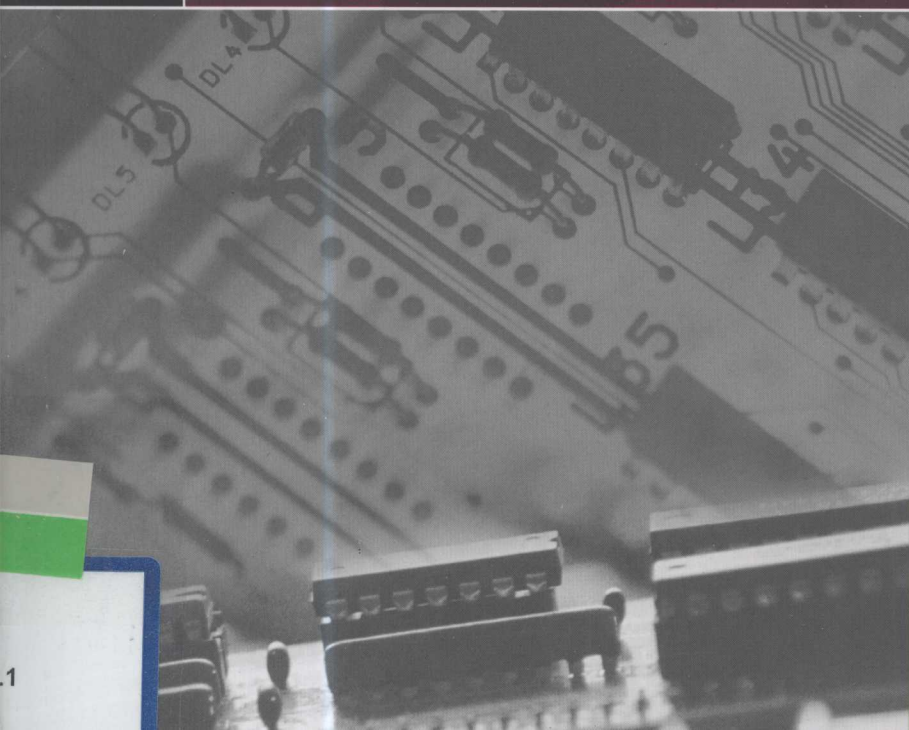


单片机原理与应用 实践指导

吴飞青 丁晓 李林功 练斌 编著



机械工业出版社
China Machine Press

21
纪

高等院校电子信息类本科规划教材

TP368.1
286

单片机原理与应用 实践指导

吴飞青 丁晓 李林功 练斌 编著



机械工业出版社
China Machine Press

本书从培养单片机技术应用开发能力出发,考虑到本科学生的特点,重点突出教学内容的应用性、实用性和趣味性。全书共分两篇,第一篇为知识准备,内容包括:仿真器,编程器,在系统编程 ISP。第二篇为实践指导,内容包括:程序调试方法,彩灯设计,抢答器设计,数字秒表设计,串行通信系统设计,存储器扩展,键盘与显示系统设计,波形发生器设计,数字温度计设计,交通灯设计,单片机音乐播放器设计,电梯控制器设计,LED 点阵显示系统设计,电子密码锁设计,红外报警器设计,电子万年历设计,洗衣机控制器设计,数字电压表设计,酒精测试仪设计,出租车计价器设计。

本书为《单片机原理与应用》一书的配套教材,可作为高等院校本、专科学生“单片机原理与应用”实践教学用书,也可作为工程技术人员、单片机爱好者的技术参考书。

版权所有,侵权必究。

本书法律顾问 北京市展达律师事务所

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与应用实践指导 / 吴飞青, 丁晓, 李林功, 练斌编著. —北京: 机械工业出版社, 2009.2

(21 世纪高等院校电子信息类本科规划教材)

ISBN 978-7-111-11500-7

I. 单… II. ①吴… ②丁… ③李… ④练… III. 单片微型计算机-实践-高等院校-教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 119292 号

机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 曾 珊

三河市明辉印装有限公司印刷

2009 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·14.75 印张

标准书号: ISBN 978-7-111-11500-7

定价: 28.00 元

凡购本书, 如有倒页、脱页、缺页, 由本社发行部调换
本社购书热线: (010) 68326294

前 言

“单片机原理与应用”是一门应用性强、实践性强、实用性强的课程，实践教学是学好、用好单片机技术的重要保证。为更好地让读者系统、全面了解单片机技术的应用，牢固掌握单片机应用系统的设计、开发、调试方法，不断提高单片机技术应用能力，我们经过多年的实践摸索，精心编写了这本与《单片机原理与应用》（李林功等主编）一书配套的实践指导。

本书根据单片机的技术特点，结合“单片机原理与应用”课程的教学要求，充分考虑学生的特点，在内容选择上使其具有代表性、实用性和趣味性，力争**使抽象变具体，使深奥变容易，使枯燥变有趣，使遥远变实际**。内容安排由浅入深，循序渐进，易读易懂易掌握。全书共分两篇，第一篇为知识准备，内容包括：仿真器的使用、编程器的使用和 ISP 功能介绍。主要目的是为设计单片机应用系统做好准备。第二篇为实践指导，内容包括：程序调试方法、彩灯设计、抢答器设计、数字秒表设计、串行通信系统设计、存储器扩展、键盘与显示系统设计、波形发生器设计、数字温度计设计、交通灯设计、单片机音乐播放器设计、电梯控制器设计、LED 点阵显示系统设计、电子密码锁设计、红外报警器设计、电子万年历设计、洗衣机控制器设计、数字电压表设计、酒精测试仪设计和出租车计价器设计共 20 个项目。

