

Excellent Engineer



卓越工程师
培养计划丛书

单片机 典型系统设计与 制作实例解析

◎ 瓮嘉民 周成虎 杜大军 任鹏飞 等编著

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



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

含DVD光盘1张

- ◆ 原理图 ◆ PCB图 ◆ 元器件清单
- ◆ 源程序 ◆ 实物照片和视频全都有!

卓越工程师培养计划丛书

单片机典型系统 设计与制作实例解析

瓮嘉民 周成虎 等编著
杜大军 任鹏飞

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书为了满足在单片机学习、单片机课程设计、毕业设计、电子设计大赛培训和工程应用等方面的需要而编著。全书包括两篇,第一篇为单片机开发基础,介绍单片机开发常见软件 Keil、Proteus 和 Altium Designer 的使用及 C51 语法、程序编写规范等。第二篇为单片机开发实例,包括通信类、传感器、电源类、电机控制类、仪器仪表类和综合类设计实例 6 大类,共 6 章,总计 62 个实例。最大特色是实用性和实战性,每个实例包括设计要求、系统设计方案、电路原理图、程序流程分析、源程序、实物照片(或视频)和设计制作要点等,手把手教读者做出实物,并提供技术支持。

本书附有光盘,包括每个实例详细的原理图、PCB 图、元器件清单、源程序、实物照片或实物演示视频等电子资料。

本书可作为中学生、电子/电气/通信/机械等理工科专业大学生的自学教材、培训教材,也适用于单片机爱好者学习和高校教师教学的参考书。

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

单片机典型系统设计与制作实例解析/瓮嘉民等编著. —北京:电子工业出版社,2014.1
(卓越工程师培养计划丛书)
ISBN 978-7-121-21725-8

I. ①单… II. ①瓮… III. ①单片微型计算机—系统设计 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 250602 号

策划编辑:柴 燕(chaiy@phei.com.cn)

责任编辑:毕军志

印 刷:北京京师印务有限公司

装 订:北京京师印务有限公司

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:24 字数:614.4 千字

印 次:2014 年 1 月第 1 次印刷

印 数:4 000 册 定价:69.80 元(含 DVD 光盘 1 张)



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。

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。

服务热线:(010) 88258888。

前言

为了满足单片机爱好者、中学生、电子/电气/通信/机械等理工科专业的大学生和高校教师在单片机学习、单片机课程设计、毕业设计、电子设计大赛培训和工程应用等方面的需要,编著了《单片机典型系统设计与制作实例解析》一书。

本书的最大特色是实用性和实战性。书中大部分实例是编著者在单片机课程设计、电子创新开放实验室日常培训和科研项目中试做成功的作品。每个实例主要包括设计要求、系统设计方案、电路原理图、程序流程分析、源程序(限于篇幅,大部分实例源程序详见配套光盘)、实物照片和设计制作要点等,并提供详细的原理图、PCB图、元器件清单、源程序、实物照片或实物演示视频等电子资料,手把手帮助读者做出实物。

全书内容包括两篇,其中第一篇为单片机开发基础,分两章。第1章主要介绍了Proteus快速入门、Keil快速入门、两者联调、C51语法、C代码书写规范、前后台程序结构、状态机模型和事件触发程序结构等。第2章主要介绍了Altium Designer软件画原理图、PCB图、元件库的管理、原理图导入PCB常见问题及处理方法、转印纸打印方法等。

第二篇单片机开发实例,包括6章,共计62个实例组成(全书66个实例,第一篇4个实例)。第3章为通信类实例,包括红外无线遥控和红外波形显示、基于24L01和nRF905的ZigBee无线数据通信实例、基于GPS无线定位和测速、基于GSM温度报警实例和基于RS-485有线通信实例,共计10个实例。第4章为传感器类实例,主要包括称重传感器、可燃气体检测传感器、超声波传感器、温度电阻传感器Pt100、液位传感器、数字气压传感器、红外传感器和流量传感器,共计9个实例。第5章为电源类实例,主要包括基于PWM调节的双向晶闸管电子调光灯,基于非接触供电的车灯、无线鼠标、旋转LED和智能手机充电器,共计5个实例。第6章为电动机控制类实例,主要有步进电动机调速,带角度反馈的帆板控制系统,具有无线遥控和温度检测的电风扇模拟控制系统,全自动洗衣机,通过霍尔元件进行测速测距具有多种功能的出租车计价器,利用红外对管检测路径的寻迹小车、避障小车和具有超车功能的智能小车,基于PWM细分的步进电动机调速系统,H桥驱动的小功率直流电动机调速和6层电梯控制器模拟系统,共计11个实例。第7章为仪器仪表类实例,主要包括基于并行A/D转换器ADC0809转换的8路数字电压表、基于串行A/D转换器的ADC0832简易数字电压表、1A数控恒流源、能够产生各种波形的低频信号源、能够对10Hz~2MHz频率信号进行计数的频率计和步进为1V数控直流稳压源,共计6个实例。第8章为综合类设计实例,主要包括时钟类实例6个,电子发音实例2个(电子琴和节拍器),动态显示类实例3个(电子显示屏、旋转LED显示屏和光立方),其他控制类实例7个,共计18个实例。

