

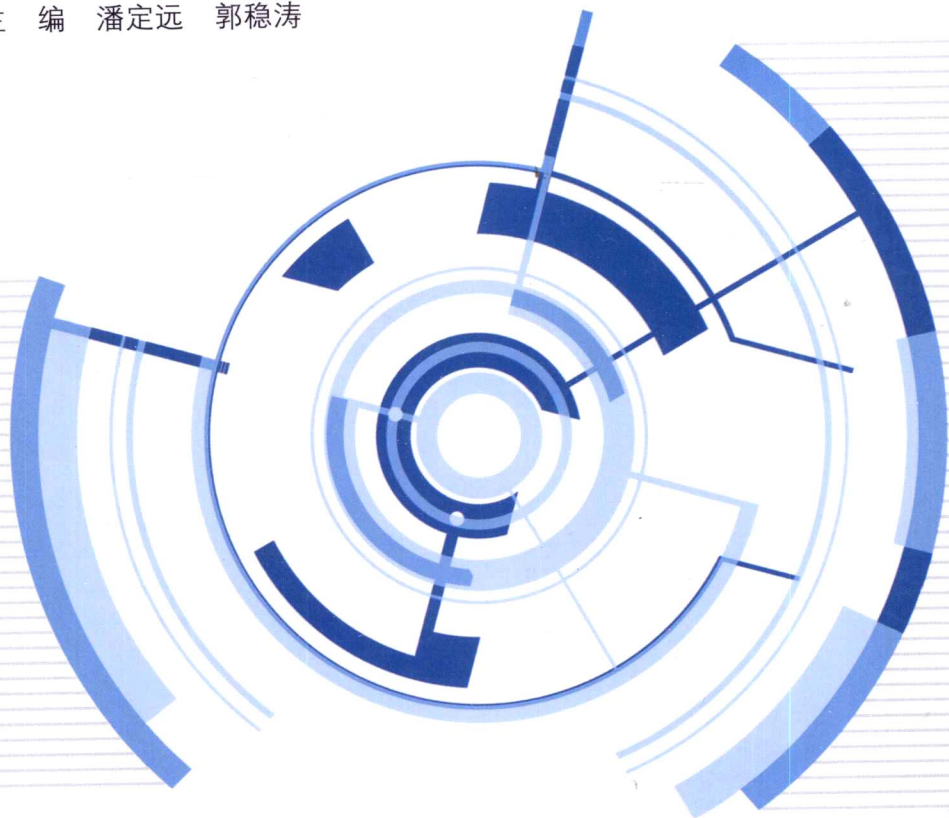


面向“十二五”高等学校精品规划教材
高等教育课程改革项目研究成果

单片机应用技术 项目教程

DANPIANJI YINGYONG JISHU XIANGMU JIAOCHENG

主 编 潘定远 郭稳涛



 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

单片机应用技术项目教程

潘定远 郭稳涛 主编

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书按照电子类专业对应岗位和能力培养的要求,整合教学内容,重构了原单片机技术、传感器技术、智能仪器3门课程的内容,形成了工学结合、项目导向、任务驱动、情景教学的工作过程系统化的模块式课程结构。

本书通过4个模块(基础知识、接口应用、应用技术、综合实训)的学习能达到培养学生技术能力与通用能力的目的,从而具备智能电子产品的设计与装接能力。

本书可作为高等院校电子类专业的学生使用,还可供其他电子技术或嵌入式系统设计的初级爱好者使用。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

单片机应用技术项目教程/潘定远,郭稳涛主编. —北京:北京理工大学出版社,2011.7

ISBN 978-7-5640-4646-0

I. ①单… II. ①潘… ②郭… 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(2011)第112760号

出版发行/北京理工大学出版社

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址/http://www.bitpress.com.cn