本书内容丰富、实用、有趣，叙述简洁清晰，可操作性强，突出对单片机应用系统设计的指导，注重训练读者的单片机应用系统设计与制作能力。本书可作为高等院校电子信息工程、通信工程、自动化、电气控制类专业“单片机原理与应用”课程的实践指导书，单片机课程设计、毕业设计的指导教材，或作为大学生电子设计竞赛的参考用书，也可作为工程技术人员、单片机爱好者进行单片机产品设计与开发的参考用书。

本书由浙江大学宁波理工学院吴飞青、丁晓、李林功、练斌编著。在本书的编写、出版过程中，借鉴了许多优秀教材的宝贵经验，参考了大量的国内外著作和资料，得到了许多专家和学者的大力支持，听取了来自多个兄弟院校教师们的宝贵意见和建议，参阅了许多科研人员的研究成果，得到了机械工业出版社华章分社多位编辑和工作人员的大力帮助和支持，在此一并表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限，错误和不足在所难免，敬请各位读者批评斧正。

编者

2008 年 6 月

教学建议

本教材提供 20 个教学模块，模块 1~10 为基础教学模块，模块 11~20 为应用模块。每个基础教学模块都包含基础部分和扩展部分，从形式到内容都是开放的。基础部分是每个学生都应该完成的实践教学内容，目的在于巩固学习理论知识，锻炼培养基本实践方法和技能；扩展部分是专门为有兴趣、有特长的学生提供的，使他们有足够的发挥空间，甚至能够开发出相关产品，目的是将理论应用于实践，培养学生的产品开发能力。应用模块主要为学生业余时间（如课后、晚上、周末、节假日等）提供实践指导，目的是让单片机技术能够与后续课程、课程设计、专业实践、科技创新、电子竞技、毕业设计等教学环节紧密结合，提高学生的就业能力。教学过程中，可根据实际情况选择调整。

章 次	学习要点	教学要求	参考课时
1	①线性程序、分支程序、循环程序、子程序的结构特点及编程注意事项。 ②汇编语言程序设计和调试方法。	①熟悉单片机开发环境的软硬件资源和使用方法。 ②编写、调试不同结构的程序。 ③趣味程序设计、调试。	2~6
2	①单片机端口结构及功能，输入输出控制及使用方法。 ②发光二极管的工作原理及驱动方法。 ③延时程序的编写和应用。	①设计单片机最小系统，利用一个端口连接 8 个 LED，编写程序使 LED 以不同方式闪亮。 ②利用三基色原理设计一个彩灯。	2~6
3	①中断方式的选择与软件编程方法。 ②数码管、蜂鸣器的工作原理及驱动方法。	①分别利用单一外部中断和两级中断方式控制 LED 点亮和熄灭。 ②利用多级中断原理，设计一个抢答器系统，抢答成功者，语音提示，并显示代号。	2~6
4	①定时/计数器的结构特点、工作原理及其使用方法。 ②数码管的驱动原理。	①利用定时器的定时功能，设计一个数字秒表，定时范围：0~99 秒，每秒加 1，两位数码管显示。 ②设计一个倒计时数字秒表，定时范围：59~0 秒，每秒减 1，两位数码管显示。手动开关合上，秒表工作，开关断开，秒表停止工作。	2~6
5	①串行通信原理与控制。 ②波特率设置。	①根据串行通信原理，将单片机 A 作为发送方，并设置 8 位指拨开关；单片机 B 作为接收方，并连接 8 个发光二极管。编程实现双机串行通信，当单片机系统 A 中拨上一个开关时，单片机系统 B 中对应的二极管发光。 ②设计实现其他方式的串行通信。	2~4
6	①存储器扩展原理与方法。 ②地址译码方法。 ③常用存储器芯片识别。	①在单片机最小系统上扩展数据存储器、程序存储器。编写程序验证扩展的正确性。 ②扩展串行存储器。	2~4

(续)