稿件中的电路原理图均为计算机软件绘制,与国家标准略有出入。

本书主要由瓮嘉民、周成虎、杜大军和任鹏飞等编著,参加编写的还有席亚磊、徐永

科、张昆、王晰彬、方鹏、申鹏涛。其中上海大学杜大军编写了第1章，河南工程学院瓮嘉民编写第4、6、7章和第8章的实例47~实例63，周成虎编写了第2章和第3章，任鹏飞编写了第5章，第8章的实例64~实例66由席亚磊、徐永科、张昆、王晰彬、方鹏、申鹏涛共同编写。

电子创新开放实验室的董贤强、安保全、王伟光、郭少斌、陈宗马、刘磊、张菲菲、李胜国、方鹏、王振涛、姜顺天、张宏元、贾立东、李永安等同学参与了实物设计、制作调试、视频制作和资料整理工作，同时得到郑州思科德电子、华梦科技和河工科技工作室淘宝店的技术支持，在此一并表示感谢。

由于编写时间紧，加上作者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编著者

目 录

第一篇 单片机开发基础	1
第1章 单片机软件开发	2
1.1 Proteus 快速入门	2
1.1.1 Proteus7.6 的主要功能特点	2
实例1 Proteus 仿真单片机播放音乐	2
1.1.2 Proteus 软件的界面与操作简介	3
1.1.3 Proteus 仿真设计快速入门	5
1.2 单片机开发软件快速入门	14
1.2.1 Keil μ Vision3.0 快速入门	14
实例2 流水灯	14
1.2.2 Keil μ Vision3.0 和 Proteus7.6 联调	23
1.2.3 Keil μ Vision4.0 内嵌逻辑分析仪	30
实例3 逻辑分析仪使用举例	35
1.3 单片机 C 语言编程	38
1.3.1 C51 简介	38
1.3.2 代码规范	53
1.3.3 前后台程序	62
1.3.4 状态机建模	76
1.3.5 事件触发程序结构	83
第2章 Altium Designer 快速入门	87
2.1 原理图的绘制	87
实例4 交通灯	87
2.2 原理图符号的绘制	92
2.3 原理图符号、元器件封装和元器件之间的关系	97
2.4 元件封装的绘制	99
2.5 电路板设计中层的作用	105
2.6 电路板设计规则	106
2.7 电路板布局布线	111
2.8 电路板 CAM 文件输出	115
2.9 转印纸的打印	118
2.10 在 Altium Designer 对 PCB 进行形状、板层设置及对内电层进行分割	121
2.11 如何在 Altium Designer 中运用查找编辑集体整批修改功能	123
2.12 如何在 Altium Designer 的 PCB 中添加各种不同字体大小的汉字字符	127

