

职业教育课程改革创新规划教材



MCS-51单片机 C语言程序设计与实践

金杰主编



YZLI0890117009



配套光盘

- ★ 遵循学生的认知和技能形成规律
- ★ 强调“先做再学，边做边学”，主张亲手搭建硬件电路
- ★ 内容坚持“必须，够用，实用，拓展”
- ★ 以解决实践问题整合理论、技能及情感态度
- ★ 配套光盘超值丰富



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

职业教育课程改革创新规划教材

内容简介

MCS-51 单片机 C 语言 程序设计与实践

金杰 主编



YZLI0890117009

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以国内最流行的 MCS-51 单片机的硬件和软件的设计为背景,以 C51 语言为基础,引入项目教学法,通过丰富的 C 语言项目实例,由浅入深的介绍了 51 系列单片机的基础知识及各种应用开发技术。

本书涵盖了单片机的主要应用技术,包括开发工具、内部硬件资源、输入/输出、直流电机的控制、数码管显示、键盘、中断、定时/计数器、串行口通信等。针对每个知识点设计了一个到多个项目制作,这些项目按照由浅及深、循序渐进,知识与实践紧密结合,一步一步引导读者直观深入地学习。如在介绍定时/计数器时,先制作秒闪电路、再制作秒表和电子时钟、然后制作电子琴和音乐盒、最后制作综合使用定时器与计数器的数字频率计,手把手彻底教会读者使用定时/计数器。

本书适合于中等职业学校电子与信息技术、机电、电气自动化及电类相关专业作为教材使用,也可作为广大 51 单片机使用者自学用书。

为方便教师教学本书配光盘 1 张,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

MCS-51 单片机 C 语言程序设计与实践/金杰主编. —北京:电子工业出版社,2011.11

职业教育课程改革创新规划教材

ISBN 978-7-121-14882-8

I. ①M… II. ①金… III. ①单片微型计算机—C 语言—程序设计—中等专业学校—教材 IV. ①TP368.1
②TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 216543 号

策划编辑:张帆

责任编辑:张帆

印 刷:

装 订:北京市李史山胶印厂

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:17.25 字数:441.6 千字

印 次:2011 年 11 月第 1 次印刷

定 价:33.00 元(含 CD 光盘 1 张)

凡所购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,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。

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

服务热线:(010)88258888。

前 言

目前, MCS-51 系列单片机在我国已得到大力推广和广泛应用,从工业控制系统到日常工作和生活的方方面面,以及大、中专院校的电子电工类技能竞赛都可以见到 MCS-51 单片机的身影,它经典的结构使其成为单片机学习的入门首选,得到了广大单片机使用者的推崇。

笔者从事单片机的教学和设计工作已经十多年,在这期间设计和参与设计了较多的单片机项目,尤其是在教学方面取得了很多实际教学经验,对单片机的教学有较深的认识。单片机系统是硬件和软件的结合,硬件是基础,软件是灵魂,二者不能分割开来,所以制作和设计单片机项目是单片机快速入门的最佳途径。

本书以国内最流行的 MCS-51 单片机的硬件和软件的设计为背景,以 C51 语言为基础,引入项目教学法,通过丰富的 C 语言项目实例,由浅入深地介绍了 51 系列单片机的基础知识及各种应用开发技术。针对每个知识点设计了一个到多个项目制作,这些项目按照由浅及深、循序渐进,知识与实践紧密结合,一步步引导读者进行探究式学习。如在介绍定时/计数器时,先制作秒闪电路,再制作秒表和电子时钟,然后制作电子琴和音乐盒,最后制作综合使用定时器与计数器的数字频率计,手把手彻底教会读者使用定时/计数器。

本书体现学习单片机的先进理念、培养模式和教学方法,其特点如下:

一、遵循职教学生的认知及技能形成规律,由浅及深、由单一到综合、由简单到复杂、循序渐进,知识与实践紧密结合,手把手引导读者直观深入地学习。

二、主张亲手搭建硬件电路,即使有实验设备也要搭建部分硬件电路,如单片机最小系统、数码管动态扫描显示电路等,这将对理论的理解和程序的设计产生事半功倍的效果。强调“先做再学,边做边学”,把学习单片机变得轻松愉快,使学生能够快速入门,越学越想学。

