

# C51 单片机 项目设计实践教学教程

邓柳 陈卉 ◎ 主编

周威 何新洲 王元元 ◎ 副主编

▶ 以 C 语言为基础进行单片机程序设计

▶ 大量硬件原理图和源代码

▶ 校企合作开发, 以岗位工作任务为依据



NLIC2970804083

C51Danpianji  
Xiangmu Sheji Shijian Jiaocheng



人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS

图例(PI) 目录(PI) 目录(PI) 目录(PI)

C51单片机设计实践教程 / 邓柳、陈卉主编. — 北京: 人民邮电出版社, 2013.8  
ISBN 978-7-115-28139-8

1. ①C... II. ①邓... ②陈... III. ①单片机—设计—教材 IV. ①TP368.1  
I. ①TP368.1

# C51 单片机 项目设计实践教程

邓柳 陈卉 © 主编

周威 何新洲 王元元 © 副主编



C51 Danpianji  
Xian jian Jiaocheng



人民邮电出版社  
北京

## 图书在版编目(CIP)数据

C51单片机项目设计实践教程 / 邓柳, 陈卉主编. --  
北京: 人民邮电出版社, 2012. 8

世纪英才高等职业教育课改系列规划教材. 电子信息  
类

ISBN 978-7-115-28129-6

I. ①C… II. ①邓… ②陈… III. ①单片微型计算机  
—高等职业教育—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第085385号

## 内 容 提 要

本书以C语言为主要编程语言, 基于KEIL开发平台和PROTEUS ISIS 7仿真平台, 对许多企业微型项目的实现方法进行了阐述。

本书分为上下两篇, 上篇第1、2章介绍了单片机的基础知识, 包括数制转换、硬件结构和存储器结构等, 第3章介绍了单片机的汇编语言及其程序设计方法, 第4章重点介绍了51单片机C语言语法及程序设计方法; 下篇以实际项目导向的方式分别介绍了定时/计数器、中断系统、串行口、串行扩展、人机交互接口、A/D和D/A接口技术的应用以及以电池检测仪为例的企业项目实战等方面的内容。

本书可作为高职高专院校计算机类、电子类专业教材, 也可供科研人员、工程技术人员及业余爱好者参考阅读。

世纪英才高等职业教育课改系列规划教材(电子信息类)

### C51单片机项目设计实践教程

- ◆ 主 编 邓 柳 陈 卉  
副 主 编 周 威 何新洲 王元元  
责任编辑 王小娟
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号  
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
北京昌平百善印刷厂印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 11.75 2012年8月第1版  
字数: 265千字 2012年8月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-28129-6

定价: 24.00元

读者服务热线: (010)67132746 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

广告经营许可证: 京崇工商广字第0021号

# 前 言

## Foreword

随着社会经济的发展,人们的物质生活水平的不断提高,对电子产品的人性化、智能化、科技化也提出了更高的要求。单片机技术正是因为能够在一定程度上将人们从传统的程序化工作中解放出来而获得了广泛的应用。从智能洗衣机、热水器、空调等家用电器到激光理疗仪、身体成分分析仪等医疗器械再到数控机床等工业用品,到处都有单片机技术的身影。随着物联网技术的发展和成熟,单片机技术将更多地进入人们的生活。

目前,高等院校普遍开设了单片机技术的相关课程。经过调查发现,学生对单片机技术充满兴趣,但是学习过程中往往遇到困惑,学习效果不理想。本书以对企业单片机技术岗位能力要求及工作内容的调研结果为依据,结合作者自身多年的单片机系统设计经验,对单片机技术常用的知识和技能进行梳理,构建了零件式模块化的内容体系,在尽量保留企业真实项目特点的情况下对项目进行改造设计后引进教材,每个内容模块以一个以上的项目或任务进行支撑。学生在体验学做一体的过程中,能够将理论与实践进行很好地结合,甚至有所创新。

本书按照知识技能单一到综合、简单到复杂的原则,将单片机应用系统设计与制作分为10个模块:单片机基础知识模块(第1、2章)、单片机汇编语言程序设计模块(第3章)、单片机C语言程序设计模块(第4章)、单片机定时/计数器应用模块(项目一)、单片机中断系统应用模块(项目二)、单片机串行扩展模块(项目三、项目四)、单片机串行口应用模块(项目五、项目六)、单片机人机交互模块(项目七、项目八)、单片机A/D、D/A应用模块(项目九、项目十)、企业项目实战模块(项目十一)。每个模块相对独立而完整地构成单片机应用系统体系,有利于项目导向、任务驱动、案例教学等教学方法的实施。

本书第1、4章及项目七、项目八、项目十一由邓柳编写,第2章及项目十由陈卉编写,第3章由周威编写,项目一由何新洲编写,项目二由王元元编写,项目三和项目四由企业工程师董建参与编写,项目五和项目六由刘作鹏编写,项目九由唐莹编写。全书由邓柳、陈卉担任主编,周威、何新洲、王元元担任副主编。

本书在编写过程中得到了长江职业学院、荆州理工职业学院、武汉世纪水元科技有限公司、武汉市汉阳区盛华科电子设备厂等各位同行、专家的建设性意见和帮助,在此表示感谢!