2.13 PCB 设计过程中的常见问题	128
第二篇 单片机制作实例	129
第3章 通信类设计与制作实例	130
实例5 学习型红外线遥控	130
实例6 基于 nRF905 多点温度采集系统设计	137
实例7 基于 nRF24L01 无线温度控制系统设计	140
实例8 带语音播报的 GPS 系统	145
实例9 基于 RS-485 总线的无线遥控温控系统设计	150
实例10 窗帘	156
实例11 红外波形显示	160
实例12 无线遥控语音播报(温湿度)电子万年历	164
实例13 GPS 测速	168
实例14 GSM 温度报警	169
第4章 传感器类设计与制作实例	172
实例15 电子秤	172
实例16 可燃气体报警器	178
实例17 基于 Pt100 温度仪设计	187
实例18 带温度补偿的超声波测距仪	191
实例19 液位控制	194
实例20 数字气压计	198
实例21 烟雾探测报警器	202
实例22 红外防盗系统	204
实例23 流量	206
实例24 指纹识别	208
第5章 电源类设计与制作实例	216
实例25 电子调光灯	216
实例26 一种非接触供电的车灯电路	219
实例27 一种无接触供电的无线鼠标	227
实例28 无线供电的旋转 LED 显示屏	234
实例29 基于单片机的智能手机充电器设计	239
第6章 电动机控制类设计与制作实例	245
实例30 基于单片机的步进电动机控制	245
实例31 帆板控制系统设计	247
实例32 智能遥控电风扇模拟控制系统设计	253
实例33 全自动洗衣机	261
实例34 出租车计价器	264
实例35 智能寻迹小车设计	268
实例36 智能寻迹避障小车设计	270

实例 37 智能小车	273
实例 38 基于 PWM 细分的步进电动机调速	280
实例 39 基于单片机的小功率直流电动机调速	284
实例 40 电梯控制器	286
第 7 章 仪器仪表类设计与制作实例	289
实例 41 八路电压表	289
实例 42 简易数字电压表	291
实例 43 数控恒流源设计	294
实例 44 简易低频信号源设计	296
实例 45 频率计	301
实例 46 数控直流稳压源	306
第 8 章 综合类设计与制作实例	310
实例 47 简单交通灯	310
实例 48 篮球计分系统	312
实例 49 电子显示屏设计	316
实例 50 旋转 LED 显示屏	320
实例 51 电子琴 (带存储)	324
实例 52 数码管万年历	328
实例 53 时钟计时器	332
实例 54 计算器与万年历	334
实例 55 节拍器	336
实例 56 基于单片机 1602 液晶万年历	341
实例 57 水温水位控制器设计	343
实例 58 八路抢答器	345
实例 59 电子密码锁	348
实例 60 简易计算器	350
实例 61 风光雨检测	353
实例 62 消毒柜	356
实例 63 $8 \times 8 \times 8$ 光立方	359
实例 64 太阳能热水控制器设计	364
实例 65 舵机平衡台	367
实例 66 带上位机通信的超声波测距仪	370
参考文献	373



第一篇 单片机开发基础

单片机开发条件主要有硬件条件和软件条件。

硬件条件：计算机一台、实验板一块、常用元件、万用表和示波器等常规工具。

软件条件：51 系列单片机源程序编辑、编译和调试软件推荐 Keil μ Vision2.0/3.0/4.0，单片机硬件仿真软件推荐 Proteus7.6，印制电路板设计软件推荐 Altium Designer6.9 等。

本篇通过 3 个实例介绍 Proteus 仿真快速入门、Keil μ Vision 快速入门、单片机 C 语言编程代码书写规范、流程图和状态图区别、Altium Designer6.9 快速入门等。

第 1 章

单片机软件开发



1.1 Proteus 快速入门

Proteus 软件能对单片机应用系统同时进行软件和硬件的仿真，为设计单片机应用系统提供一个非常好的平台。

1.1.1 Proteus7.6 的主要功能特点

本书采用 Proteus7.6 英文版，其特点如下：

(1) 实现了单片机仿真和 SPICE 电路仿真相结合。Proteus 具有模拟电路仿真、数字电路仿真、单片机及其外围电路组成的系统的仿真、RS-232 动态仿真、I²C 调试器、SPI 调试器、键盘和 LCD 系统仿真的功能，还有各种虚拟仪器，如示波器、逻辑分析仪、信号发生器等。

(2) 支持主流单片机系统的仿真。目前支持的单片机类型有 68000 系列、8051 系列、AVR 系列、PIC12 系列、PIC16 系列、PIC18 系列、Z80 系列、HC11 系列，以及各种外围芯片。

(3) 提供软件调试功能。Proteus 仿真系统具有全速、单步、设置断点等调试功能，同时可以观察各个变量、寄存器的当前状态。还支持第三方的软件编译和调试环境，如 Keil C51。