三、在内容上紧密结合新大纲的知识点和技能点,以“必需、够用、实用、拓展”为准则,力争达到打实基础、讲练结合、降低难度、层次分明、注重能力、便于教学。书中设有“注意”、“说明”小栏目,通过这些小栏目可和读者分享一些经验和心得,同时也可为读者清除学习过程中的疑点和难点。

四、以实践问题解决为纽带实现理论、实践,知识、技能,以及与情感态度的有机整合。每一个任务就是一个完整的单片机开发过程,这些任务具有实验材料易得、制作容易、内容由简到繁、实用性和趣味性强等特点。

五、配套光盘超值丰富,包括:制作精美的多媒体语音讲解动画教程、各种 ISP 下载线制作资料、单片机开发实用小工具和本书所有实例的 C 语言程序代码。

本书由郑州市电子信息工程学校金杰任主编。河南信息工程学校罗敬编写项目一;郑州工贸学校吴允志编写项目二;南阳广播电视大学赵永杰编写项目三;郑州市电子信息工程学校郭宝生编写项目四;金杰编写项目五、六、七、八。全书由金杰统稿。



前 言

同时,本书在创作中还得到了河南省学术技术带头人(中职)王国玉工程师和郑州轻工业学院硕士生导师李银华教授的指导和帮助,在此一并向他们表示诚挚的谢意。

在教学实施中,任课教师可根据学校实验设备、学生及学时数等具体情况对书中的项目及任务适当调整和取舍。

由于编者水平有限,书中难免存在错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者
2011年9月

目 录

| | |
|------------------------|----|
| 项目一 认识单片机及其开发工具 | 1 |
| 任务一 认识单片机与单片机系统 | 1 |
| 一、什么是单片机 | 1 |
| 二、什么是单片机应用系统 | 2 |
| 任务二 了解 MCS-51 单片机的外部引脚 | 3 |
| 一、MCS-51 单片机简介 | 3 |
| 二、MCS-51 单片机的外部引脚 | 3 |
| 任务三 单片机中的数制 | 5 |
| 一、十进制 | 5 |
| 二、二进制 | 6 |
| 三、十六进制 | 6 |
| 任务四 让单片机“跑”起来 | 7 |
| 一、单片机最小应用系统 | 7 |
| 二、制作第一个实例——流水灯 | 9 |
| 任务五 了解单片机开发常用工具 | 11 |
| 一、仿真器 | 11 |
| 二、编程器 | 11 |
| 三、ISP 下载线 | 12 |
| 四、实验设备 | 13 |
| 任务六 程序设计语言与工具软件简介 | 13 |
| 一、程序设计语言简介 | 13 |
| 二、集成开发软件 Keil 简介 | 14 |
| 三、集成开发软件 MedWin3.0 简介 | 19 |
| 四、仿真软件 Proteus 简介 | 25 |
| 项目拓展 | 29 |
| 单片机的产生和发展 | 29 |
| 项目小结 | 30 |
| 知识巩固 | 31 |
| 项目二 简单 I/O 口控制电路的制作 | 32 |
| 任务一 闪烁灯的制作 | 32 |
| 一、任务分析 | 32 |
| 二、相关知识 | 33 |
| 三、硬件电路设计与调试 | 36 |

| | |
|-----------------------------------|-----------|
| 四、程序设计 | 39 |
| 五、程序调试 | 41 |
| 六、程序固化 | 44 |
| 任务二 广告灯的制作 | 47 |
| 一、任务分析 | 47 |
| 二、相关知识 | 48 |
| 三、硬件电路设计 | 52 |
| 四、程序设计 | 52 |
| 任务三 控制直流电动机 | 57 |
| 一、任务分析 | 57 |
| 二、硬件电路设计 | 59 |
| 三、程序设计 | 61 |
| 项目拓展 | 62 |
| 步进电动机的控制 | 62 |
| 项目小结 | 65 |
| 知识巩固 | 66 |
| 项目三 基本功 | 67 |
| 任务一 MCS-51 单片机基础 | 67 |
| 一、MCS-51 单片机内部结构及功能部件 | 67 |
| 二、MCS-51 单片机存储器及存储空间 | 67 |
| 三、进一步了解并行 I/O 接口 | 71 |
| 任务二 单片机的 C51 语言基础知识 | 73 |
| 一、利用 C51 语言开发单片机的优点 | 74 |
| 二、基本数据类型 | 74 |
| 三、常量、变量和指针 | 75 |
| 四、数组 | 79 |
| 五、运算符 | 81 |
| 六、函数 | 82 |
| 七、语句 | 85 |
| 项目拓展 | 90 |
| 堆栈 | 90 |
| 项目小结 | 91 |
| 知识巩固 | 91 |
| 项目四 并行 I/O 口的应用 | 92 |
| 任务一 七段 LED 数码显示电路的制作 | 92 |
| 一、任务分析 | 92 |
| 二、相关知识 | 93 |
| 三、硬件电路设计 | 97 |
| 四、程序设计 | 99 |