经 销/全国各地新华书店

印 刷/北京泽宇印刷有限公司

开 本/787毫米×960毫米 1/16

印 张/17.75

字 数/371千字

版 次/2011年7月第1版 2011年7月第1次印刷

印 数/1~1500册

定 价/39.00元



责任校对/陈玉梅

责任印制/王美丽

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

本书共分 8 章，按照电子类专业对应岗位和能力培养的要求，整合教学内容，重构了原单片机技术、传感器技术、智能仪器 3 门课程的内容，形成了工学结合、项目导向、任务驱动、情境教学的工作过程系统化的模块式课程结构。“智能电子产品的设计与装接”课程结构上总体分成 4 大模块（基础知识、接口应用、实用技术、综合实训），每一个模块为相应阶段职业能力的教学内容。可根据需要选择相关模块学习或参考，并可在各模块学习过程中选择不同课时、不同层次的学习内容。每个模块安排了若干学习情境，每个学习情境通过实际的工作项目和具体的工作任务，较为系统和全面地阐述了智能电子产品的系统结构，MCS-51 系列单片机的内部结构、指令系统、中断系统、定时/计数器、接口技术，智能电子产品开发方法和工具的使用。通过 4 个模块的学习能达到培养学生技术能力与通用能力的目的，从而具备智能电子产品的设计与装接能力。本书改变了传统的理论和实验分别教学的模式，实现了在情境教室实施的“项目导向、任务驱动、过程展开、理实一体”教学模式，注重学生的能力和素养的培养。

本书编写过程中得到张群慧、何一芥、张金菊等同志的大力支持和帮助。张群慧老师编写了第 1 章，潘定远老师编写第 2~第 6 章，何一芥老师编写了第 7 章，张金菊老师编写了第 8 章，在此对他们的工作表示衷心的感谢。

本书可作为高等院校学生学习单片机原理与应用的主导或辅助教材，还可以供其他希望自学电子技术或嵌入式系统设计的初级爱好者使用。

由于编者水平有限，疏漏之处在所难免，恳请专家和读者对本书提出批评与建议。

目 录

模块 1 智能电子技术基础

第 1 章 智能电子产品最小系统	(3)
学习情境 1-1 初识单片机.....	(4)
学习情境 1-2 开发工具的使用.....	(6)
学习情境 1-3 制作智能电子最小系统.....	(13)
学习情境 1-4 单片机的数制与编码.....	(15)
学习情境 1-5 单片机的内部结构.....	(19)
本章复习思考题.....	(26)
第 2 章 汇编语言——智能电子产品的指令系统	(28)
学习情境 2-1 数据传送指令.....	(29)
学习情境 2-2 运算类指令.....	(51)
学习情境 2-3 逻辑运算指令.....	(63)
学习情境 2-4 控制转移指令功能和位操作功能.....	(72)
学习情境 2-5 汇编语言源程序的汇编.....	(87)
本章复习思考题.....	(92)
第 3 章 应急处理——智能电子产品的中断系统	(94)
学习情境 3-1 单键程控彩灯.....	(95)
学习情境 3-2 双键程控彩灯.....	(102)
本章复习思考题.....	(109)
第 4 章 电子闹钟——智能电子产品的定时计数器	(110)
学习情境 4-1 LED 闪烁控制.....	(111)
学习情境 4-2 BCD 码显示 60 s 计数器.....	(118)
学习情境 4-3 外部脉冲计数器.....	(123)
学习情境 4-4 单音阶发生器.....	(125)
本章复习思考题.....	(130)



模块2 接口技术

第5章 输入与输出——智能电子产品的 I/O 接口电路	(133)
学习情境 5-1 键盘控制数码广告牌	(134)
学习情境 5-2 4×4 矩阵键盘控制双数码管显示	(143)
学习情境 5-3 液晶显示数字广告	(152)
本章复习思考题	(160)
第6章 串口通信——智能电子产品的通信系统	(161)
学习情境 6-1 双机通信	(161)
学习情境 6-2 多机通信	(182)
本章复习思考题	(194)