(4) 具有强大的原理图绘制功能。在 Proteus 仿真系统中可以快速、方便地绘制出单片机应用系统的原理图。

实例 1 Proteus 仿真单片机播放音乐

下面通过一个实例来感受 Proteus 的强大功能。操作步骤如下：

(1) 打开配套光盘中的“实例 1 歌曲”文件夹，双击“歌曲.DSN”彩色图标，弹出如图 1-1 所示的 Proteus 仿真原理图。

(2) 用鼠标右键单击单片机 AT89S51（标号 U1），选择 Edit Properties 选项，弹出如图 1-2 所示的“Edit Component”对话框，单击“Program File”右侧文本框旁边的打开按钮，选取目标文件 PlayMusic.hex。

(3) 在“Clock Frequency”（时钟频率）文本框中输入 6MHz，使仿真系统以此频率运行。

注意：若没有特别说明，本书所有实例均采用 12MHz 的频率进行仿真。

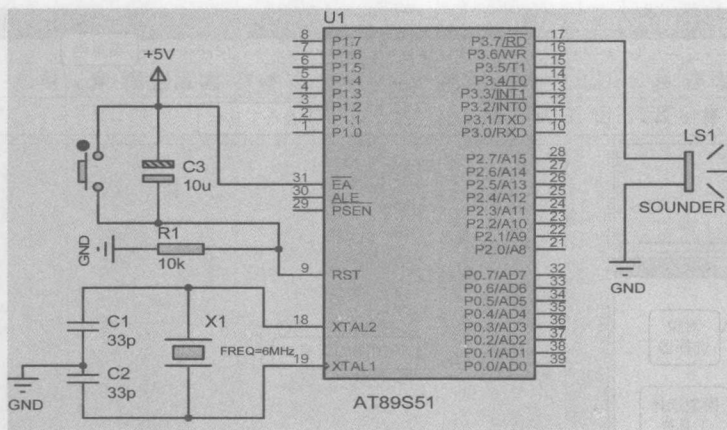


图 1-1 歌曲播放的 Proteus 仿真原理图

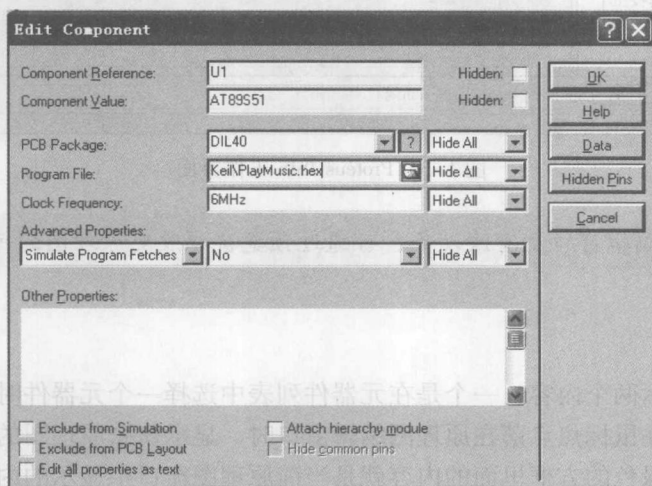


图 1-2 “Edit Component” 对话框

(4) 单击“OK”按钮返回 Proteus 工作界面。

(5) 单击“调试”菜单下的“执行”命令，或按下 F12 键，或者直接单击仿真工具栏中的运行按钮，系统就会启动仿真。只要计算机上接有音箱或耳机，就会听到《挥着翅膀的女孩》、《同一首歌》、《两只蝴蝶》三首优美的音乐。

1.1.2 Proteus 软件的界面与操作简介

本书只介绍 Proteus 原理图输入系统 (ISIS) 的工作环境和基本操作。

单击“开始 | 程序 | Proteus 7.6 Professional | ISIS 7.6 Professional”或者双击 ISIS 快捷图标，即可进入图 1-3 所示的 Proteus ISIS 工作界面。它是一种标准的 Windows 界面。下简单介绍各部分的功能。