| | |
|--------------------------|-----|
| 任务二 按键控制球赛计分牌的制作 | 101 |
| 一、任务分析 | 101 |
| 二、相关知识 | 102 |
| 三、硬件电路设计 | 104 |
| 四、程序设计 | 105 |
| 任务三 电子密码锁的制作 | 110 |
| 一、任务分析 | 110 |
| 二、相关知识 | 111 |
| 三、硬件电路设计 | 115 |
| 四、程序设计 | 116 |
| 任务四 LED 点阵显示屏的制作 | 120 |
| 一、任务分析 | 120 |
| 二、相关知识 | 121 |
| 三、硬件电路设计 | 124 |
| 四、程序设计 | 126 |
| 项目拓展 | 128 |
| 各种数码管接口电路 | 128 |
| 项目小结 | 133 |
| 知识巩固 | 134 |
| 项目五 中断系统及外部中断的应用 | 135 |
| 任务一 认识 MCS-51 单片机的中断系统 | 135 |
| 一、中断的概念 | 135 |
| 二、MCS-51 单片机的中断系统 | 136 |
| 三、外部中断应用举例 | 142 |
| 任务二 防盗报警器的制作 | 143 |
| 一、任务分析 | 143 |
| 二、硬件电路设计 | 143 |
| 三、程序设计 | 144 |
| 任务三 8 路抢答器的制作 | 146 |
| 一、任务分析 | 146 |
| 二、硬件电路设计 | 146 |
| 三、程序设计 | 148 |
| 项目拓展 | 150 |
| 外部中断及中断请求的撤除 | 150 |
| 项目小结 | 151 |
| 知识巩固 | 152 |
| 项目六 定时/计数器系统的应用 | 153 |
| 任务一 认识 MCS-51 单片机的定时/计数器 | 153 |
| 一、定时/计数器的结构及工作原理 | 153 |

| | |
|--------------------------|-----|
| 101 二、定时/计数器的方式和控制寄存器 | 154 |
| 101 三、定时/计数器的工作方式 | 156 |
| 任务二 秒闪电路的制作 | 160 |
| 101 一、任务分析 | 161 |
| 101 二、硬件电路设计 | 161 |
| 101 三、程序设计 | 161 |
| 任务三 电子计时秒表的制作 | 164 |
| 111 一、任务分析 | 164 |
| 111 二、硬件电路设计 | 164 |
| 111 三、程序设计 | 165 |
| 任务四 数字时钟的制作 | 168 |
| 121 一、任务分析 | 169 |
| 121 二、硬件电路设计 | 169 |
| 121 三、程序设计 | 170 |
| 任务五 电子琴的制作 | 176 |
| 131 一、任务分析 | 176 |
| 131 二、相关知识 | 176 |
| 131 三、硬件电路设计 | 177 |
| 131 四、程序设计 | 178 |
| 任务六 电子音乐盒的制作 | 180 |
| 141 一、任务分析 | 180 |
| 141 二、硬件电路设计 | 181 |
| 141 三、程序设计 | 182 |
| 任务七 数字频率计的制作 | 185 |
| 151 一、任务分析 | 185 |
| 151 二、硬件电路设计 | 186 |
| 151 三、程序设计 | 187 |
| 项目拓展 | 189 |
| 161 液晶显示模块 TG12864 的控制 | 189 |
| 项目小结 | 198 |
| 知识巩固 | 198 |
| 项目七 串行通信技术 | 199 |
| 任务一 认识 MCS-51 单片机的串行通信系统 | 199 |
| 171 一、串行通信的基本知识 | 199 |
| 171 二、MCS-51 单片机的串行接口 | 200 |
| 任务二 单片机双机通信系统的制作 | 206 |
| 181 一、任务分析 | 206 |
| 181 二、硬件电路设计 | 206 |
| 181 三、程序设计 | 208 |