章 次	学习要点	教学要求	参考课时
7	①编码键盘扫描原理。 ②数码管动态显示原理。	①在最小系统上扩展一个 4×4 键盘, 8 位数码管, 在第 1 位数码管上显示按键键值。 ②编写程序实现动态显示按键键值。	2~6
8	①数/模转换的基本原理及编程方法。 ②常用数/模转换芯片的使用方法。 ③串行口扩展 I/O 口的方法。	①在最小系统上扩展 DAC0832 芯片, 编程输出各种波形。 ②设计一个可控波形发生器, 不同开关控制输出不同的波形。	2~4
9	①模/数转换的基本原理及编程方法。 ②常用模/数转换芯片的使用方法。 ③AD590, DS18B20 芯片使用方法。	①在最小系统上扩展模/数转换芯片 ADC0809, 利用温度传感器 AD590 设计一个数字温度计, 能显示环境温度。 ②利用集成温度传感器 DS18B20, 设计一个温度控制器。可以显示环境温度, 控制升降温、超温报警。	2~6
10	①单片机资源综合利用。 ②单片机应用系统分析、设计、调试方法。	①设计一个交通灯控制系统, 用红、绿、黄三种颜色的 12 个发光二极管分别代替东、西、南、北四个方向的红、绿、黄灯, 用 4 个 2 位 LED 数码管分别显示东、西、南、北方向通行时间, LED 数码管减 1 倒计时显示。 ②在基本交通灯基础上, 用按键控制让急救车优先通行, 即按下按键后, 东、西、南、北方向均为红灯。	2~6
11	①音调与频率的关系, 节拍与时间的关系。 ②单片机应用系统设计和调试方法。	①利用单片机的定时功能实现音调与节拍, 演奏歌曲。 ②用按键控制输出不同音符, 模拟电子琴功能。	4~8
12	①步进电机的工作原理及驱动方法。 ②单片机应用系统设计和调试方法。	①设计一个步进电机控制系统, 能够在不同按键控制下实现启动、正转、反转、停止功能。 ②模拟电梯运行状况。	4~10
13	①LED 点阵工作原理及驱动方法。 ②单片机应用系统设计和调试方法。	①设计一个 LED 点阵显示系统, 能够显示数字、字符、图形。 ②动态图形显示。	4~10
14	①继电器工作原理。 ②按键扫描、数码管显示原理。 ③单片机应用系统设计和调试方法。	设计一个密码锁系统, 按键设置、输入密码, 密码正确开锁并提示, 密码错误时, 不开锁并提示。	4~8
15	①红外发射、接收原理及驱动方法。 ②单片机应用系统设计和调试方法。	①设计一个红外报警系统, 物体进入指定区域时报警。 ②设计一个简易红外遥控器。	4~10
16	①时钟芯片的结构特点、工作原理及使用方法。 ②LCD 显示原理。 ③单片机应用系统设计和调试方法。	①利用时钟芯片, 设计一个电子万年历, 在数码管上实时显示日期、时间。 ②设计一个可调万年历, 用液晶显示年、月、日、时、分、秒, 并用 4 个按键对初始时间进行设置。	4~10
17	①步进电机的工作原理及驱动方法。 ②洗衣机工作原理及控制方法。 ③单片机应用系统设计和调试方法。	设计一个洗衣机控制器, 控制洗衣机按照: 启动→进水→漂洗→洗衣→脱水→停止流程工作。用不同的 LED 显示洗衣机的动作状态, 设定每一个步骤为一个固定时间, 显示剩余时间。利用传感器(或红外发送接收管)检测水位, 控制步进电机的正转、反转及运行时间的不同, 来模拟漂洗、洗衣和脱水三道工序。	4~8

(续)

章 次	学习要点	教学要求	参考课时
18	①模/数转换原理。 ②数字电压表结构及工作原理。 ③单片机应用系统设计和调试方法。	①利用 A/D 转换原理, 将 0~5V, 0~10V, 0~15V 模拟电压转换为数字量并显示。 ②设计简易数字电压表。	4~10
19	①酒精传感器原理及使用方法。 ②单片机应用系统设计和调试方法。	利用 A/D 转换原理, 测试环境酒精浓度并显示, 若所测浓度超过设定值, 报警提示。	4~10
20	①霍尔传感器原理及使用方法。 ②单片机应用系统设计和调试方法。	①利用开关霍尔传感器对出租车车轮转动圈数计数, 计算出租车里程和费用, 并显示在数码管上。 ②设计带时钟的出租车计价器。	4~10

目 录

前言
教学建议

第一篇 知识准备

第 I 章 仿真器	2
仿真器简介	2
伟福仿真器	3
第 II 章 编程器	13
SUPER PRO 的特点	14
使用方法	14
第 III 章 在系统编程 ISP	17
ISP 功能分类	17
ISP 功能特点	17
ISP 基本原理	17
硬件激活 ISP	18
ISP 硬件支持电路	18

第二篇 实践指导

第 1 章 程序调试方法	22
1.1 寻址方式练习	22
1.2 顺序程序调试	22
1.3 分支程序调试	23
1.4 循环程序调试	24
1.5 子程序调试	25
1.6 思考与讨论	27
第 2 章 彩灯设计	28
2.1 相关知识	28
2.2 二极管驱动	30
2.3 二极管闪烁	31
2.4 流水灯控制	32

2.5 多种流水方式控制	34
2.6 彩灯设计	36
2.7 思考与讨论	40
第 3 章 抢答器设计	41
3.1 相关知识	41
3.2 开关控制 LED	45
3.3 单一外部中断控制	47
3.4 两级中断控制	49
3.5 抢答器设计	51
3.6 思考与讨论	55
第 4 章 数字秒表设计	56
4.1 相关知识	56
4.2 基本数字秒表	59
4.3 可调数字秒表	61
4.4 倒计时数字秒表	64
4.5 思考与讨论	67
第 5 章 串行通信系统设计	68
5.1 按键控制双机通信	68
5.2 数据块双机传送	71
5.3 思考与讨论	78
第 6 章 存储器扩展	79
6.1 相关知识	79
6.2 数据存储器扩展	81
6.3 程序存储器扩展	85
6.4 思考与讨论	88
第 7 章 键盘与显示系统设计	89
7.1 相关知识	89