1. 原理图编辑窗口

原理图编辑窗口用来绘制原理图。它是各种电路、单片机系统的 Proteus 仿真平台。元器件要放到编辑区。

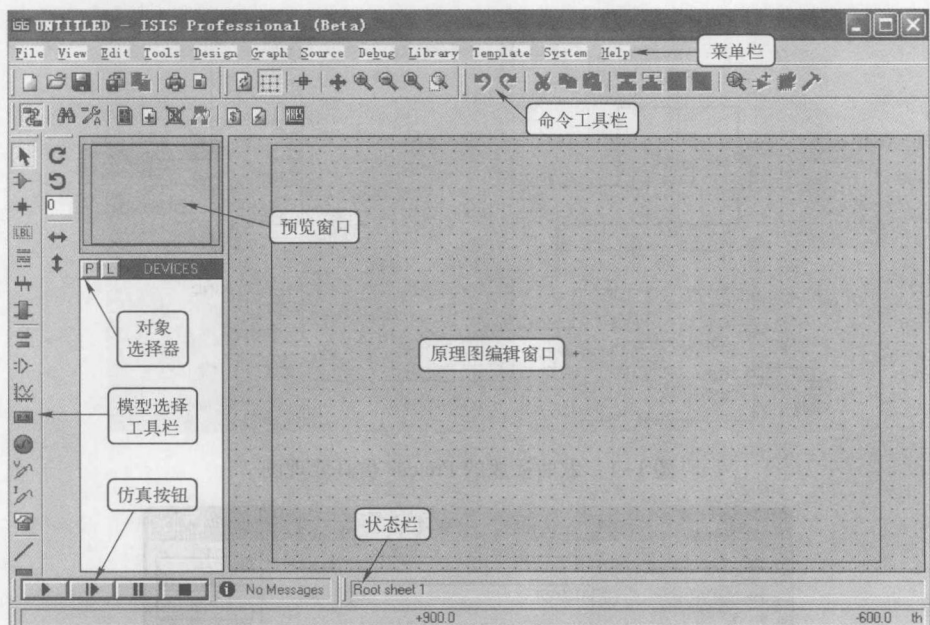


图 1-3 Proteus ISIS 工作界面

注意：原理图编辑窗口没有滚动条，可通过预览窗口改变原理图的可视范围。

2. 预览窗口

预览窗口可显示两个内容：一个是在元器件列表选择一个元器件时，显示该元器件的预览图；另一个是在鼠标焦点落在原理图编辑窗口时，显示整张原理图的缩略图，并会显示一个绿色的方框，绿色的方框里面的内容就是当前原理图窗口中显示的内容。通过改变绿色的方框的位置，可以改变原理图的可视范围。

3. 对象选择器

对象选择器用来选择元器件、终端、图表、信号发生器和虚拟仪器等。对象选择器上方有一个条形标签，表明当前所处的模式及其下所列的对象类型。如图 1-4 所示，当前模式为“选择元器件模式”，选中的元器件为“SOUNDER”，该元器件会出现在预览窗口。单击“P”按钮可将选中的元器件放置到原理图编辑区。