限于作者水平有限,书中纰漏和不足在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者  
2012年3月

# 目 录

## Contents

### 上篇 理论知识

第 1 章 单片机知识概述	2
1.1 单片机简介	2
1.2 单片机中的数据存储格式与数制转换	2
1.2.1 单片机中的数据存储格式	2
1.2.2 计算机中的常用数制	3
1.2.3 数制间的转换	4
1.3 单片机的特点及其应用领域	5
1.4 单片机的发展趋势	6
1.5 51 单片机开发平台与设计流程	7
【任务一】设计单个 LED 闪烁	7
第 2 章 51 单片机结构及最小系统	15
2.1 51 单片机外部结构与最小系统	15
2.1.1 51 单片机引脚	15
2.1.2 时钟与复位电路	16
2.1.3 最小系统	19
2.2 51 单片机内部结构	19
2.2.1 整体结构	19
2.2.2 并行 I/O 结构	20
2.3 51 单片机存储结构	23
2.3.1 80C51 单片机程序存储器	23
2.3.2 80C51 单片机的数据存储器	24
第 3 章 51 单片机汇编语言程序设计	28
3.1 51 单片机指令系统	28
3.2 51 单片机汇编语言指令	29
【任务二】数据存储与搬运	29
3.3 伪指令	36
3.4 汇编语言与 C 语言接口方法	38
第 4 章 51 单片机 C 语言程序设计方法	42
4.1 C51 程序结构与函数	42



【任务三】 单片机控制流水灯 .....	42
4.2 C51 存储结构 .....	46
4.3 C51 数据类型 .....	47
4.4 C51 常量、变量、指针 .....	51
4.5 C51 运算符与表达式 .....	52
4.6 C51 结构化程序设计 .....	55
【任务四】 百钱百鸡问题 .....	55
4.7 C51 预处理命令 .....	60
【任务五】 头文件设计 .....	60
4.8 C51 编程注意事项和技巧 .....	63

## 下篇 项目实训

【项目一】 51 单片机定时/计数器应用——电子钟设计 .....	66
一、项目设计目的 .....	66
二、项目要求 .....	66
三、项目完成时间 .....	66
四、项目描述 .....	66
五、项目总结 .....	67
六、拓展理论学习 .....	67
七、拓展项目训练 .....	74
【项目二】 51 单片机中断系统应用——具有校时功能的电子钟 .....	76
一、项目设计目的 .....	76
二、项目要求 .....	76
三、项目完成时间 .....	76
四、项目描述 .....	76
五、项目总结 .....	79
六、拓展理论学习 .....	79
七、拓展项目训练 .....	87
【项目三】 51 单片机串行扩展技术（一）——单片机开机密码设置 .....	88
一、项目设计目的 .....	88
二、项目要求 .....	88
三、项目完成时间 .....	88
四、项目描述 .....	88
五、项目总结 .....	94
六、拓展理论学习 .....	94
七、拓展项目训练 .....	99

<b>【项目四】</b> 51 单片机串行扩展技术 (二) ——64 路开关量采集仪	100
一、项目设计目的	100
二、项目要求	100
三、项目完成时间	100
四、项目描述	100
五、项目总结	102
六、拓展理论学习	102
七、拓展项目训练	103
<b>【项目五】</b> 51 单片机串行口应用 (一) ——数码管静态显示器设计	104
一、项目设计目的	104
二、项目要求	104
三、项目完成时间	104
四、项目描述	104
五、项目总结	105
六、拓展理论学习	105
七、拓展项目训练	111
<b>【项目六】</b> 51 单片机串行口应用 (二) ——双机通信	112
一、项目设计目的	112
二、项目要求	112
三、项目完成时间	112
四、项目描述	112
五、项目总结	114
六、拓展理论学习	114
七、拓展项目训练	115
<b>【项目七】</b> 51 单片机人机交互接口技术 (一) ——数码管电子钟	116
一、项目设计目的	116
二、项目要求	116
三、项目完成时间	116
四、项目描述	116
五、项目总结	119
六、拓展理论学习	119
七、拓展项目训练	121
<b>【项目八】</b> 51 单片机人机交互接口技术 (二) ——液晶平台显示按键值	122
一、项目设计目的	122