模块3 实用技术

第7章 智能电子产品的系统结构	(199)
学习情境 7-1 智能仪器的系统结构	(199)
学习情境 7-2 简易 DC 电压表	(211)
学习情境 7-3 自动转换电压表	(218)
本章复习思考题	(225)

模块4 综合应用

第8章 智能电子产品的设计与制作	(229)
学习情境 8-1 C51 程序设计	(229)
学习情境 8-2 Keil 软件使用	(252)
学习情境 8-3 综合实训——智能电子小车的设计与制作	(266)
本章复习思考题	(275)
附录 A ASCII 码表	(277)

模 块 1

智能电子技术基础

第 1 章 智能电子产品最小系统

学习情境导航

知识目标

1. 常见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 and 数据的存放：程序控制器；数据存储器
4. I/O 口的知识
5. 单片机的内部结构
6. 常见专用寄存器（A、PSW、SP、DPTR）

能力目标

1. 伟福（wave）软件的使用
2. Proteus 的基本操作
3. 单片机的连线：电源连接；时钟电路连接；复位电路；EA 引脚的连接
4. 掌握单片机电路的开发过程

重点、难点

1. 单片机管脚的基本连接
2. 伟福（wave）软件和 Proteus 的基本操作
3. I/O 口的知识

推荐教学方式

将单片机结构与人或生产车间进行类比，便于学生理解；通过“一体化”教学，结合 Proteus 和 wave 6000 两个软件，边讲边做，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；两个应用软件应多上机操作。



学习情境 1-1 初识单片机

一、单片机的基本概念

单片机是集成在一个芯片上的计算机，全称单片微型计算机 SCMC (Single Chip Micro-Computer)。单片机是计算机、自动控制和大规模集成电路技术相结合的产物，融计算机结构和控制功能于一体。图 1-1 是单片机示意图，其中黑色的是塑料外壳，保护着里面的半导体芯片，而白色发光的部分则是其金属引脚，单片机通过这些引脚与外部通信。

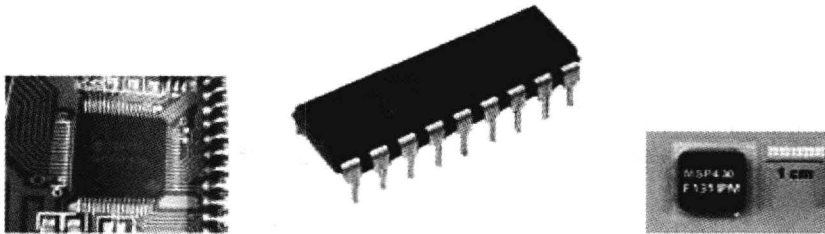


图 1-1

二、单片机的主要分类

单片机按照不同的方式进行分类如下。

- (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。

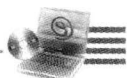
通用型单片机的主要特点是：内部资源比较丰富，性能全面，而且通用性强，可覆盖多种应用要求。

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。

- (3) 按总线结构可分为：总线型和非总线型。
- (4) 按字长位数可分为：4 位机、8 位机、16 位机和 32 位机。
- (5) 按结构体系可分为：诺依曼结构和哈佛结构。
- (6) 按指令体系可分为：CISC (Complex Instruction Set Computer) 复杂指令体系和 RISC (Reduced Instruction Set Computer) 精简指令体系。
- (7) 按生产工艺可分为：HMOS 型和 CHMOS 型。

三、单片机的发展过程

单片机诞生于 20 世纪 70 年代，像仙童 (Fairchild) 公司研制的 F8 单片微型计算机就是当时的产品。这时的单片机还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 口) 集成到芯片上，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。



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，像 Zilog 公司的 Z8 系列。到了 20 世纪 80 年代初，单片机已发展到了高性能阶段，像 Intel 公司的 MCS-51 系列、Motorola 公司的 6801 系列和 6802 系列、Rockwell 公司的 6501 系列及 6502 系列等。此外，日本的著名电气公司 NEC 和 Hitachi 都相继开发了具有自己特色的专用单片机。

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 位单片机比起 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。

