包板或标准 40pin 的底座上。PDIP40 与 PDIP42 除引脚数量不同外，尺寸差异也很大。

除此之外，还有 QFP 和 PLCC 封装的单片机，如图 1.4 所示。



图 1.3 PDIP40 封装的单片机

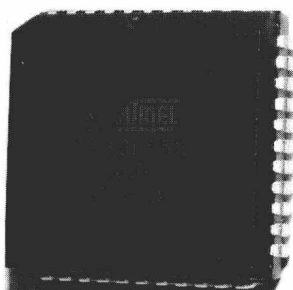
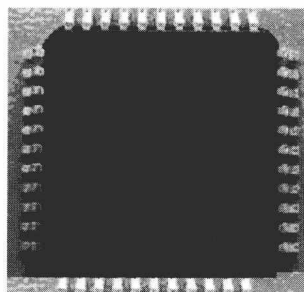


图 1.4 QFP 和 PLCC 封装的单片机

对于 PDIP40 封装的单片机，它的管脚顺序为：我们正对芯片有标号信息的一面，弧形凹口朝上，左上方有个圆点记号的引脚为第 1 脚，按照逆时针排序，分别为第 2, 3, …, 40 脚。相邻两个引脚间距为 2.540 mm (100 mil)，器件长度为 52.578 mm，而两排引脚的间距为 15.875 mm，器件厚度为 4.826 mm（不含引脚）。它特别适合学校培训和行业研发使用。不过，由于针脚式封装体积较大，电路板制作成本较高，目前在功能复杂的产品中使用受到限制。

除了 PDIP42 封装以外的单片机，89S51 与 89C51 完全兼容，本书将以 PDIP40 封装的 STC89C51RC 为探讨对象来学习 51 单片机。

PDIP40 封装的 STC89C51RC 有 40 个引脚，要学习 51 单片机，建议大家记住这 40 个引脚的名称和各自功能，如图 1.5 所示，简要说明如下。

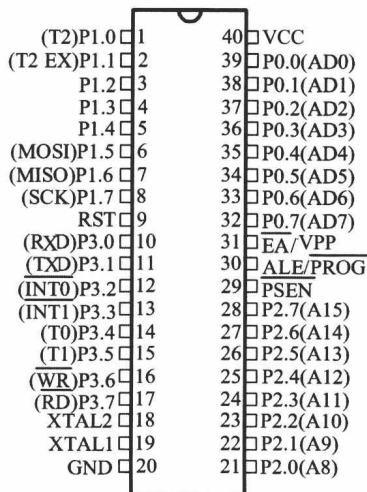


图 1.5 PDIP40 封装单片机的引脚排列

1. 电源引脚（第 20 脚、第 40 脚）

几乎所有集成电路芯片都需要连接电源，而 8951 的电源引脚与大部分数字 IC 的电源引脚类似，右上角接电源 VCC、左下角接地 GND。所以 8951 的 40 脚为 VCC 引脚，连接+5V±10% 直流电源；20 脚为 GND 引脚，必须接地。

2. 复位引脚（第 9 脚）

为了防止微控制器在运行过程中死机或者程序跑飞，几乎所有微控制器都需要复位（Reset）的操作。对于 8951 单片机而言，只要复位引脚接高电平超过两个机器周期（约 2 μ s），即可产生复位的操作。而 DIP40 封装的 8951 单片机的复位引脚为第 9 脚。

3. 时钟引脚（第 18 脚、第 19 脚）

微控制器都需要时钟脉冲，对于 8951 单片机而言，在接地引脚上方的两个引脚即第 19 和 18 脚，就是时钟脉冲引脚，分别是 XTAL1、XTAL2。

4. 程序存储器选择引脚（第 31 脚）

8951 内部有程序存储器，外部也可接程序存储器。使用内部程序存储器还是外部程序存储器，则需要根据第 31 脚的接法决定。第 31 脚就是 $\overline{EA}$ 引脚，当 $\overline{EA}=1$ 时，系统使用内部程序存储器；当 $\overline{EA}=0$ 时，系统使用外部程序存储器。由于大多数情况编程人员编写的程序代码不是非常复杂，只需要使用内部程序存储器就够用了，所以通常把第 31 脚直接接 VCC。

5. 外部存储器控制引脚（第 29 脚、第 30 脚）

$\overline{EA}$ 引脚下面的两个引脚（第 29、30 脚）是外部存储器控制引脚，这两个引脚与 $\overline{EA}$ 引脚有点类似，是针对外部存储器的控制引脚。相对于其他引脚，第 29 脚和第 30 脚比较难以说明。不过只要不使用外部存储器，就可当它们不存在（不接）。