001 二、项目要求	122
001 三、项目完成时间	122
001 四、项目描述	122
001 五、项目总结	125
001 六、拓展理论学习	125
501 七、拓展项目训练	131
501	
<b>【项目九】 51 单片机 A/D 接口技术——简易数字电压表</b>	133
一、项目设计目的	133
001 二、项目要求	133
001 三、项目完成时间	133
001 四、项目描述	133
001 五、项目总结	136
001 六、拓展理论学习	136
201 七、拓展项目训练	141
201	
<b>【项目十】 51 单片机 D/A 接口技术——简易波形发生器</b>	142
一、项目设计目的	142
511 二、项目要求	142
511 三、项目完成时间	142
511 四、项目描述	142
511 五、项目总结	145
511 六、拓展理论学习	145
411 七、拓展项目训练	149
411	
<b>【项目十一】 51 单片机企业项目实战——电池检测仪</b>	150
一、项目设计目的	150
811 二、项目要求	150
811 三、项目完成时间	150
811 四、项目描述	150
811 五、项目总结	165
811 六、拓展理论学习	165
911	
附录 液晶模块驱动包 lcd12864.C	170
151	
参考文献	178
551	
551	



# 单片机知识篇 第一章

## 1.1 单片机简介

单片机是微处理器芯片的简称。单片机的出现是计算机技术发展的必然结果。随着计算机技术的飞速发展，人们已经进入了信息时代。在信息时代，人们需要大量的数据处理能力。传统的计算机需要大量的内存和复杂的系统，而单片机则可以将处理器、存储器、控制逻辑等集成在一块芯片上。从结构上讲，单片机是一个完整的计算机系统。因此，单片机主要用于完成小型控制系统的控制功能。单片机的主要应用包括：工业控制、家用电器、汽车电子、医疗设备、通信设备、仪器仪表、智能卡、玩具、消费电子产品等。

# 上篇 理论知识

单片机应用广泛，主要应用于工业控制、家用电器、汽车电子、医疗设备、通信设备、仪器仪表、智能卡、玩具、消费电子产品等。单片机的出现是计算机技术发展的必然结果。随着计算机技术的飞速发展，人们已经进入了信息时代。在信息时代，人们需要大量的数据处理能力。传统的计算机需要大量的内存和复杂的系统，而单片机则可以将处理器、存储器、控制逻辑等集成在一块芯片上。从结构上讲，单片机是一个完整的计算机系统。因此，单片机主要用于完成小型控制系统的控制功能。单片机的主要应用包括：工业控制、家用电器、汽车电子、医疗设备、通信设备、仪器仪表、智能卡、玩具、消费电子产品等。

## 1.2 单片机中的数据格式及控制信号

### 1.2.1 单片机中的数据格式

单片机中的数据格式是指数据在存储器中的表示方法。在单片机中，数据通常以二进制形式表示。二进制数据的最小单位是位（bit），一位只能取两个值：0 或 1。8 位组成 1 字节（B）。常用的数据格式有以下几种：

- 字节：存储器中存取数据的最小单位。按国际惯例，1 字节等于 8 位。通常所说的 1KB、1MB、1GB 是指 1024 字节、1024KB、1024MB。
- 字：一个字通常由 16 位组成。
- 双字：一个双字由 32 位组成。
- 四字：一个四字由 64 位组成。

在单片机中，数据格式的选择取决于具体的应用需求。例如，在工业控制中，通常使用字节或字作为数据格式；而在通信设备中，通常使用双字或四字作为数据格式。在单片机中，数据格式的选择还受到存储器容量的限制。例如，如果存储器容量为 1KB，那么只能存储 1024 字节的数据。在单片机中，数据格式的选择还受到处理器字长的限制。例如，如果处理器的字长为 16 位，那么只能处理 16 位的数据。

# 第 1 章 单片机知识概述

## 1.1 单片机简介

单片机是单片微型计算机的简称。单片机将计算机必需的运算器、控制器、存储器、输入单元、输出单元五大部件集成在一个芯片上,从结构和功能上看,都具有微型计算机的特点,因此称为单片微型计算机。单片机主要用来完成小型智能系统的控制功能,因此也称为微控制器,英文名为 Micro Control Unit (MCU)。

单片机应用已深入人们的生活,主要体现在家用电器领域。据统计,2000 年,一般美国家庭中的单片机应用数量达到 226 个。随着物质生活水平的提高,人们对于智能电器的需求也将越来越广泛。因此掌握单片机应用系统设计技术,是电子工程师的硬性要求。

目前常用的单片机型号有多种。如 ATMEG 公司的以 AT89 系列为代表的 51 单片机和 ATMEG 系列 AVR 单片机、TI 公司的 MSP430 单片机、Microchip 公司的 PIC 单片机等。各种单片机从功耗、内部结构、存储容量、引脚结构等方面都有一定区别。设计者应从产品需求、成本控制、自我熟悉程度等角度来选择合适的单片机型号进行产品设计。虽然各种型号单片机硬件上有较大区别,但单片机的开发思想和流程基本相同。本书将以经典的 51 系列单片机为例,深入介绍单片机应用系统的设计开发方法,以期读者能活学活用,举一反三,熟练掌握单片机技术。