20 世纪 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，在业界中占有一席之地。

随后出现了更多的单片机品种。Motorola 公司接着发布了 MC68HC05 系列单片机，MC68HC05 系列以其高速低价等特点赢得了不少用户。日本的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。

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。

在此期间，单片机品种纷繁复杂，有 8 位、16 位，甚至 32 位机，但 8 位单片机仍以价格低廉、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着主导地位。由于 Intel 公司拥有雄厚的技术、性能优秀的机型和良好的基础，所以，其生产的单片机仍是主流产品。

中国目前最常用单片机的厂家如下。

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)



四、MCS-51 系列单片机

MCS-51 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，所以人们习惯于用 8051 来称呼 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。

这两大系列单片机的主要硬件特性见表 1-1。

表 1-1 常用型号单片机比较

片内 ROM 格式			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	2×16	4×8	6
80C32	80C52	87C52	8 KB	256 B	64 KB	2×16	4×8	6

80C51 单片机是在 8051 的基础上发展起来的，它们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，这两种单片机是完全可互相移植的。主要差别就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，该工艺具有高速度、高密度的特性。

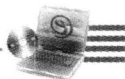
80C51 系列单片机采用的是 CHMOS 工艺，该工艺具有高速度、高密度、低功耗的特性。

单片机自 20 世纪 70 年代末问世以来，已走过 30 多年的发展历程。目前使用最多的仍是 8 位单片机。而在 8 位单片机中，具有基础和典型意义的是 8051 及其改进型 80C51，特别是 80C51 的使用更为广泛，本教材以 80C51 为基本教学内容。

学习情境 1-2 开发工具的使用

一、任务目标

- (1) 实训板的基本使用方法。
- (2) Proteus 和 wave 的基本操作。
- (3) 编程器的基本操作。



二、知识链接

(一) 实训板

目前市面上有许多专供单片机初学者学习 MCS-51 系列单片机程序的辅助实验(实训)板。这些实训装置通常由电源、实训板、并口和串口电缆及相关软件组成。通过正确使用实验板,可以很快掌握单片机指令的使用方法,直观地看到程序运行结果。这些实验板的使用方法也很简单,一般只要插上电源,和电脑的并行口连接(数据通信还要连接串行口)即可,除了要了解单片机本身有关知识以外,几乎不增加其他方面的学习负担。通过实训,可以掌握单片机常用的 I/O 操作、键盘扫描、数码管显示、RAM 扩展、A/D 和 D/A 转换、中断处理、数据通信等操作。

这些实验板对电脑没有特殊要求,但通常必须有一个并行通信口和一个 RS-232 串行通信口,当然也有一些是支持 USB 接口的。如果自备仿真器,则使用更加方便。

(二) Proteus 简介

Proteus 是一个完整的嵌入式系统软件、硬件设计仿真平台。Proteus 电路设计是在功能强大的原理布线工具 Proteus ISIS 环境中进行绘制的。Proteus ISIS 编辑环境具有友好的人机交互界面,设计功能强大,使用方便,易于上手。

1. Proteus 构成






- (1) 原理图输入系统 ISIS。
- (2) 混合模型仿真器。
- (3) 动态器件库。
- (4) 高级图形分析模块。
- (5) 处理器仿真模型 VSM。
- (6) 布线/编辑 ARES。

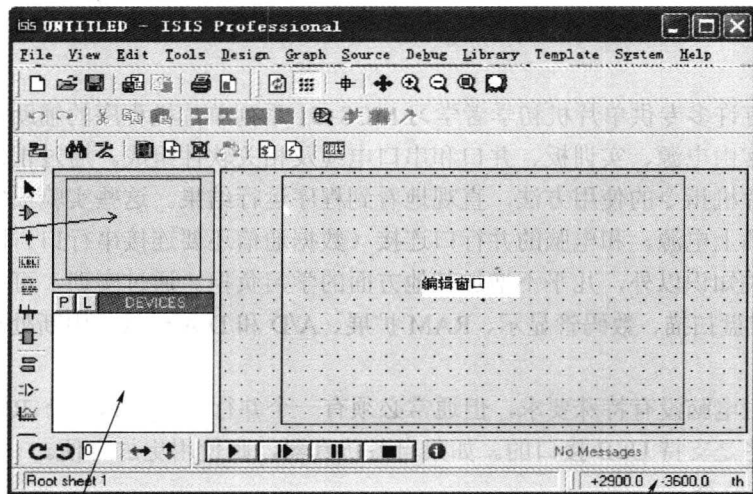
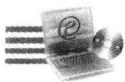
2. Proteus ISIS 编辑环境