| | |
|--|-----|
| 任务三 单片机与 PC 机通信系统的制作 | 210 |
| 一、任务分析 | 211 |
| 二、相关知识 | 211 |
| 三、硬件电路设计 | 213 |
| 四、程序设计 | 215 |
| 项目拓展 | 218 |
| RS-485 通信 | 218 |
| 项目小结 | 219 |
| 知识巩固 | 220 |
| 项目八 测控技术 | 221 |
| 任务一 数字电压表的制作 | 221 |
| 一、模/数转换电路及其与单片机接口 | 221 |
| 二、数字电压表电路设计 | 227 |
| 三、程序设计 | 228 |
| 任务二 电子温度计的制作 | 230 |
| 一、模拟温度传感器 LM35 制作电子温度计 | 230 |
| 二、数字温度传感器 DS18B20 制作电子温度计 (PC 机显示温度) | 234 |
| 任务三 函数信号发生器的制作 (锯齿波、三角波和正弦波) | 246 |
| 一、数/模转换电路及其与单片机接口 | 246 |
| 二、函数信号发生器电路设计 | 248 |
| 三、程序设计 | 248 |
| 任务四 红外遥控车的制作 | 252 |
| 一、单片机红外遥控解码原理 | 252 |
| 二、红外遥控车电路设计 | 254 |
| 三、程序设计 | 254 |
| 任务五 超声波倒车雷达的制作 | 258 |
| 一、超声波测距原理 | 258 |
| 二、超声波倒车雷达电路的设计 | 258 |
| 三、程序设计 | 260 |



项目一

认识单片机及其开发工具

随着科技的发展，单片机渗透在我们生活的各个领域，几乎所用的电子和机械产品中都集成有单片机，如家用电器、电子玩具、电脑，以及鼠标等电脑配件。复杂的工业控制系统中有数百台单片机同时工作。因此，单片机的学习、开发与应用显得尤为重要。

任务一 认识单片机与单片机系统

随着电子技术的发展，电子设备、仪器的智能化水平越来越高，而且越来越来多的家用电器具备了“自动”、“智能”、“电脑”和“微电脑控制”等功能，如全自动洗衣机、智能冰箱、电脑万年历、微电脑控制电磁炉等。这些“自动”、“智能”和“电脑控制”是怎么回事？又是怎么实现的呢？

事实上，能够实现这些功能全是单片机的功劳，下面就先来认识一下单片机吧。

一、什么是单片机

大家都使用过计算机，知道计算机最主要的部分就是主板了。主板就是一块电路板，在这块电路板上有 CPU、存储器、时钟等，还有很多接口电路，以便和各种设备连接。如果把这些组成计算机的基本部件集成在一块集成电路上就构成了单芯片微型计算机。

单芯片微型计算机，简称单片机，它是把组成微型计算机的各功能部件：中央处理器 CPU、随机存取存储器 RAM、只读存储器 ROM、I/O 接口电路、定时/计数器、中断系统以及串行通信接口等部件制作在一块集成芯片上，构成一个完整的微型计算机。单片机既是一个微型计算机，也是一块集成电路，各种单片机实物如图 1-1 所示。

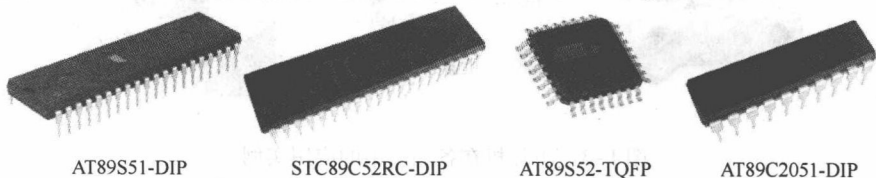


图 1-1 各种单片机实物图

单片机广泛应用在测控系统、智能仪表、机电一体化产品等领域以及家用电器、玩具、游戏机、声像设备、电子秤、收银机、办公设备、厨房设备等智能民用产品中。单片机控制器的引入,不仅使产品的功能大增强,性能得到提高,而且获得了良好的使用效果。