## 1.2 单片机中的数据存储格式与数制转换

### 1.2.1 单片机中的数据存储格式

单片机作为计算机的一个种类,在数据存储上都具有一致性。计算机存储信息的最小单位是一个二进制位 (bit)。一位可存储一个二进制数: 0 或 1,每 8 位组成 1 字节 (B)。常用的数据存储格式有如下几种。

- 字节: 存储器中存取信息的基本单位。我们常说某存储器容量是 64MB,就是说该存储器有 64 兆字节 (64MB,  $1\text{M} = 2^{20}$ )。
- 字: 一个字 16 位,占用 2 字节。
- 双字: 一个双字 32 位,由 4 字节组成。
- 四字: 一个四字 64 位,由 8 字节组成。

下面结合一个例子解释数据在单片机数据存储器中的存取过程。

假设要使用单片机对一个脉冲信号计数,每计满 1 000 个脉冲时,计数值清零并重新开始计数。计数值要通过显示器显示出来。工作模型如图 1.1.1 所示。

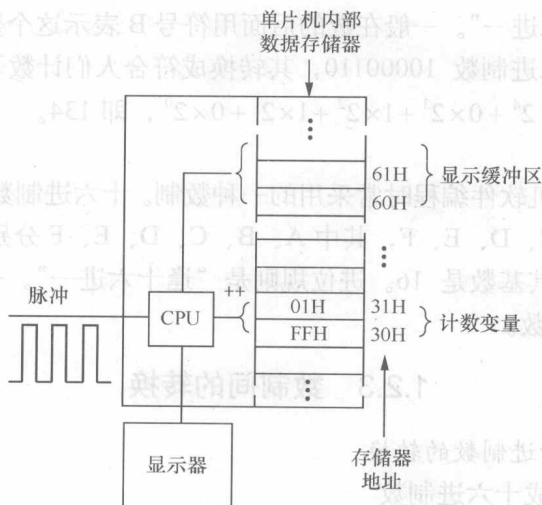


图 1.1.1 单片机数据存储原理

要对单片机外部脉冲计数，并将计数值显示出来，我们先要定义一个计数变量。由于要求计 1 000 个脉冲，则计数值范围为 0~999，最大计数值超过了 1 字节所能表示的范围，因此我们需要一个存储空间为双字节（字）的计数变量，当第一字节（低字节，如图 1.1.1 中 30H）计满（FFH）时，可以将其清零，同时将第二字节（高字节，如图 1.1.1 中 31H）加 1，依次进行下去。当计到 999 时，高字节（31H）中的值达到 03H，低字节（30H）中的值达到 E7H。实际上，在用 C 语言完成此任务时，我们只要定义一个整型变量作为计数变量即可。编译器在给整型变量分配存储空间时，就是分配了两个连续的字节，在加 1 过程中的低字节向高字节进位也是自动的。在定义好计数变量后，CPU 只要检测到外部脉冲，就会将变量加 1。如果要对计数值进行显示，一般处理方法是，开辟一个显示缓冲区（如图 1.1.1 中 60H 开始处），将计数变量的值的百位、十位、个位分离出来，转存至显示缓冲区，CPU 最后调用显示函数，把显示缓冲区中的数字显示出来。

图 1.1.1 中，地址为 30H 的字节单元存储了数据 FFH，根据数制转换的基础可知，30H 单元的 8 个位都为二进制数“1”。计数变量的值为 01FFH，即十进制数 511。要注意的是，不同的单片机编译器，其给变量分配地址的规律可能不同。以一个整型变量为例，430 单片机的 IAR 编译器在分配时，高字节在前，低字节在后，和图 1.1.1 中一致；51 单片机的 KEIL 编译器在分配时，刚好相反，就变成了 (30H) = 01H，(31H) = FFH。

## 1.2.2 计算机中的常用数制

计算机中常用的数制有 3 种，即十进制数、二进制数和十六进制数。

### 1. 十进制数

十进制数是我们最熟悉的一种进位计数制，其由 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9 不同的基本数码符号构成，基数为 10。所谓基数，在数学中指数制中所用到的数码的个数。十进制数进位规则是“逢十进一”，一般在数的后面加符号 D 表示十进制数。

### 2. 二进制数

二进制数是计算机内的基本数制。任何二进制数都只由 0 和 1 两个数码组成，其基数

是 2。进位规则是“逢二进一”。一般在数的后面用符号 B 表示这个数是二进制数。如数据 10000110B，表示一个二进制数 10000110，其转换成符合人们计数习惯的十进制方法为： $1 \times 2^7 + 0 \times 2^6 + 0 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0$ ，即 134。