电路设计是在 Proteus ISIS 环境中进行绘制的。当运行 Proteus ISIS 的执行程序后将进入 Proteus ISIS 的编辑环境,如图 1-2 所示。

选择相应的工具箱图标按钮,系统将提供不同的操作工具。对象选择器根据选择不同的工具箱图标按钮决定当前状态显示的内容。显示对象的类型包括元器件、终端、引脚、图形符号、标注和图表等。

工具箱中各图标按钮对应的操作如下。

- : 选择元器件。
- : 在原理图中标注连接点。
- : 标志线段(为线段命名)。
- : 在电路中输入脚本。
- : 在原理图中绘制总线。



对象选择器

光标坐标栏

图 1-2 Proteus ISIS 编辑环境

☞：绘制子电路块。

⤴：可以单击任意元器件并编辑元器件的属性。

☞：对象选择器列出各种终端（输入、输出、电源和地等）。

⤴：对象选择器将出现各种引脚（普通引脚、时钟引脚、反电压引脚和短接引脚等）。

☞：对象选择器出现各种仿真分析所需的图表（模拟图表、数字图表、噪声图表、混合图表和 A/C 图表等）。

☞：对设计电路分割仿真时用此模式。

☞：对象选择器列出各种激励源（正弦激励源、脉冲激励源、指数激励源和 FILE 激励源等）。

☞：可在原理图中添加电压探针。电路进入仿真模式时，可显示探针处的电压值。

☞：可在原理图中添加电流探针。电路进入仿真模式时，可显示探针处的电流值。

☞：对象选择器列出各种虚拟仪器（示波器、逻辑分析仪、定时/计数器的模式发生器等）。

除上述图标按钮外，系统还提供 2D 图形模式图标按钮。

☞：直线按钮，用于创建元器件或表示图表时绘制线。

☞：方框按钮，用于创建元器件或表示图表时绘制方框。

☞：圆按钮，用于创建元器件或表示图表时绘制圆。

☞：弧线按钮，用于创建元器件或表示图表时绘制弧线。

☞：任意形状，用于创建元器件或表示图表时绘制任意形状。


A：文本编辑按钮，用于插入各种文字说明。


☞：符号按钮，用于选择各种符号元器件。


☞：标记按钮，用于产生各种标记图标。对于具有方向性的对象，系统还提供如下各种旋




转图标按钮。

: 方向旋转按钮, 以 90°偏转改变元器件的放置方向。

: 水平镜像旋转按钮, 以 Y 轴为对称轴按 180°偏置旋转元器件。

: 垂直镜像旋转按钮, 以 X 轴为对称轴按 180°偏置旋转元器件。

: 其中的 P 是 Pick 切换按钮, 单击该按钮可以弹出 Pick Devices, Pick Port, Pick Terminals, Pick Pins 或 Pick Symbols 窗体, 通过不同的窗体, 可以分别添加元器件端口、终端、引脚或符号到对象选择器中, 以便在今后的绘图中使用。

在图 1-2 中 Proteus ISIS 的菜单栏包括 File (文件)、View (视图)、Edit (编辑)、Library (库)、Tools (工具)、Design (设计)、Graph (图形)、Source (源)、Debug (调试)、Template (模板)、System (系统) 和 Help (帮助), 单击任一菜单后都将弹出其菜单项。Proteus ISIS 完全符合 Windows 菜单风格。