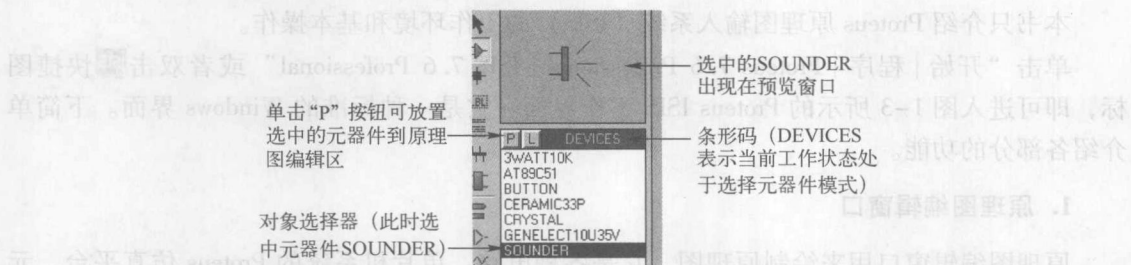


图 1-4 对象选择器

4. 模型选择工具栏

模型选择工具栏包括主模式选择按钮、小工具箱按钮和 2D 绘图按钮。这里只列出主模式选择按钮和小工具箱按钮的功能。

1) 主模式选择按钮

: 用于即时编辑元件参数 (先单击该按钮再单击要修改的元件)。

: 选择元件 (默认选择)。

: 放置连接点。

: 放置网络标号连接标签。

: 放置文本。

: 用于绘制总线。

: 用于放置子电路。

2) 小工具箱按钮

: 终端接口, 有 V_{CC} 、地、输出、输入等接口。

: 器件引脚, 用于绘制各种引脚。

: 仿真图表, 用于各种分析, 如 Noise Analysis。

: 录音机。

: 信号发生器。

: 电压探针, 使用仿真图表时要用到。

: 电流探针, 使用仿真图表时要用到。

: 虚拟仪表, 有示波器等 (可显示工作波形)。

5. Proteus 操作特性

下面列出了 Proteus 不同于其他 Windows 软件的操作特性。

(1) 在元件列表中选择元器件后可对其进行放置操作。

(2) 用鼠标右键选择元件后, 弹出快捷菜单。

(3) 双击鼠标右键可删除元件。

(4) 先单击鼠标右键, 再单击鼠标左键可以编辑元件的属性。

(5) 用鼠标左键连线, 可通过双击鼠标右键来删除画错的连线。

(6) 改连线的走线方式, 可先选中连线右击, 再单击鼠标左键拖动。

(7) 滚动鼠标中键可放缩原理图。

1.1.3 Proteus 仿真设计快速入门

实例 2 采用 Proteus 软件绘制如图 1-5 所示的仿真原理图, 再将编译好的流水灯控制程序流水灯 .hex 载入单片机, 启动仿真, 观察流水灯点亮效果。表 1-1 列出了所需添加的元器件。

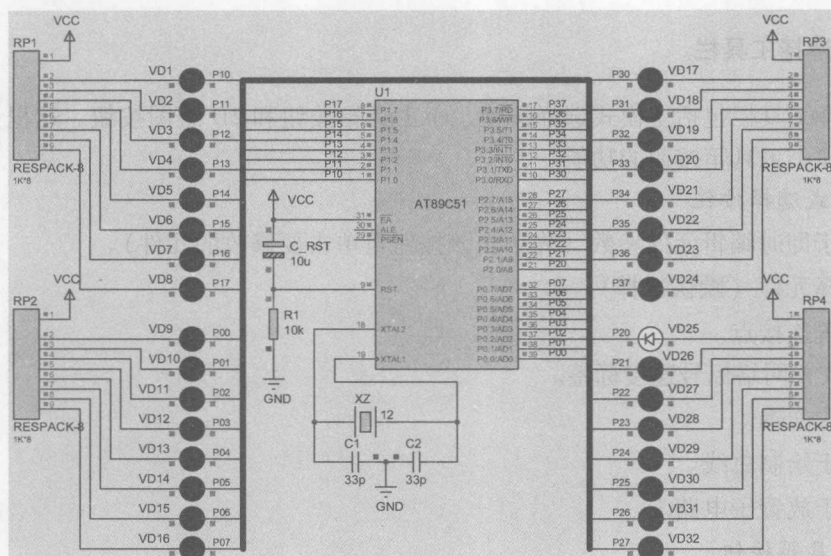


图 1-5 单片机控制流水灯的仿真原理图

表 1-1 单片机控制流水灯仿真所需元器件

元 器 件	名 字	描 述
单片机 U1	AT89C51	—
电阻排 RP1 ~ RP4	RESPACK - 8	—
电阻 R0	resistors	10k Ω (0.6W)
发光二极管 LED1 ~ LED32 (VD1 ~ VD32)	led - yellow (黄色)	—
电容 C1 ~ C2	capacitors	33pF (50V)
电解电容 C_RST	capacitors	10 μ F 50V
晶振 XZ	crystal	—

1. 新建设计文件

打开 Proteus ISIS 工作界面，单击 File | New Design 命令，弹出选择模板窗口，从中选择 DEFAULT 模板，单击“OK”按钮，然后单击“Save Design”按钮，弹出如图 1-6 所示的“Save ISIS Design File”对话框。设置好保存路径，在文件名框中输入“流水灯”后，单击“保存”按钮，则完成新建设计文件的保存，文件自动保存为“流水灯.DNS”。

2. 从元件库中选取元器件

单击图 1-3 所示元件选择器上的“P”按钮，弹出“Pick Devices”对话框，如图 1-7 所示。

(1) 添加单片机。打开“Pick Devices”对话框，在“Keywords”（关键字）文本框中输入“AT89C51”，然后从“Results”列表中选择所需要的型号。此时在元器件预览窗口中分别显示出元器件的原理图和封装图，如图 1-8 所示。单击“OK”按钮，或者直接双击“Results”列表中的“例程/AT89C51”，均可将元器件添加到对象选择器。