### 3. 十六进制数

十六进制数是计算机软件编程时常采用的一种数制。十六进制数由 16 个数符构成：0、1、2、…、9、A、B、C、D、E、F，其中 A、B、C、D、E、F 分别代表十进制数的 10、11、12、13、14、15，其基数是 16。进位规则是“逢十六进一”。一般在数的后面加一个字母 H 表示是十六进制数。

## 1.2.3 数制间的转换

### 1. 二进制数与十六进制数的转换

#### (1) 二进制数转换成十六进制数

采用 4 位二进制数合成一位十六进制数的方法，以小数点开始分成左侧整数部分和右侧小数部分，如：10010110.0110B = 96.6H

#### (2) 十六进制数转换成二进制数

将十六进制数的每位分别用 4 位二进制数码表示，然后把它们连在一起即为对应的二进制数，如：F8.7H = 11111000.0111B

### 2. 二进制数与十进制数间的转换

#### (1) 二进制数转换成十进制数

将二进制数按权展开后相加即得到对应的十进制数。例如，将数 1001.101B 转换为十进制数。

$$1001.101B = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} \\ = 8 + 1 + 0.5 + 0.125 = 9.625$$

#### (2) 十进制数转换成二进制数

十进制数的整数部分和小数部分转换成二进制数的方法不同，要将它们分别转换，然后将结果合并到一起即得到对应的二进制数。

十进制整数转换成二进制整数的常用方法是“除 2 取余法”，即用 2 连续去除要转换的十进制数和所得的商，直到商小于 2 为止，依次记下各个余数，然后按最先得到的余数为最低位，最后得到的余数为最高位依次排列，就得到转换后的二进制整数。

如将十进制数 168 转换成二进制数：

$$\begin{array}{r} 2 \overline{) 168} \\ \underline{2 \overline{) 84}} \quad \text{余数 } 0, K_0=0 \\ \underline{2 \overline{) 42}} \quad \text{余数 } 0, K_1=0 \\ \underline{2 \overline{) 21}} \quad \text{余数 } 0, K_2=0 \\ \underline{2 \overline{) 10}} \quad \text{余数 } 1, K_3=1 \\ \underline{2 \overline{) 5}} \quad \text{余数 } 0, K_4=0 \\ \underline{2 \overline{) 2}} \quad \text{余数 } 1, K_5=1 \\ \underline{2 \overline{) 1}} \quad \text{余数 } 0, K_6=0 \\ 0 \quad \text{余数 } 1, K_7=1 \end{array}$$

168=10101000B

十进制小数转换成二进制小数的常用方法是“乘2取整法”，即用2连续去乘要转换的十进制小数部分和前次乘积后的小数部分，依次记下每次乘积的整数部分，直到小数部分为0或满足所需要的精度为止，然后按最先得到的整数为二进制小数的最高位，最后得到的为最低位依次排列，就得到转换后的二进制小数。

如将0.686转换成二进制小数：

$$0.686 \times 2 = 1.372 K_{-1} = 1$$

$$0.372 \times 2 = 0.744 K_{-2} = 0$$

$$0.744 \times 2 = 1.488 K_{-3} = 1$$

$$0.488 \times 2 = 0.976 K_{-4} = 0$$

$$0.976 \times 2 = 1.952 K_{-5} = 1$$

$$0.686 \approx 0.10101B$$

### 3. 十六进制数和十进制数间的转换

#### (1) 十六进制数转换成十进制数

将十六进制数按权展开后相加即得到对应的十进制数。

#### (2) 十进制数转换成十六进制数

与二进制相似，十进制整数和小数要分别转换。

十进制整数转换成十六进制整数的方法是“除16取余法”，即用16连续去除要转换的十进制整数和所得的商，直到商小于16为止，依次记下各个余数，然后按最先得到的余数为最低位，最后得到的余数为最高位依次排列，就得到所转换的十六进制数。

十进制小数转换成十六进制小数的常用方法是“乘16取整法”，即用16连续去乘要转换的十进制小数部分和前次乘积的小数部分，依次记下每次乘积的整数部分，直到小数部分为零或满足所需要的精度为止，然后按最先得到的整数为十六进制小数的最高位，最后得到的为最低位依次排列，就得到所转换的十六进制小数。

## 1.3 单片机的特点及其应用领域

美国Intel公司分别于1971年生产出4位单片机4004和1972年生产出8位单片机8008。随着1976年MCS-48单片机的问世，单片机的发展进入了全盛时期，并在其后的三十年里，多次更新换代，大约每三年集成度就增大一倍、性能强度翻一番。

单片机由于其体积小、功耗低、价格低廉，且具有逻辑判断、定时计数、程序控制等多种功能，广泛应用于仪器仪表、家用电器、医用设备、航空航天、专用设备的智能化管理及过程控制等领域。