单片机的应用从根本上改变着传统的控制系统设计思想和设计方法。以往由继电器接触器控制,模拟电路、数字电路实现的大部分控制功能,现在都能够使用单片机通过软件的方式来实现,这种以软件取代硬件并能够提高系统性能的微控制技术,随着单片机应用的推广普及,不断发展,日益完善。因此,了解单片机,掌握其应用技术,具有划时代的意义。

二、什么是单片机应用系统

在各类电子产品中,利用单片机实施控制的系统被称为单片机应用系统。单片机应用系统是由硬件系统和软件系统两部分组成,二者缺一不可,如图 1-2 所示。

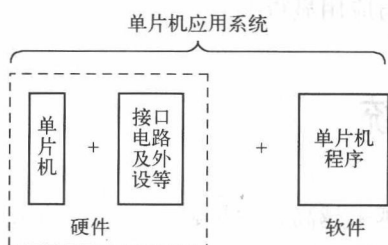


图 1-2 单片机应用系统

硬件是应用系统的基础,软件则是在硬件的基础上对其资源进行合理调配和使用,从而完成应用系统所要求的任务,软件是单片机应用系统的灵魂。

由于单片机具有极小的体积和极低的成本,又有极小的功耗和较高的可靠性,可以嵌入到电子产品中,构成嵌入式应用系统。单片机在各领域中的应用实例如图 1-3 所示。



图 1-3 单片机在各领域中的应用实例

任务二 了解 MCS-51 单片机的外部引脚

单片机在应用中是通过其外部引脚与接口电路、外设及被控对象相连接的。要想熟练使用单片机，首先应对其外部引脚的名称及功能充分了解，下面来看一下 MCS-51 单片机的外部引脚。

一、MCS-51 单片机简介

美国 Intel 公司于 1976 年推出了第一代 8 位单片机 MCS-48 系列，它是现代单片机的雏形，包含了数字处理的全部功能，外接一定的附加外围芯片即构成完整的微型计算机。

现在 MCS-48 系列单片机已完全退出了历史舞台，MCS-51 系列单片机是 Intel 公司于 1980 年推出的 8 位高档单片机，其系列产品包括基本型 8031/8051/8751/8951、80C51/80C31；增强型 8052/8032；改进型 8044/8744/8344。其中，80C51/80C31 采用 CHMOS 工艺，功耗低。MCS-51 系列单片机应用广泛，资料丰富，因此本书主要以 MCS-51 单片机为例来介绍单片机的基本知识。但由于英特尔公司主要致力于计算机的 CPU 研究和开发，所以授权一些厂商以 MCS-51 系列单片机为核心生产各自的单片机，这些单片机统称 MCS-51 单片机，它们与 MCS-51 单片机兼容，又各具特点，其中最具代表性的是 ATMEL 公司的 AT89S51 和 AT89S52 单片机和 STC 公司的 STC89C51RC 和 STC89C52RC，它们均采用 Flash 存储器作为 ROM，读写速度快，擦写方便，尤其具备 ISP (In-System Programming, 在系统可编程) 功能，性能优越，成为市场占有率最大的产品。在本书的所有项目中均采用 ATMEL 公司 AT89S51 或 AT89S52 单片机。

二、MCS-51 单片机的外部引脚

MCS-51 系列中各类型单片机的引脚是相互兼容的，用 HMOS 工艺制造的单片机大多采用 40 脚双列直插 (DIP) 封装，当然，不同芯片之间的引脚功能会略有差异，用户在使用时应当注意。

MCS-51 是高档 8 位单片机，但由于受到集成电路芯片引脚数目的限制，许多引脚具有第二功能。MCS-51 的引脚排列和逻辑符号如图 1-4 所示。

MCS-51 的 40 个引脚按其功能类别分为以下四类：电源引脚、时钟引脚、I/O 接口引脚、编程控制引脚，各引脚功能如下：

1. 电源引脚 (2 个)： V_{CC} 和 V_{SS}

V_{CC} (40 脚)：电源输入端，一般为 +5V。

V_{SS} (20 脚)：共用地端。

2. 时钟电路引脚 (2 个)：XTAL1 (19 脚) 和 XTAL2 (18 脚)