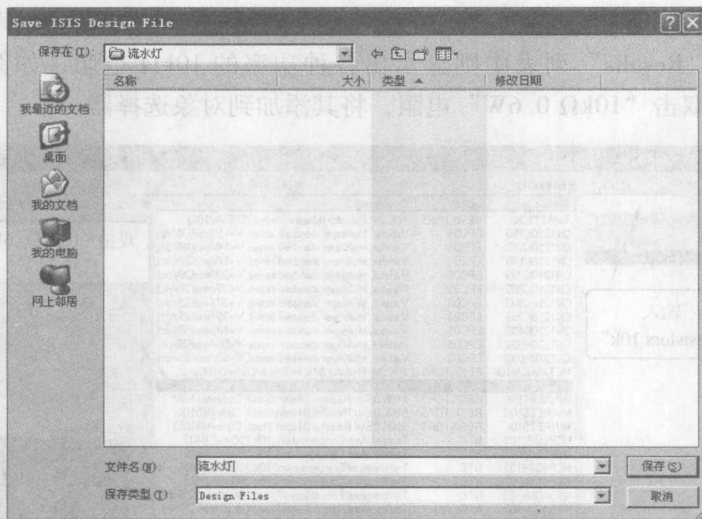


图 1-6 “Save ISIS Design File” 对话框

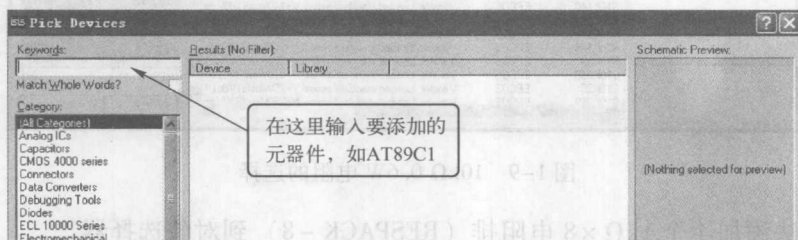


图 1-7 “Pick Devices” 对话框



图 1-8 添加单片机

(2) 添加电阻和电阻排。打开“Pick Devices”对话框，在“Keywords”文本框中输入“resistors 10k”，“Results”列表中则显示出各种功率的 10k Ω 电阻，如图 1-9 所示。在“Results”列表中双击“10k Ω 0.6W”电阻，将其添加到对象选择器。

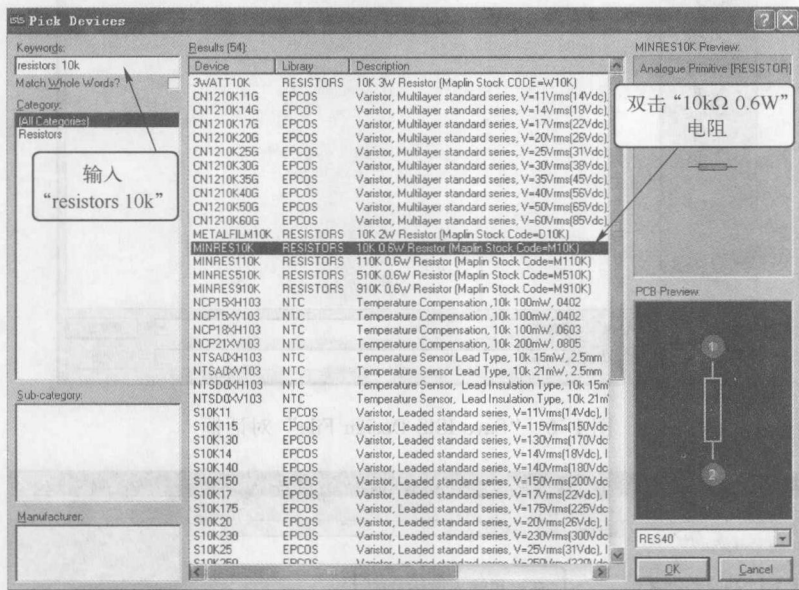


图 1-9 10k Ω 0.6W 电阻的选择

用同样方法添加 4 个 1k Ω $\times$ 8 电阻排 (RESPACK-8) 到对象选择器。

(3) 添加发光二极管。打开“Pick Devices”对话框，在“Keywords”文本框中输入“led-yellow”，“Results”列表中只有一种黄色发光二极管，双击该元器件，将其添加到对象选择器。

(4) 添加晶振。打开“Pick Devices”对话框，在“Keywords”文本框中输入“crystal”，“Results”列表中只有一种晶振类型，双击该元器件，将其添加到对象选择器。