单片机具有较强的实时数据处理能力和控制功能，可以使系统保持在最佳工作状态，提高系统的工作效率和产品质量，所以在工业测控、航空航天、尖端武器等各种实时控制系统中，都作为控制器件使用。

全世界单片机的年产量数以亿计，应用范围之广，种类之多，一时难以详述。单片机应用的意义绝不仅仅限于它的广阔应用范围及所带来的经济效益，更重要的还在于它从根本上改变了传统的控制系统设计思想和设计方法。从前必须由模拟电路或数字电路实现的

大部分硬件控制电路，现在可以使用软件编程的方法来实现。这种以软代硬的控制技术称为微控制技术。微控制技术的不断发展和日趋完善，必将使单片机的应用更加深入、更加广泛。

## 1.4 单片机的发展趋势

目前单片机正朝着高性能和多品种方向发展，今后将进一步向低功耗、小体积、大容量、高性能、低价格、高速率、高可靠性方向发展。

### 1. 低电压、低功耗

目前新一代的单片机大都具有 SLEEP、STOP 等省电运行方式，可以在适当的时候唤醒单片机。电源电压也呈下降趋势，3.3V 的单片机越来越成为主流，而一些低电压供电的单片机电源下限可达 1~2V。目前 0.8V 供电的 MSP430 单片机已经问世。

同时单片机的功耗已从 mA 级降到  $\mu\text{A}$  级，甚至  $1\mu\text{A}$  以下。低功耗的效应不仅是功耗降低，同时带来了产品的高可靠性、高抗干扰能力及便携化。

### 2. 大容量

以前标准的 8031 单片机没有 ROM，8051 单片机只有 4kB 的 ROM，二者 RAM 均为 128B。这在一些复杂控制的场合这些存储容量常常是不够的，必须进行外接扩充。目前，包括 51 在内的许多单片机都已经将内部存储器做到了足够大，能满足复杂计算和控制应用对单片机存储容量的要求。如 STC 的 STC12C5A60 系列，其内部 FLASH 有 60kB，RAM 有 1280B；TI 公司的 MSP430f149 单片机内部 FLASH 有 60kB，RAM 有 2kB。

### 3. 高速率

这主要是指进一步改进 CPU 的性能，加快指令运算的速度和提高系统控制的可靠性。采用精简指令集 (RISC) 结构和流水线技术，可以大幅度提高运行速度。当前指令速度最高者已达 100MIPS (Million Instruction Per Seconds, 兆指令每秒)，并加强了位处理功能、中断和定时控制功能。美国 Cygnal 集成产品公司的 C8051F 系列单片机采用流水线结构，指令周期以时钟周期为单位，由标准的 12 个系统时钟周期降为 1 个系统时钟周期，处理能力大大增强，运行速度比标准的 51 单片机快 10 倍以上。

### 4. 低噪声和高可靠性

为提高单片机的抗电磁干扰能力，使产品能适应恶劣的工作环境，满足电磁兼容性方面更高标准的要求，各单片机厂家在单片机内部电路中都采取了新的技术措施。

### 5. 小体积、低价格化

与大容量化相反，以 4 位、8 位机为中心的小体积、低价格化也是一个趋势。这类单片机的特点是把原来用集成电路组成的控制电路单片机化，可广泛用于家电产品。

### 6. 集成多种外设功能

随着集成度的不断提高，越来越多的单片机把各种外围设备的功能器件集成在片内。除了一般必须具有的 CPU、ROM、RAM、定时/计数器等以外，片内集成的部件常见的还有 A/D 转换器、D/A 转换器、 $I^2C$  总线、CAN 总线、SPI 总线、DMA 控制器、PWM 控制器、声音发生器、监视定时器、锁相电路等。

## 1.5 51 单片机开发平台与设计流程

目前,常用的 51 单片机软件开发平台为 KEIL  $\mu$ Vision3, 仿真软件为 PROTEUS ISIS 7。限于篇幅, 本书不在这里介绍软件的详细菜单等内容, 只介绍了如何使用开发平台快速地开发一个微型项目——LED 闪烁, 读者可在此基础上多加探索与练习, 熟练掌握单片机应用系统的设计流程。

### 【任务一】设计单个 LED 闪烁

#### 任务目的

通过完成本任务, 掌握单片机应用系统的设计流程。

#### 任务要求

使用 PROTEUS ISIS 7 仿真软件构建系统硬件环境, 使用 KEIL  $\mu$ Vision3 开发平台进行程序设计, 完成单个 LED 间隔 1 秒左右闪烁的功能。

#### 任务完成时间

2 学时。

#### 任务描述

##### 1. 使用 PROTEUS ISIS 7 构建系统硬件环境

首先, 打开 PROTEUS ISIS 7, 如图 1.1.2 所示单击图中方框图突出的  $\rightarrow$  器件模式, 并单击  $\square$  选择器件, 会弹出图 1.1.3 所示器件库界面。