File (文件) 菜单项: 包括常用的文件功能, 如打开新的设计、加载设计、保存设计、导入/导出文件, 也可打印、显示最近使用过的设计文档, 以及退出 Proteus ISIS 系统等。

View (视图) 菜单项: 包括是否显示网格、设置格点间距、约定缩放电路及显示与隐藏各种工具栏等。

Edit (编辑) 菜单项: 包括撤销/恢复操作, 查找与编辑、剪切、复制、粘贴元器件及设置多个对象的叠层关系等。

Library (库) 菜单项: 包括添加、创建元器件/图标及调用库管理器。

Tools (工具) 菜单项: 包括实时标注、实时捕捉及自动布线等。

Design (设计) 菜单项: 包括编辑设计属性、编辑图纸属性、进行设计注释等。

Graph (图形) 菜单项: 包括编辑图形、添加 Trace、仿真图形和分析一致性等。

Source (源) 菜单项: 包括添加/删除源文件、定义代码生成工具调用外部文本编辑器。

Debug (调试) 菜单项: 包括启动高度、执行仿真、单步执行和重新排布弹出窗口等。

Template (模板) 菜单项: 包括设置图形格式、文本格式、设计颜色、线条连接点大小和图形等。

System (系统) 菜单项: 包括设置自动保存时间间隔、图纸大小和标注字体等。

Help (帮助) 菜单项: 包括教学示例。

3. Proteus 基本操作步骤

(1) 新建设计文件。

(2) 调出元件到元件池。

(3) 放置元件并连线。

(4) 加载程序文件。

(5) 仿真。

(三) 伟福软件

用鼠标双击桌面上的伟福编程软件的图标, 即可进入编程环境, 如图 1-3 所示。

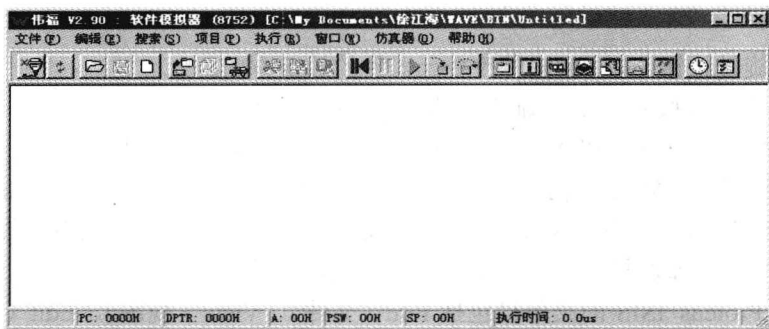
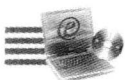


图 1-3 伟福软件编辑环境

与一般的应用软件类似，该软件有标题栏、菜单栏、工具栏、状态栏和工作区等。功能也与以前用过的其他软件一样，具体使用时再介绍。

在应用该软件之前最好先在 D 盘上建立自己的工作文件夹，过程略。

1. 文件的建立和保存

单击“文件”菜单，执行“新建文件(N)”选项，在工作区中出现文件名为 NONAME1 的编辑文档，再单击“文件”菜单执行“保存文件(S)”选项，出现保存文件的对话框，找到自己的工作文件夹，并将文件名改为汇编语言的文件名，即扩展名为.ASM，如 AA.ASM，单击“保存”按钮即可。工作区里的编辑文档的文件名将改为修改的名称 AA.ASM，如图 1-4 所示。文件名的长度一般小于等于 8 个字符。

2. 文件的打开

若要打开一个已存在的文件，就单击菜单文件执行“打开文件(O)”选项，或者直接单击工具栏中打开文件的图标，都会出现对话框，找到相应的文件夹，选择要打开的文件，单击“打开”按钮。伟福环境可以同时打开多个汇编文件。