(5) 添加电容。① 添加 33pF 电容。打开“Pick Devices”对话框，在“Keywords”文本框中输入“capacitors”，“Results”列表中列出了各种类型的电容，在“Keywords”文本框中接着输入“33pF”，则专门显示出各种型号的 33pF 电容。任选一个“50V”电容双击将其添加到对象选择器。② 添加 10 μ F 电解电容。打开“Pick Devices”对话框，在“Keywords”文本框中输入“capacitors 10 μ ”（不要输入 10 μ F），“Results”列表中则显示出各种

型号的 10 μ F 电容。选择“50V Radial Electrolytic”（圆柱形电解电容），双击将其添加到对象选择器。

元器件添加完毕后，对象选择器中的元器件列表如图 1-10 所示。

3. 放置、移动、旋转、删除和设置元器件

下面以单片机 AT89C51 为例介绍元器件的放置与编辑操作。

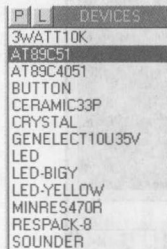


图 1-10 对象选择器中的元器件列表

(1) 放置元件。在元器件列表中, 选择“AT89C51”, 然后将光标移动到原理图编辑区, 在任意位置单击鼠标左键, 即可出现一个随光标浮动的元器件原理图符号, 如图 1-11 所示。移动光标到适当位置单击鼠标左键即可完成该元器件的放置, 效果如图 1-12 所示。

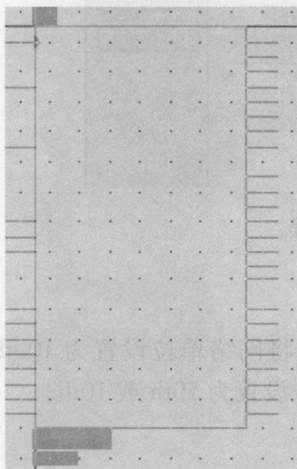


图 1-11 随光标浮动的单片机符号

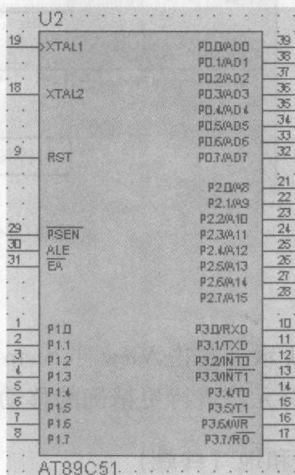


图 1-12 放置后的单片机符号

(2) 移动和旋转元件。用鼠标右键单击 AT89C51 单片机, 弹出如图 1-13 所示的快捷菜单。本例只需要对单片机进行垂直翻转操作, 所以选择“Y-Mirror”命令即可。

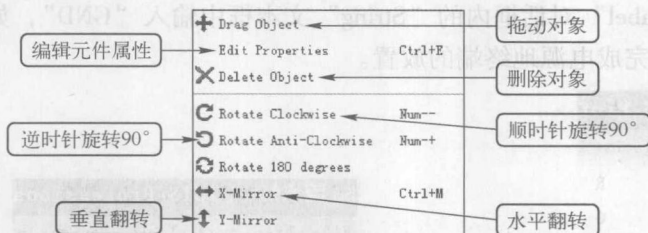


图 1-13 右键单击元器件弹出的快捷菜单(部分)

(3) 删除元件。用下面三种方法可以将原理图上的单片机删除。

- ① 将鼠标放到单片机 AT89C51 上, 用鼠标右键双击, 可将其删除。
- ② 用鼠标左键框选 AT89C51, 然后按下 Delete 键, 可将其删除。
- ③ 用鼠标左键按住 AT89C51 不放, 同时按下 Delete 键, 可将其删除。

(4) 调整元器件方位。在编辑窗口右击 LED - YELLOW, 使其高亮显示, 单击旋转 C、或 按钮, 最终调整 LED-YELLOW 方位见图 1-5。

(5) 元件属性设置。用鼠标右键单击 AT89C51 单片机, 从弹出的快捷菜单中选择“Edit Properties”命令, 弹出“Edit Component”对话框, 对单片机的属性进行设置。结果如图 1-14 所示。

用类似的方法放置和编辑其他元器件, 放置后各元器件的位置见图 1-5。