



国家示范性高职院校建设项目成果

中国电子教育学会推荐教材

全国高职高专院校规划教材·精品与示范系列

国家精品课
配套教材

单片机应用技能 项目化教程

◎ 陈海松 主编

◎ 何惠琴 刘丽莎 副主编 ◎ 王静霞 主审

- 单片机基础
- 并行I/O接口
- 显示接口
- 串行通信接口
- 语音接口
- 常用传感器接口
- 常用单片机开发软件
- 单片机控制系统设计
 - ◆ 蜂鸣器报警
 - ◆ 实用4路抢答器
 - ◆ 汽车转向控制器
 - ◆ LED广告灯
 - ◆ 城市道口交通灯控制系统
 - ◆ 数码管广告牌
 - ◆ LED点阵式移动广告牌
 - ◆ 信息发布屏
 - ◆ 银行动态密码获取
 - ◆ 交通灯远程控制系统
 - ◆ 简易音乐盒
 - ◆ 快乐点唱机
 - ◆ 简易电子琴
 - ◆ 录音笔
 - ◆ 公交车语音报站器
 - ◆ 声控灯
 - ◆ 楼道感应灯
 - ◆ 自动窗帘
 - ◆ 迷你风扇
 - ◆ 温度计
 - ◆ 人造小气候
 - ◆ 环境湿度监测
 - ◆ 多功能湿度计
 - ◆ 红外遥控器
 - ◆ 电子万年历
 - ◆ GSM无线远程监控系统
 - ◆ 倒车雷达
 - ◆ 智能汽车环境控制系统
 - ◆ 简易机器人

- ◆ 以本课程组十余年的教学改革经验和兄弟院校的课程改革成果为基础,突出产品开发技能训练
- ◆ 在多年的工学结合背景下,精心挑选项目任务为教学载体,强调“教、学、做”一体
- ◆ 通过21个训练项目,注重学生进行工程分析、硬件设计、软件设计与调试技能训练
- ◆ 提供免费的电子教学课件、C语言源程序、Proteus仿真设计文件、精品课网址等,以方便教学



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

国家示范性高职院校建设项目成果
中国电子教育学会推荐教材
全国高职高专院校规划教材·精品与示范系列

国家精品课
配套教材

单片机应用技能项目化教程

陈海松 主编
何惠琴 刘丽莎 副主编
王静霞 主审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书按照职业教育以就业为导向的宗旨,结合课程组十余年的教学改革和工学结合经验,以单片机应用技能训练为核心进行编写。全书采用项目驱动方式编写,主要内容包括单片机并行 I/O 口应用、显示接口及应用、串行通信接口及应用、语音接口及应用、常用传感器接口及应用、综合项目实践等六个实践模块。通过 21 个精心挑选的训练项目,使读者掌握单片机的应用技能以及项目开发与设计方法。本书内容循序渐进,新颖实用,每个项目都在 Proteus 软件上进行仿真并调试通过。

本书为全国高职高专院校单片机应用技术课程的技能训练教材,也可作为应用型本科、成人教育、自学考试、电视大学、中职学校、培训班的教材,以及工程技术开发人员的工具参考书。

本书提供免费的电子教学课件、C 语言源程序文件、Proteus 仿真设计文件、精品课网址等,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

单片机应用技能项目化教程/陈海松主编. —北京:电子工业出版社,2012.1

全国高职高专院校规划教材·精品与示范系列

ISBN 978-7-121-15232-0

I. ①单… II. ①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(2011)第 241336 号

策划编辑:陈健德(E-mail:chenjd@phei.com.cn)

责任编辑:毕军志

印 刷: 北京中新伟业印刷有限公司

装 订:

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: 20.75 字数: 531.2 千字

印 次: 2012 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 35.00 元

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。

职业教育 继往开来(序)

自我国经济在新的世纪快速发展以来,各行各业都取得了前所未有的进步。随着我国工业生产规模的扩大和经济发展水平的提高,教育行业受到了各方面的重视。尤其对高等职业教育来说,近几年在教育部和财政部实施的国家示范性院校建设政策鼓舞下,高职院校以服务为宗旨、以就业为导向,开展工学结合与校企合作,进行了较大范围的专业建设和课程改革,涌现出一批示范专业和精品课程。高职教育在为区域经济建设服务的前提下,逐步加大校内生产性实训比例,引入企业参与教学过程和质量评价。在这种开放式人才培养模式下,教学以育人为目标,以掌握知识和技能为根本,克服了以学科体系进行教学的缺点和不足,为学生的顶岗实习和顺利就业创造了条件。

中国电子教育学会立足于电子行业企事业单位,为行业教育事业的改革和发展,为实施“科教兴国”战略做了许多工作。电子工业出版社作为职业教育教材出版大社,具有优秀的编辑人才队伍和丰富的职业教育教材出版经验,有义务和能力与广大的高职院校密切合作,参与创新职业教育的新方法,出版反映最新教学改革成果的新教材。中国电子教育学会经常与电子工业出版社开展交流与合作,在职业教育新的教学模式下,将共同为培养符合当今社会需要的、合格的职业技能人才而提供优质服务。