在使用内部振荡电路时，XTAL1 和 XTAL2 用来外接石英晶体和微调电容，振荡频率为

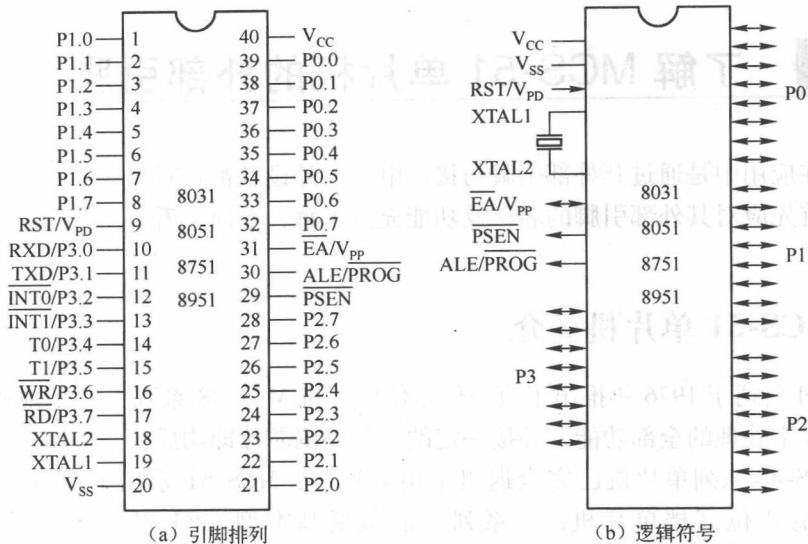


图 1-4 MCS-51 引脚排列及逻辑符号

晶振频率，振荡信号送至内部时钟电路产生时钟脉冲信号。在使用外部时钟时，用于外接外部时钟源。

3. 并行 I/O 接口引脚 (32 个): P0、P1、P2 和 P3

MCS-51 单片机共有 4 个 8 位并行 I/O 接口，分别为 P0、P1、P2、P3，其中 P0 口的第 1 位表示为 P0.0，第 2 位表示为 P0.1，以此类推。

P0 口 (39 脚~32 脚): 8 位双向三态 I/O 口，每个口线可独立控制。MCS-51 单片机 P0 口内部没有上拉电阻，为高阻状态，所以不能正常输出高电平，因此 P0 口在作为 I/O 口使用时必须要外接上拉电阻，阻值一般取 10kΩ。P0 口除了作 I/O 口外，在系统扩展时还用于构建系统的数据总线和地址总线的低 8 位。

P1 口 (1 脚~8 脚): 8 位准双向并行 I/O 口，每个口线可独立控制，由于内部已有上拉电阻，作输出时没有高阻状态，输入也不能锁存，故不是真正的双向 I/O 接口。

P2 口 (21 脚~28 脚): 8 位准双向并行 I/O 口，每个口线可独立控制，内部带有上拉电阻，与 P1 口相似，所不同的是，P2 口在系统扩展时还用于构建系统的地址总线的高 8 位。

P3 口 (10 脚~17 脚): 8 位准双向并行 I/O 口，每个口线可独立控制，内部带有上拉电阻。作为第一功能使用时为普通 8 位并行 I/O 口，与 P1 相似。在系统中，这 8 个引脚又具有各自的第二功能，如表 1-1 所示。P3 口的每一个引脚均可独立定义为第一功能的输入/输出或第二功能。

表 1-1 P3 口的第二功能

| P3 口 | 第二功能 | 功能含义 |
|------|--------------------------|-----------------|
| P3.0 | RXD | 串行数据输入端 |
| P3.1 | TXD | 串行数据输出端 |
| P3.2 | $\overline{\text{INT0}}$ | 外部中断 0 的中断请求输入端 |

| P3 口 | 第二功能 | 功能含义 |
|------|--------------------------|--------------------|
| P3.3 | $\overline{\text{INT1}}$ | 外部中断 1 的中断请求输入端 |
| P3.4 | T0 | 定时/计数器 T0 的外部脉冲输入端 |
| P3.5 | T1 | 定时/计数器 T1 的外部脉冲输入端 |
| P3.6 | $\overline{\text{WR}}$ | 外部数据存储器写选通信号 |
| P3.7 | $\overline{\text{RD}}$ | 外部数据存储器读选通信号 |