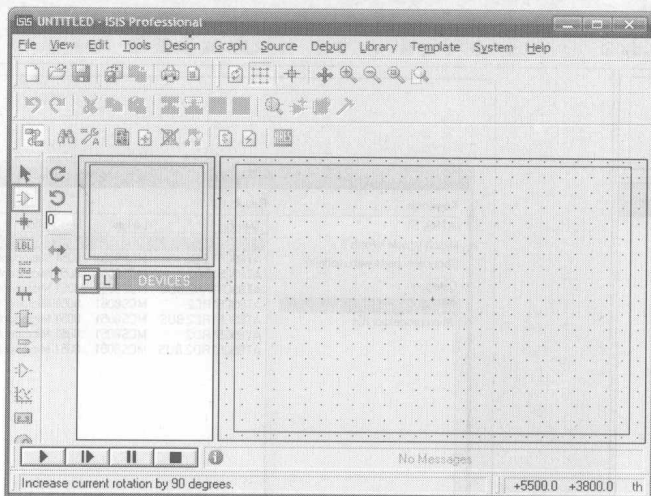


图 1.1.2 查找器件 1

在 Keywords 中输入需要查找的器件名称, 如“AT89C51”, 这时, 在中间的 Reswlts (8) 区域显示找到的器件, 最右边还有对应的器件外形和封装预览。在 Reswlts (8) 区域双击我们需要的单片机型号如“AT89C51”, 这时可以看到图 1.1.4 所示的界面, 与图 1.1.2 所示界面相比, 在用户元件库 (P L DEVICES 下面的空白区域) 中, 可以看到“AT89C51”已被

载入。接下来，按照相同的方法，在 Keywords 中依次输入“res”、“crystal”、“cap”、“cap-elec”，“led-red”将电阻、晶振、瓷片电容、电解电容、红色 LED 加入用户元件库。