7.2 编码键盘	91	第 14 章 电子密码锁设计	161
7.3 数码管动态显示	95	14.1 相关知识	161
7.4 思考与讨论	99	14.2 电子密码锁	164
第 8 章 波形发生器设计	100	14.3 思考与讨论	174
8.1 相关知识	100	第 15 章 红外报警器设计	175
8.2 基本波形发生器	102	15.1 相关知识	175
8.3 可控波形发生器	105	15.2 简单红外报警器	176
8.4 思考与讨论	111	15.3 集成红外报警器	179
第 9 章 数字温度计设计	112	15.4 思考与讨论	181
9.1 相关知识	112	第 16 章 电子万年历设计	182
9.2 数字温度计	115	16.1 相关知识	182
9.3 温度控制器	121	16.2 LED 电子万年历	185
9.4 思考与讨论	129	16.3 LCD 电子万年历	192
第 10 章 交通灯设计	130	16.4 思考与讨论	192
10.1 相关知识	130	第 17 章 洗衣机控制器设计	193
10.2 基本交通灯	131	17.1 简单洗衣机控制器	193
10.3 可控交通灯	136	17.2 带时间显示的洗衣机控制器	196
10.4 思考与讨论	142	17.3 思考与讨论	200
第 11 章 单片机音乐播放器设计	143	第 18 章 数字电压表设计	201
11.1 相关知识	143	18.1 基本数字直流电压表	201
11.2 单片机音乐播放器	144	18.2 可变量程数字直流电压表	205
11.3 单片机电子琴	147	18.3 思考与讨论	206
11.4 思考与讨论	147	第 19 章 酒精测试仪设计	207
第 12 章 电梯控制器设计	148	19.1 相关知识	207
12.1 相关知识	148	19.2 酒精测试仪	208
12.2 步进电机控制器	150	19.3 思考与讨论	217
12.3 电梯控制器	154	第 20 章 出租车计价器设计	218
12.4 思考与讨论	154	20.1 相关知识	218
第 13 章 LED 点阵显示系统设计	155	20.2 基本出租车计价器	219
13.1 相关知识	155	20.3 可调出租车计价器	225
13.2 LED 点阵数字显示	156	20.4 带时钟的出租车计价器	225
13.3 LED 点阵图形显示	160	20.5 思考与讨论	225
13.4 思考与讨论	160		

第一篇 知识准备

“单片机原理与应用”是应用性、实践性、技术性都很强的课程，是培养学生应用开发能力和创新能力的重要途径和关键环节，单片机技术是电类专业学生应该掌握的基本专业技能。“单片机无处不在，无处不有”，生活、工作、学习、娱乐等到处都有单片机的踪迹，手机、PDA、MP3、电视机、录像机、VCD、DVD、数码相机、数码摄像机、电冰箱、洗衣机、汽车等产品都与单片机密切相关；工业控制、航空航天、医疗卫生、精细农业、兵器研制、网络通信等行业也离不开单片机。

结合应用型本科学生的特点，本书在内容选取和安排上遵从循序渐进、实用、适用、有趣等原则，每一个实践项目都从生活实际出发，从基础知识、基本技能讲起，对一些技术性强、应用性强、实用性强的内容，做到讲透、补足、拓宽、提高。每一个实践项目都有很大的扩展空间，为高、中、低不同程度的读者提供广泛的适应性和广阔的发展空间，力争使每位读者都能各取所需。书中所选内容不仅与教材内容密切相关，而且紧密联系应用实际和生活实际，应用性强、实用性强、适用性强、趣味性强。

本书是《单片机原理与应用》（机械工业出版社 2008 年 1 月出版）的配套教材，书中所有实践项目所涉及的单片机原理请读者参阅《单片机原理与应用》，均不在此处重复。

为了读者更好、更方便地阅读第二篇的相关内容，在第一篇中对单片机仿真器、编程器的使用方法和在系统编程（ISP）原理做了简明介绍。

第 1 章 仿 真 器

仿真器简介

单片机应用系统是一个软件和硬件紧密结合的复合系统。系统设计完成后，不一定能够正常运行，一般需要调试、修改、完善后才能正常运行。但由于单片机本身没有自开发能力，因此必须借助其他软件和设备进行系统开发。单片机仿真器是使用可控的手段来模仿单片机真实工作状况的设备，也是单片机应用系统开发过程中使用最多的设备之一。

单片机仿真器通过一个可以插到应用系统的仿真头，与单片机应用系统共用一个单片机芯片，以此来模拟目标系统的 ROM、RAM、I/O 口等资源。通俗的说法就是，仿真器通过计算机的通信口，把程序加载到单片机系统的内存中，从而替代单片机系统里的单片机进行工作。仿真器的硬件连接如图 I-1 所示。