建立新文件也可通过打开一个已有文件，然后单击“文件”菜单执行“另存为(A)”选项，出现保存文件对话框，起一个合适的名称保存即可。

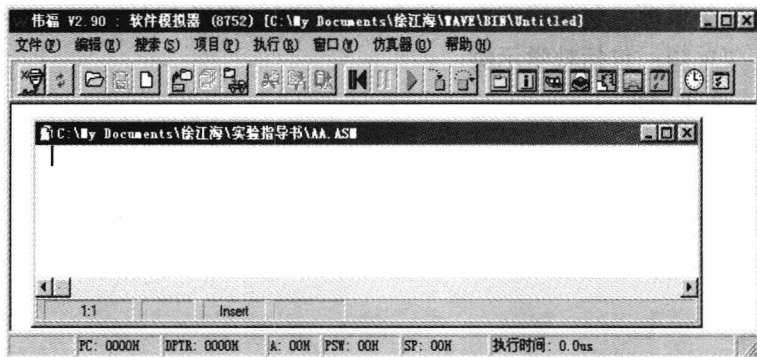


图 1-4 编辑文档环境



3. 汇编文件的编写

· 在已打开的文件编辑中编写程序，程序的编写应符合汇编语言指令的格式，这在理论课上已学过，这里不再重复。

编写时最好将所有的标号靠左对齐，指令的操作码对齐，以便于阅读。编辑时可以使用“编辑(E)”菜单里的选项，或使用工具栏中的“剪切、复制、粘贴”等图标，来提高编辑速度。程序中用到的标点符号应在英文状态下输入。

4. 文件的编译

编辑好的文件就可以编译，编译时可以单击“项目(P)”菜单执行“编译(M)”选项，也可直接单击工具栏中的“编译”图标。编译时一定要将光标移到编辑文档内部。编译过程中系统会检查语法错误，有中文提示错误类型，并指出所在行(编辑文档的状态栏有行列的信息)，改正后继续编译直到没有语法错误。查找某行也可通过“搜索(S)”菜单进行。文件编译好后可以通过信息窗口查看有关的信息，单击工具栏中的“信息窗口”图标，也可在“窗口(W)”菜单中选择，可以观察到所写程序编译后产生的目标程序文件，即十六进制文件和二进制文件。

5. 程序的模拟运行

编译好的程序可以在环境中模拟运行，单击“执行(R)”菜单里的有关选项，或工具栏中的执行选项图标(复位、全速运行、跟踪、单步等)。“跟踪”或“单步”执行时，可以打开“CPU窗口”，观察内部特殊功能寄存器中数据的变化，打开“数据窗口”观察内部RAM中的数据变化情况，可以分析程序编写是否正确。“跟踪”和“单步”的区别：“跟踪”可以进入子程序内部，而“单步”将调用指令看做一句指令，执行时跨越过去，执行下一句指令。

6. 编程

编译好的文件，可以通过编程器将目标文件下载(编程)到芯片内部，插到设计好的电路上实际运行。使用前先检查编程器与计算机的连线是否接好，并插上编程器的电源。用鼠标双击桌面上的编程器图标，进入编程器的使用环境，如图1-5所示。

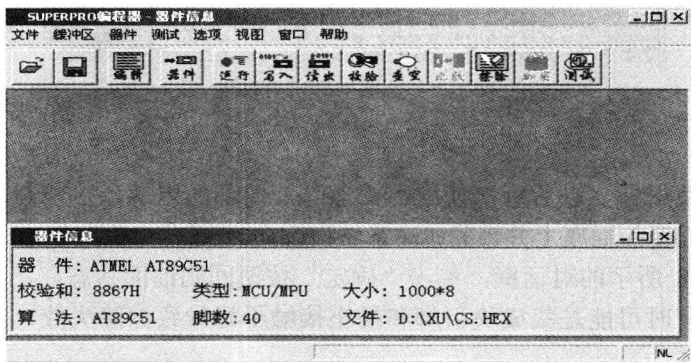


图 1-5 编程器使用环境

跟一般的应用软件一样，编程器有许多内容，本书只需要了解其中的几项操作。