关于并行 I/O 接口，我们将在项目三中做详细介绍。



说明:

所谓上拉电阻就是指当某个引脚为高阻状态时，能够将该引脚的电平拉升为高电平的电阻。比如 P0 口作输出时如果输出“1”，则为高阻状态，要想得到高电平，需要在该引脚与 +5V 之间接一个电阻（一般为 10kΩ），这个电阻的作用就是将该引脚上拉为高电平。

4. 编程控制引脚（4 个）： $\overline{\text{RST}}/\text{V}_{\text{PD}}$ ， $\overline{\text{ALE}}/\text{PROG}$ ， $\overline{\text{PSEN}}$ 和 $\overline{\text{EA}}/\text{V}_{\text{PP}}$

$\overline{\text{RST}}/\text{V}_{\text{PD}}$ （9 脚）： $\overline{\text{RST}}$ 为复位信号输入端。当 $\overline{\text{RST}}$ 端保持两个机器周期以上的高电平时，单片机完成复位操作。 V_{PD} 为内部 RAM 的备用电源输入端。当电源 V_{CC} 一旦断电或者电压降到一定值时，可以通过 V_{PD} 为单片机内部 RAM 提供电源，以保护片内 RAM 中的信息不丢失，且上电后能够继续正常运行。

$\overline{\text{ALE}}/\text{PROG}$ （30 脚）： $\overline{\text{ALE}}$ 为地址锁存信号。访问外部存储器时， $\overline{\text{ALE}}$ 作为低 8 位地址锁存信号。 $\overline{\text{PROG}}$ 为 8751 内部 EPROM 编程时的编程脉冲输入端。

$\overline{\text{PSEN}}$ （29 脚）：外部程序存储器的读选通信号，当访问外部 ROM 时， $\overline{\text{PSEN}}$ 产生负脉冲作为外部 ROM 的选通信号。

$\overline{\text{EA}}/\text{V}_{\text{PP}}$ （31 脚）： $\overline{\text{EA}}$ 为访问程序存储器的控制信号。当 $\overline{\text{EA}}$ 接低电平时，CPU 对 ROM 的访问限定在外部程序存储器；当 $\overline{\text{EA}}$ 接高电平时，CPU 对 ROM 的访问从内部 0~4K 地址开始，并可以自动延至外部超过 4K 的程序存储器。 V_{PP} 为单片机内部 EPROM 编程的 21V 电源输入端。

任务三 单片机中的数制

所谓数制，就是利用符号和一定的规则进行计数的方法。在日常生活中，人们习惯的计数方法是十进制数，而数字电路中只有两种电平特性，即高电平和低电平，这也就决定了数字电路中使用二进制。

一、十进制

十进制数大家应该都不陌生，它的基本特点是：

(1) 共有 10 个基本数码：0、1、2、3、4、5、6、7、8、9；

(2) 逢十进一，借一当十。

二、二进制

二进制数的基本特点是：

- (1) 共有两个基本数码：0、1；
- (2) 逢二进一，借一当二。

十进制数 1 转换为二进制数是 1B（这里用后缀 B 表示二进制数）；十进制数 2 转换为二进制数时，因为已经到 2，则进 1，所以对应的二进制数为 10B；十进制数 3 为 10B + 1B = 11B，4 为 11B + 1B = 100B，5 为 100B + 1B = 101B。依次类推，当十进制数为 255 时，对应的二进制数为 11111111B。

从上面的过程可以看出，当二进制数转换成十进制数时，从二进制数的最右一位数起，最右边的第一个数乘以 2 的 0 次方，第二个数乘以 2 的 1 次方……依次类推，把各结果累计相加就是转换后的十进制数。例

$$11010B = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = 16 + 8 + 0 + 2 + 0 = 26$$

三、十六进制

二进制数太长了，书写不方便并且很容易出错，转换成十进制数又太麻烦，所以就出现了十六进制。

十六进制数的基本特点是：

- (1) 共有 16 个基本数码：0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F；
- (2) 逢十六进一，借一当十六。