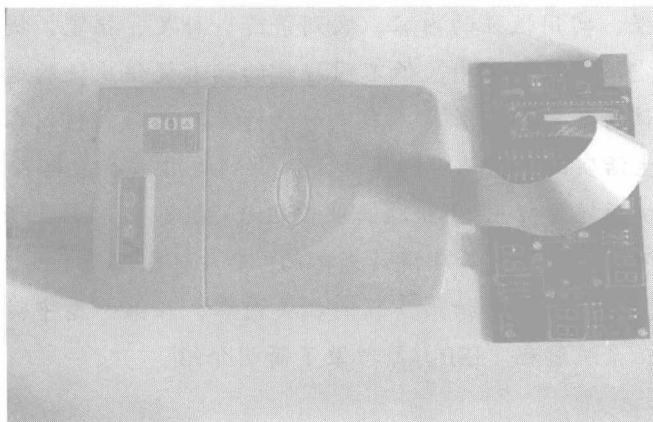


图 I-1 仿真器硬件连接

使用仿真器通过仿真软件可以控制程序的运行，比如单步运行：程序逐条语句地执行；设置断点：就是设置一个位置，程序运行到这个位置就会停止并等待在那里；全速运行：可以像真正的单片机一样运行程序。也可以观察程序运行过程中各个变量和寄存器的变化情况，从而了解整个程序运行的状况，便于调试和修改程序。使用仿真器能够减少调试时间、简化系统集成、增加可靠性、优化测试步骤，使单片机应用系统开发更方便、更快捷、更可靠、更便宜、更高效。

不同种类的单片机都有自己的仿真器，由于单片机种类繁多，因此各种单片机仿真器也各不相同，但基本功能和使用方法大致相似，本书以目前使用最多的伟福仿真器为例，介绍单片机仿真器的使用方法。

伟福仿真器

1. 伟福（V5/S）通用仿真器的特点

硬件方面：

- 综合采用多种仿真技术，从而可以仿真各种 8 位 MCS-51 内核的单片机（MCU）。
- 配置多种仿真头，功能强大，性能可靠，并为未来发展留有空间。
- 用户可以自由地在调试软件中设置自己需要仿真的频率，可选频率范围：20kHz～100 MHz，精度：1Hz。
- 可以统计程序执行的时间。

软件方面：

- Wave/Keil 双平台，中/英文可选。
- 真正的集成调试环境，集成了编辑器、编译器、调试器。
- 众多强大软硬件调试手段，包括逻辑分析仪、跟踪器、逻辑笔、波形发生器、影子存储器、记时器、程序时效分析、数据时效分析、硬件测试仪、事件触发器（硬件调试手段需要软件配合硬件支持）。
- 支持汇编、C、PL/M 源程序混合调试。
- 支持软件模拟。
- 支持项目管理。
- 支持点屏功能，直接点击屏幕就可以观察变量的值，方便快捷。
- 功能强大的观察窗口，支持所有的数据类型，树状结构显示，一目了然。
- 在线直接修改、编译、调试源程序，错误指令定位。

2. 伟福仿真器的使用

仿真器本身是一个硬件设备，但其运行必须依靠相应的软件支持。因此，在购买仿真器硬件的同时，也要购买相应的支持软件。

（1）下载并安装软件

可以从公司网站下载软件的最新版本，按照安装提示，输入相应内容，直至结束。

在安装过程中，如果用户没有指定安装目录，安装完成后，会在 C 盘建立一个“C:\VW”目录（文件夹），结构如下：

目录	内容
C:\VW	
└ BIN	可执行程序及相关配置文件
└ DRIVER	USB 驱动
└ HELP	帮助文件和使用说明
└ SAMPLES	样例和演示程序

软件安装完毕后，需要安装 USB 驱动，即把仿真器与电脑通过 USB 线连接后，打开电源，跳出“找到新的硬件向导”界面，选择搜索与安装选项为 C:\VW\DRIVER\WINXP，然后按照安装提示进行操作，直至安装完成。

伟福仿真系统已内嵌汇编编译器（伟福汇编器），同时留有第三方编译器的接口，方便用户使用高级语言调试程序。编译器请用户自备，安装 MCS51 系列 CPU 的编译器步骤如下：

- 1）进入 C:\盘根目录，建立 C:\COMP51 子目录（文件夹）；

2) 将第三方的 51 编译器复制到 C:\COMP51 子目录（文件夹）下；

3) 选择“主菜单|仿真器 | 仿真器设置 | 语言”，在打开的对话框中指定“编译器路径”为 C:\COMP51（参见“仿真器设置”）。如果用户将第三方编译器安装在硬盘的其他位置，请在“编译器路径”选项指明其位置，例如，“C:\KEIL\C51\”。