第 29 引脚为 $\overline{PSEN}$ 引脚，即外部程序存储器读选通信号输出端，在从外部程序存储器取指令（或数据）期间，在每个机器周期内两次有效。

第 30 引脚 ALE 在系统扩展时用于控制把 P0 口的输出低 8 位地址送锁存器锁存起来，以实现低位地址和数据的隔离。ALE 引脚以振荡器频率的 1/6 频率，周期性地发出正脉冲信号。因此，它可用于定时目的，用作对外输出时钟，也可用于检测单片机是否正常工作。

6. 32 个输入/输出引脚（P0.0 ~ P0.7、P1.0 ~ P1.7、P2.0 ~ P2.7、P3.0 ~ P3.7）

（1）P0 口（P0.0 ~ P0.7 分别对应第 39 引脚 ~ 第 32 引脚），是一个 8 位漏极开路型双向 I/O 口，P0 口能以吸收电流的方式驱动 8 个 LS 型 TTL 负载。P0 口当用作输出功能时，每个管脚外部需要接 10 k Ω 的上拉电阻。在访问外部存储器时，它是分时传送的低字节地址和数据总线。

（2）P1 口（P1.0 ~ P1.7 分别对应第 1 引脚 ~ 第 8 引脚），是一个带有内部上拉电阻的 8 位准双向 I/O 口，每个引脚能驱动（吸收或输出电流）四个 LS 型 TTL 负载。

（3）P2 口（P2.0 ~ P2.7 分别对应第 21 引脚 ~ 第 28 引脚），是一个带有内部上拉电阻的 8 位准双向 I/O 口，每个引脚可以驱动（吸收或输出电流）四个 LS 型 TTL 负载。在访问外部存储器时，它输出高 8 位地址。

（4）P3 口（P3.0 ~ P3.7 分别对应第 10 引脚 ~ 第 17 引脚），是一个带有内部上拉电阻的 8 位准双向 I/O 口，每个引脚能驱动（吸收或输出电流）四个 LS 型 TTL 负载。

四、单片机的最小系统电路

所谓单片机的“最小系统电路”，是指单片机电路工作不可或缺的基本电路。所以，掌握单片机的最小系统电路对我们完成本学习任务是十分必要的。单片机的最小系统电路也称单片机基本电路，包括四个部分，即电源电路、时钟电路、复位电路及存储器设置电路。单片机最小系统电路的接法详见如下说明。

（一）连接电源

8951 单片机电路正常工作首先需要外接电源，将第 40 脚接电源 VCC，也就是 +5 V 电源，第 20 脚接地 GND。

（二）再接时钟电路

8951 内部已具备振荡电路，只要在 20 引脚（GND）上方的两个引脚（即第 18、19 脚）连接简单的石英晶体振荡器和合适大小（22~38 pF）的电容即可。至于 8951 的时钟脉冲频率，目前的 MCS-51 单片机芯片的工作频率已大幅提高，例如 Atmel 公司的 89C51 的工作频率为 0~24 MHz，华邦电子（Winbond）的单片机的工作频率为 0~40 MHz，而 STC89C51RC 工作频率可达 48 MHz。

第 18、19 引脚在本书多数案例中连接 12 MHz 晶振，在串口通信案例中本书选择的是 11.059 2 MHz 晶振。和晶振相连的两个电容为负载电容，用于晶振的启动。由于单片机的晶振工作于并联谐振状态，可以把这两个电容理解为谐振电容的一部分。两个电容的取值范围在 22~38 pF 之间，并且取值相同，否则容易造成停振或者不起振。

当时钟脉冲采用 12 MHz 晶振时的时钟电路如图 1.6 所示。

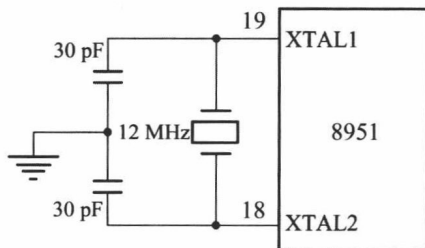
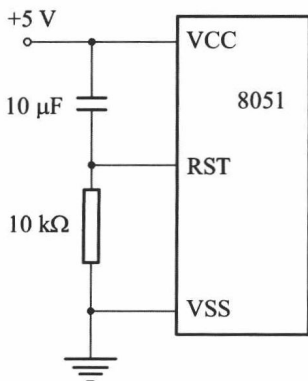