十进制数的 0~15 表示成十六进制数分别为 0~9, A, B, C, D, E, F，其中 A 对应十进制数 10，B 对应 11，C 对应 12，D 对应 13，E 对应 14，F 对应 15。为了和十进制数相区分，我们一般在十六进制数的最后面加上后缀 H，表示该数为十六进制数，如 BH，46H 等。但在 C 语言编程时是在十六进制数最前面加上前缀“0x”，表示该数为十六进制数，如 0xb，0xde 等。这里的字母不区分大小写。

可能大家这时会有疑问，为什么要使用十六进制呢？要回答这个问题，我们先讨论下面一个问题。

一个 n 位二进制数共有多少个数？

1 位二进制数共有：0、1 两个数；

2 位二进制数共有：0、1、10、11 四个数；

3 位二进制数共有：0、1、10、11、100、101、110、111 八个数；

4 位二进制数共有：0、1、10、11、100、101、110、111、1000、1001、1010、1011、1100、1101、1110、1111 十六个数；

……

所以一个 n 位二进制数共有 2^n 个数。

1 个 4 位二进制数共有 16 个数，正好对应十六进制的 16 个数码，这样 1 个 1 位十六进制数和 1 个 4 位二进制数正好形成一一对应的关系。而在单片机编程中使用最多的是 8 位二

进制数，如果使用 2 位十六进制数来表示将变得极为方便。

关于十进制、二进制和十六进制数之间的转换，我们要熟练掌握 0~15 之间的数的相互转换，并且要牢记于心。十进制、二进制和十六进制 0~15 的对应关系如表 1-2 所示。表中的二进制数不足 4 位的均补“0”。

表 1-2 十进制、二进制和十六进制数 0~15 的对应表

| 十进制 | 二进制 | 十六进制 | 十进制 | 二进制 | 十六进制 |
|-----|------|------|-----|------|------|
| 0 | 0000 | 0 | 8 | 1000 | 8 |
| 1 | 0001 | 1 | 9 | 1001 | 9 |
| 2 | 0010 | 2 | 10 | 1010 | A |
| 3 | 0011 | 3 | 11 | 1011 | B |
| 4 | 0100 | 4 | 12 | 1100 | C |
| 5 | 0101 | 5 | 13 | 1101 | D |
| 6 | 0110 | 6 | 14 | 1110 | E |
| 7 | 0111 | 7 | 15 | 1111 | F |

我们在进行单片机编程时常常会碰到其他较大的数，这时我们用 Windows 系统自带的计算器，可以非常方便地进行二进制、八进制、十进制、十六进制数之间的任意转换。首先打开附件中的计算器，选择菜单【查看】→【科学型】，其界面如图 1-5 所示。然后选择一种进制，输入数值，再单击需要转换的进制，即可得到相应进制的数。

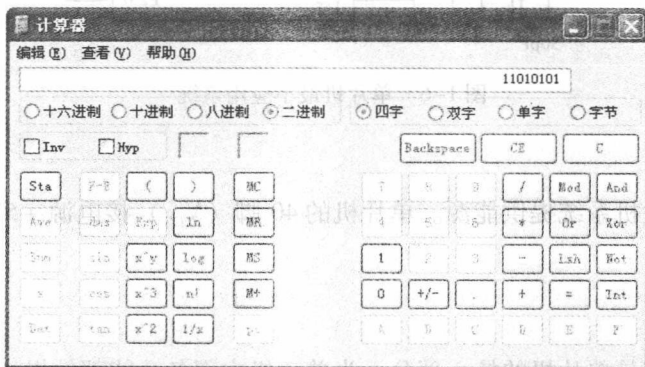


图 1-5 Windows 自带的计算器界面

任务四 让单片机“跑”起来

通过前面的学习，我们已经认识了单片机及单片机应用系统，那么如何让一个单片机“跑”起来呢？

一、单片机最小应用系统

要让单片机“跑”起来，也就是 Run（运行）起来，其实就是要建立单片机应用系统。单片机最小应用系统是指维持单片机正常工作所必需的电路连接。早期的单片机（如 8031）内部没有程序存储器，必须在其外部另外连接一块程序存储器才能构成最小应用系统。对于片内含有程序存储器的单片机，将时钟电路和复位电路接入即可构成单片机最小应用系统。