(2) 打开仿真器界面

双击桌面上的图标，如“V 系列仿真器集成调试软件”，进入开发环境，界面及主要功能如图 I-2 所示。

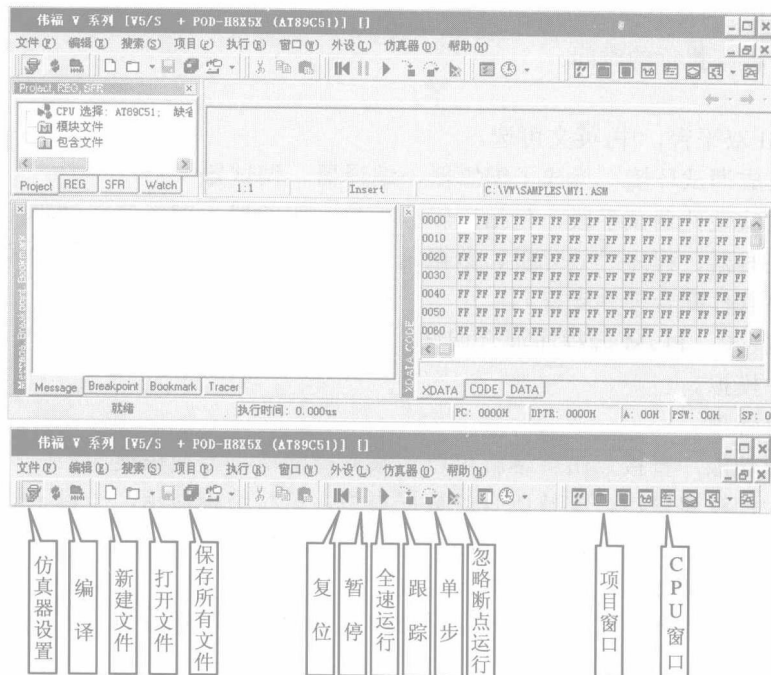


图 I-2 仿真器界面

(3) 建立并保存新程序

选择“文件|新建文件”菜单项，出现一个文件名为 NONAME1 的源程序窗口，在此窗口中输入源程序，然后选择“文件|保存文件”或“文件|另存为”菜单项，将文件存盘。给出文件所要保存的位置，例如：C:\VW\SAMPLES 文件夹，再给出文件名 MY1.ASM（文件名的后缀名.ASM 不能省略），保存文件界面如图 I-3 所示。

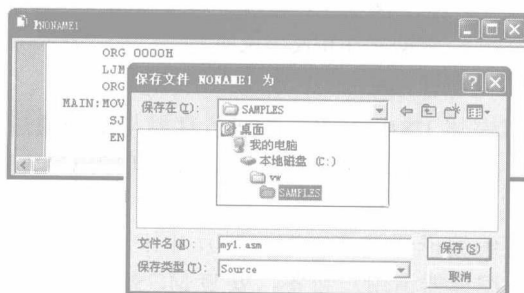


图 I-3 保存文件界面

(4) 建立新的项目

项目管理方式适用于各种方式下的单模块和多模块方式；当调试简单程序时，也可以不建立项目。

伟福开发环境的项目文件包括仿真器设置、模块文件、包含文件。仿真器设置包括仿真器类型、仿真头类型、CPU 类型、显示格式和产生的目标文件类型。

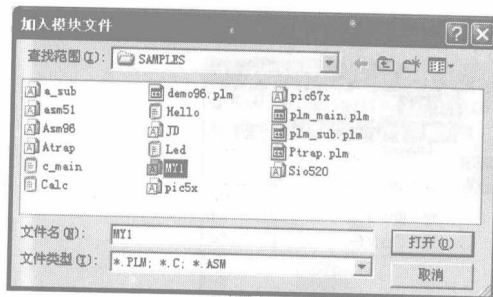
选择“文件|新建项目”菜单项，新建项目会自动分为 3 步：

1) 加入模块文件。在“加入模块文件”对话框中选择刚才保存的文件 MY1.ASM，单击“打开”按钮。如果是多模块项目，可以同时选择打开多个文件，如图 I-4a 所示。

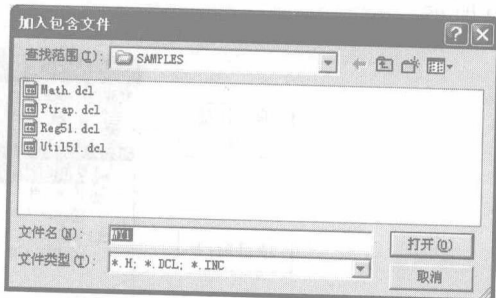
2) 加入包含文件。在“加入包含文件”对话框中，选择所要加入的包含文件（可多选）。如果没有包含文件，单击“取消”按钮，如图 I-4b 所示。

3) 保存项目。在“保存项目”对话框中输入项目名称。项目各 MY1 无须加后缀，软件会自动将后缀设成“.PRJ”。单击保存按钮将项目保存在与源程序相同的文件夹下，如图 I-4c 所示。

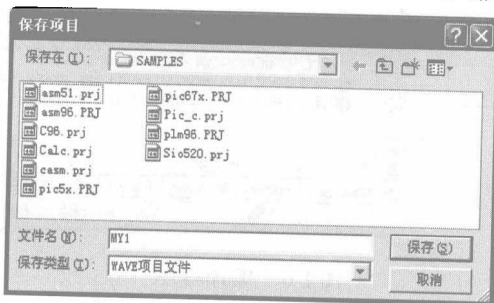
项目保存好后，如果项目是打开的，可以看到项目中的“模块文件”已有一个模块“MY1.ASM”；如果项目窗口没有打开，可以选择“窗口|项目窗口”菜单项来打开。



a) 加入模块文件



b) 加入包含文件



c) 保存项目

图 I-4 新建项目

(5) 设置仿真器

选择“仿真器|仿真器设置”菜单项，或按“仿真器设置”快捷图标，或双击项目窗口的第一行来打开“仿真器设置”对话框，如图 I-5 所示。在“仿真器”选项卡中，选择仿真器类型、配置的仿真头以及所要仿真的单片机。在“语言”选项卡的“编译器选择”选项区中，根据本例的程序选择“伟福汇编器”。如果你的程序是 C 语言或 INTEL 格式的汇编语言，可根据你安装的 Keil 编译器版本选择“Keil C (V4 或更低)”或“Keil C (V5 或更高)”，单击