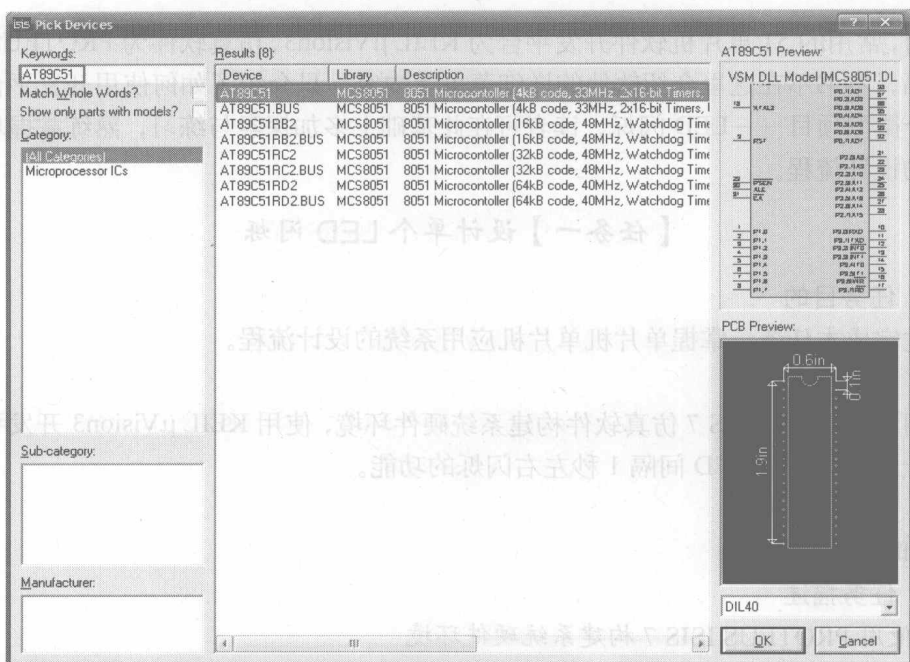


图 1.1.3 查找器件 2

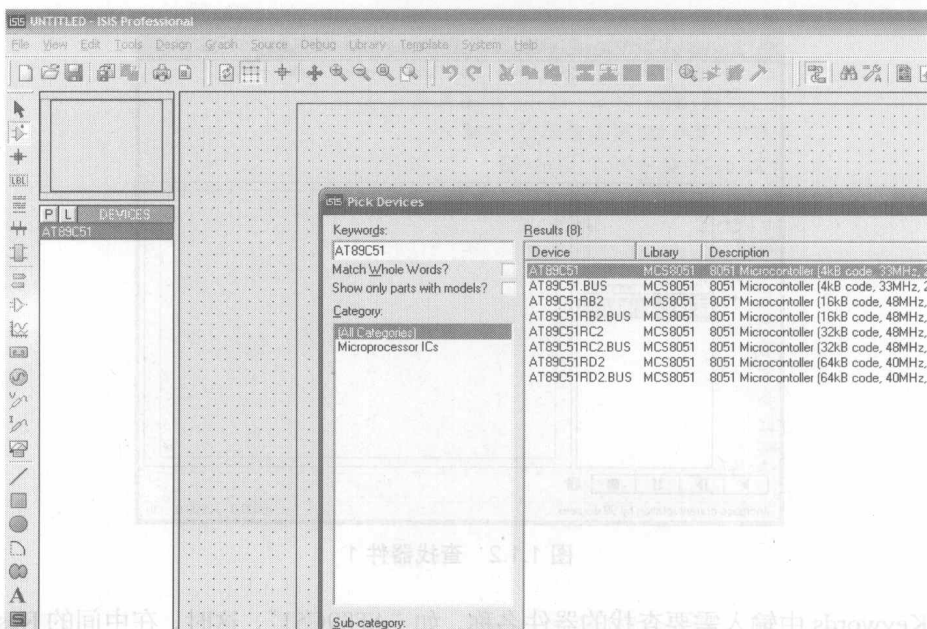



图 1.1.4 将器件加入用户元件库

按图 1.1.5 所示的电路进行连接。连接电路过程中，可以用鼠标右键单击元件进行方向



调整、用鼠标左键双击器件进行参数属性调整等。单击左栏按钮表示的 Terminal Mode，找到电源和地。

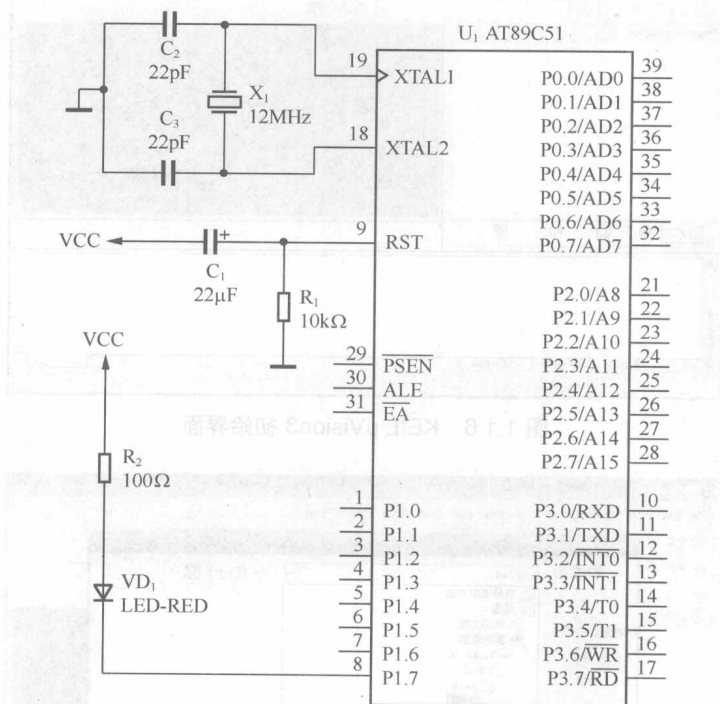



图 1.1.5 单个 LED 闪烁硬件电路图

至此，硬件环境构建完成，将它进行保存。此时，如果单击左下角中的三角形给电路上电运行，是不会看到 LED 闪烁的，因为还没有给单片机装入程序。接下来将进行程序设计，并将设计好的程序导入单片机。

## 2. 使用 KEIL $\mu$ Vision3 开发平台进行程序设计

首先，单击图标运行 KEIL  $\mu$ Vision3 程序，如图 1.1.6 所示。KEIL  $\mu$ Vision3 对于单片机软件是采用项目 (project) 进行管理的，一个项目 (project) 对应一个具体的应用，而根据项目的大小、复杂程度，可能需要设计多个程序文件。这种使用项目 (project) 来管理程序文件的模式在绝大多数软件开发环境中都获得了广泛使用。比如，本次任务“设计单个 LED 闪烁”就可以看做是一个项目 (project)。本次任务比较简单，只需要一个程序文件即可，但项目 (project) 也是必须建立的。接下来，分 4 步完成程序设计任务。

第一步，新建项目。单击 Project 菜单，选择 new $\mu$ Vision project (选项会因为 KEIL 版本不同可能略有差异)。在弹出的“Creat New Project”界面中选择保存的路径并输入新项目的名称 (自定义，需要强调的是，最好新建一个文件夹来保存新项目，如以路径 C:\KEIL\WORK\LED 保存)。如图 1.1.7 所示，项目名称在这里举例为 led-flash，单击“保存”按钮。在弹出的图 1.1.8 所示的界面中选择目标器件，这里选择 ATMEL 公司的 AT89C51。单击“确定”按钮，即可看到图 1.1.9 所示的界面，表示项目已建好。

图 1.1.9 新建项目界面