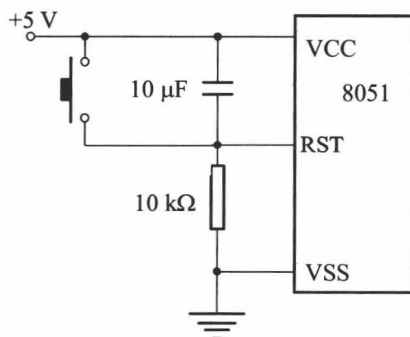
图 1.6 时钟电路

（三）复位电路

8951 的复位引脚（Reset，即 RST）是第 9 脚，当此引脚连接高电平超过 2 个机器周期（1 个机器周期包含 12 个时钟脉冲），即可产生复位的操作。以 12 MHz 的时钟脉冲为例，每个时钟脉冲为 $1/12 \mu\text{s}$ ，2 个机器周期为 $2 \mu\text{s}$ 。因此，我们在第 9 脚上连接一个可让该引脚产生一个 $2 \mu\text{s}$ 以上的高电平脉冲即可产生复位的操作。复位电路如图 1.7 所示。



(a)



(b)

图 1.7 复位电路

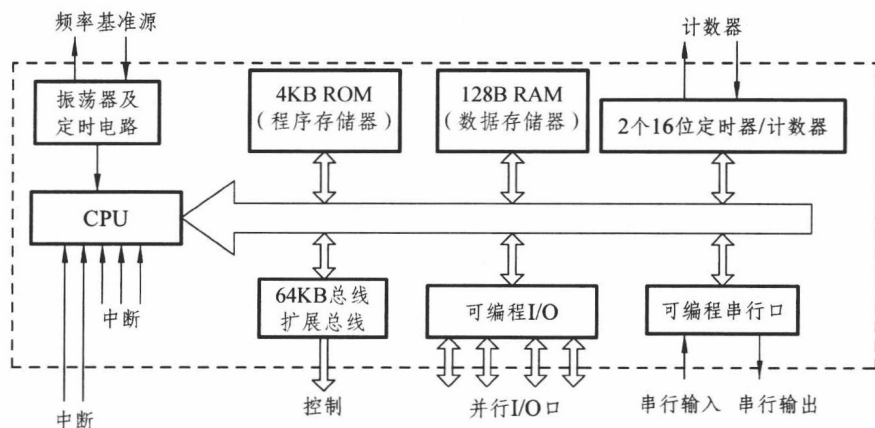


图 1.9 51 单片机的内部基本结构

(二) 51 单片机的存储器

单片机内部有各种存储器，每个存储器就像一个个的小抽屉，一个小抽屉里有 8 个小格子，每个小格子就是用来存放“电荷”的，电荷通过与它相连的电线传进来或释放掉，那电荷在小格子里是怎样存储的呢？如果你把电线想象成水管，小格子里的电荷就像是水，就好理解了。存储器中的每个小抽屉就是一个放数据的地方，我们称之为一个“字节”或者“单元”。

有了这么一个构造就可以开始存放数据了。单片机内部全部采用二进制数据，比如想要放进存储器一个 2 位的十进制数据“12”，也就是 8 位的二进制数据“00001100”，只要把第二号和第三号小格子里存满电荷，而其他小格子里的电荷给放掉就行了。

存储器按功能可以分为只读存储器和随机存取存储器两大类。所谓只读存储器，从字面上理解就是只能读里面的数据，不能写进去新的数据，它类似于我们的书本，发给我们之后只能读里面的内容，不能随意更改书本上印刷的内容。只读存储器的英文缩写为 ROM (Read Only Memory)。所谓随机存取存储器，即随时能改写，也能读出里面的数据，它类似于我们的黑板，能随时写东西上去，也能用黑板擦擦掉重写。随机存储器的英文缩写为 RAM (Random Access Memory)，这两种存储器的英文缩写一定要记牢。

所谓只读和随机存取都是指在正常工作情况下而言的，也就是在使用这块存储器的时候，而不是指对这块芯片烧写程序的时候。不然，只读存储器中的数据是怎么来的呢？其实这个道理也很好理解，书本拿到我们手里是不能改了，但当它还是白纸的时候，当然能由印刷厂印刷文字上去了。

除了无 ROM 型的 8031 和 8032 外，51 单片机的存储器包括程序存储器 (ROM) 与数据存储器 (RAM) 两部分，这两部分在单片机内部是独立的。标准的 8x51 系列具有 4 KB 程序存储器、128B 数据存储器，而标准的 8x52 系列具有 8KB 程序存储器、256 B 数据存储器，刚好是 8x51 系列的两倍，不管是 8x51、8031、8x52 或 8032，其外部扩展的程序存储器或数据存储器最多为 64 KB。51 单片机的存储器结构如图 1.10 所示。