“好”按钮确定。当仿真器设置好后，可再次保存项目。

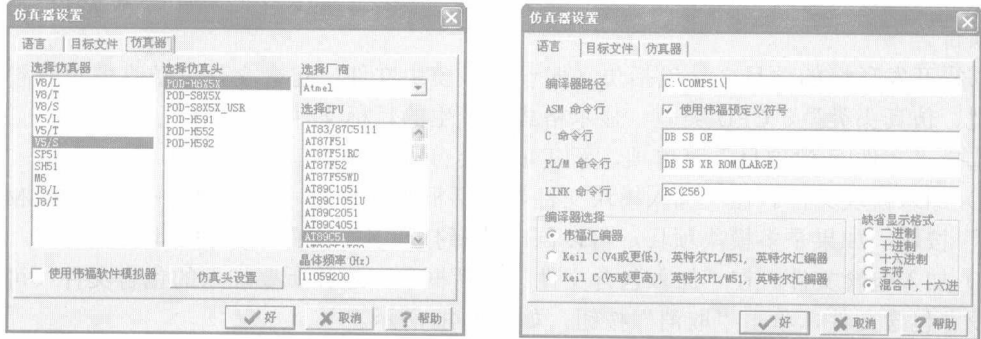


图 1-5 仿真器设置

(6) 编译程序

选择“项目|编译”菜单项，或按编译快捷图标，或按 F9 键，编译源程序文件或项目，如图 1-6 所示。

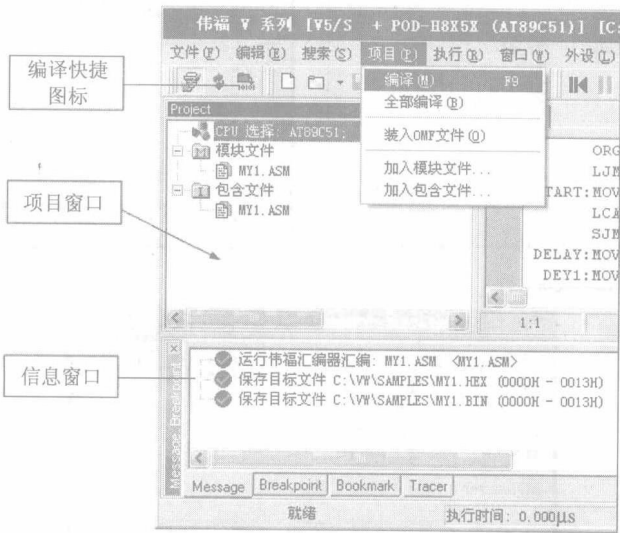


图 1-6 编译程序

在编译过程中，如果程序有错，在信息窗口中会以图表的形式标出，具体如下所示：

✖ 表示错误，! 表示警告，✔ 表示通过

在编译信息行会有相关的生成文件，双击鼠标左键，或单击右键并在弹出菜单中选择“打开”菜单项，可以打开相关文件。（如果有编译错误，用左键双击错误信息，可以在源程序中定位所在行。有时前一行或后一程序有错，会造成当前行编译不通过，而将错误定位在当前行，所以如果发现了错误，但在当前行没有发现错误，可以查查当前行上下的程序。）

例如，在编译过程中发现有错。在信息窗口中看到在 MY.ASM 文件第 6 行有 353 号错误，文字显示错误类型是“未定义符号 DEL”。双击此信息行，系统将指向 MY.ASM 文件的第 6

行，查看源文件，子程序标注原为“DELAY”，如图 I-7a 所示。纠正错误后，再次编译直到没有错误，如图 I-7b 所示。在编译之前，软件会自动将项目和程序存盘，在编译没有错误后，就可运行和调试程序了。

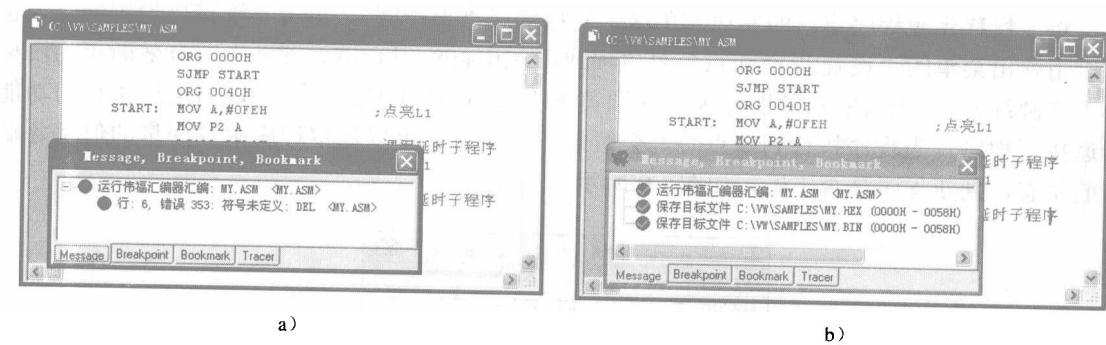


图 I-7 信息窗口显示

(7) 运行程序

运行程序可以分单步跟踪、执行到光标处和全速运行。

选择“执行跟踪”菜单项或按跟踪快捷图标或按 F7 键进行单步跟踪调试程序。单步跟踪就是逐条指令地执行程序，若有子程序调用，也会跟踪到子程序中去。如图 I-8a 所示，可以观察程序每步执行的结果，“⇒”所指的就是下次将要执行的程序指令。由于条件编译或高级语言优化的原因，不是所有的源程序都能产生机器指令。源程序窗口最左边的“o”代表此行有效程序，此行产生了可以执行的机器指令。

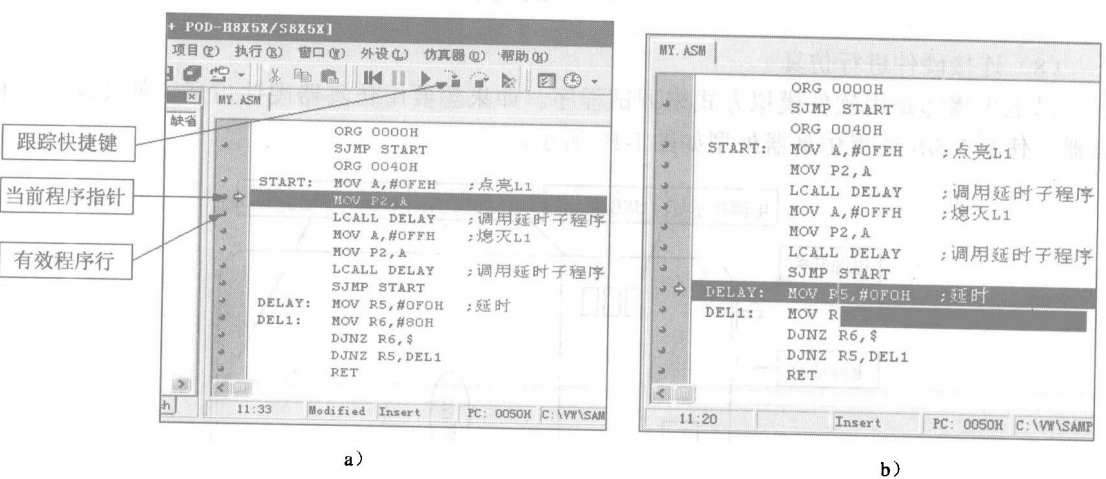


图 I-8 程序运行

如图 I-8b 所示，程序单步跟踪到“DELAY”延时子程序中，在程序行的“R5”符号上单击就可以观察“R5”的值，可以看到“R5”在逐渐减少，当前指令要执行 240 次才到下一步。

也可以用“执行到光标处”的功能，将光标移到程序想要暂停的地方，如本例中为延时子程序返回后的“SJMP LOOP”行。选择“执行到光标处”菜单项，或按 F4 键，或右

键弹出菜单的“执行到光标处”菜单项，程序就会全速执行到光标所在行。

如果下次不想单步调试 DELAY 延时子程序里的内容，可以按 F8 键单步执行，就可以全速执行子程序调用，而不会一步一步地跟踪子程序。

将光标移到源程序窗口的左边灰色区，光标变成“手指圈”，单击左键可以设置断点，也可以用弹出菜单的“设置|取消断点”菜单项或用 Ctrl+F8 组合键设置断点。有效断点的图标为“红圆绿勾”，无效断点的图标为“红圆黄叉”。断点设置好后，就可以用全速执行的功能全速执行程序，当程序执行到断点时，会暂停下来，这时可以观察程序中各变量的值及各端口的状态，判断程序是否正确，如图 I-9 所示。



图 I-9 设置断点

(8) 连接硬件进行仿真

以上步骤都是用软件模拟方式来调试程序。如果想要用仿真器硬件仿真，就要连接上仿真器。伟福 V5/S 通用仿真器外型如图 I-10 所示。

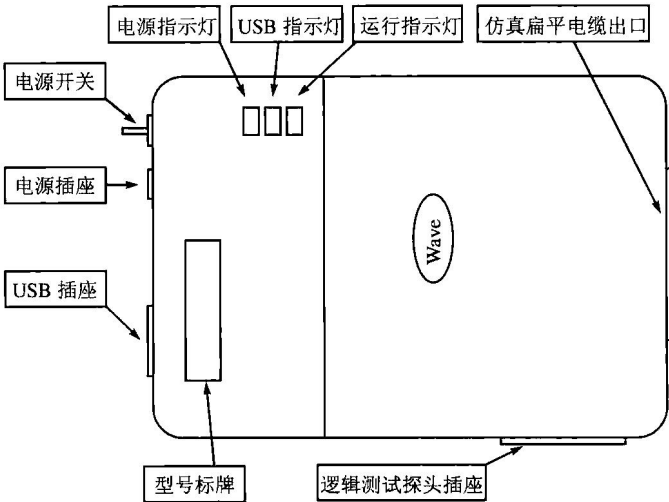


图 I-10 仿真器外型示意图