近期由电子工业出版社组织策划和编辑出版的“全国高职高专院校规划教材·精品与示范系列”,具有以下几个突出特点,特向全国的职业教育院校进行推荐。

(1) 本系列教材的课程研究专家和作者主要来自于教育部和各省市评审通过的多所示范院校。他们对教育部倡导的职业教育教学改革精神理解得透彻准确,并且具有多年的职业教育教学经验及工学结合、校企合作经验,能够准确地对职业教育相关专业的知识点和技能点进行横向与纵向设计,能够把握创新型教材的出版方向。

(2) 本系列教材的编写以多所示范院校的课程改革成果为基础,体现重点突出、实用为主、够用为度的原则,采用项目驱动的教学方式。学习任务主要以本行业工作岗位群中的典型实例提炼后进行设置,项目实例较多,应用范围较广,图片数量较大,还引入了一些经验性的公式、表格等,文字叙述浅显易懂。增强了教学过程的互动性与趣味性,对全国许多职业教育院校具有较强的适用性,同时对企业技术人员具有可参考性。

(3) 根据职业教育的特点,本系列教材在全国独创性地提出“职业导航、教学导航、知识分布网络、知识梳理与总结”及“封面重点知识”等内容,有利于老师选择合适的教材并有重点地开展教学过程,也有利于学生了解该教材相关的职业特点和对教材内容进行高效率的学习与总结。

(4) 根据每门课程的内容特点,为方便教学过程给教材配备了相应的电子教学课件、习题答案与指导、教学素材资源、程序源代码、教学网站支持等立体化教学资源。

职业教育要不断进行改革,创新型教材建设是一项长期而艰巨的任务。为了使职业教育能够更好地为区域经济和企业服务,我们殷切希望高职高专院校的各位职教专家和老师提出建议,共同努力,为我国的职业教育发展尽自己的责任与义务!

前 言



单片机是微型计算机应用技术的一个重要分支,在工业智能仪器仪表、光机电设备、自动检测、信息处理、家电等方面有着广泛应用。单片机应用技术是高职高专院校多个专业开设的专业核心课程,深圳职业技术学院单片机应用技术课程组经过十余年的教学改革,同时吸取了其他院校单片机课程新的教学改革成果与经验,在单片机实践教学方面积累了丰富的经验。

本书采用项目驱动方式编写,以项目为载体,强调“教、学、做”一体,理论知识以够用为度,根据项目需要,将知识点分散到每个实训项目中进行讲解并加以组合;每个项目从单片机应用系统的开发流程入手,以对话和问答等方式逐步对设计内容进行分析讲解,引导学生逐步进行项目分析、硬件设计、软件设计和调试,用获得的知识去解决实际问题,从而提高学生的动手能力;通过归纳、总结等实践扩展项目,使学生除了掌握单片机的基本应用方法之外,还能针对不同项目需求设计解决方案,达到举一反三的学习目的。

每一个项目的学习和制作都是一个不断成功地完成制作的过程,从中可以获得成就感和学习的乐趣。随着项目的逐步深入,知识逐渐完善,能力逐渐提高;当读者完成了几个项目的制作时,已具备初步的技术开发能力。这时,读者会感叹:原来 51 单片机 C 语言也可以这样学!

本书内容包括单片机并行 I/O 口应用、显示接口及应用、串行通信接口及应用、语音接口及应用、常用传感器接口及应用、综合项目实践等六个实践模块,21 个精心挑选的训练项目。项目突出实用性,易学易懂;每个项目都在 Proteus 软件上进行仿真并调试通过;项目之间具有一定的关联性,每个项目既相对独立,又是综合项目的子任务;每个项目以子函数的形式出现,让读者掌握函数调用的技巧;在叙述方式上,本书避免整页长篇大论的讲解方式,引入了与实践相关的图、表、提示、问答等内容形式;项目扩展性较强,基础项目可以根据需要组合成综合项目,让读者获得的不仅是一本文字教材,更是一个完整的学习环境,为学生提供了很好的自我学习和提高的学习资源。

本书内容循序渐进,新颖实用,参考学时为 72~90 学时,在使用时可根据具体教学情况酌情增减学时。本书也可与王静霞主编的《单片机应用技术(C 语言版)》(ISBN 978-7-121-08642-7)配合使用,以熟练掌握项目开发与设计技能。

本书由陈海松担任主编,何惠琴和刘丽莎担任副主编。具体分工为:陈海松编写绪言、

项目4、项目7~8、项目14、项目20~21、附录A~B；何惠琴编写项目1、项目11、项目16；刘丽莎编写项目3、项目5、项目9；柴继红编写项目6、项目17、项目19；夏继媛编写项目10、项目18；李益民编写项目12、项目15；熊建平编写项目2；何惠琴和熊建平编写项目13。

王静霞教授审阅了全书，对本书的编写提出了很好的修改意见；本书在编写过程中得到深圳职业技术学院电子技术基础教研室的大力支持，李益民教授绘制了书中全部电路图，在此表示衷心感谢！

为了方便教师教学，本书配有电子教学课件、C语言源程序文件、Proteus仿真设计文件等，请有此需要的教师登录华信教育资源网（www.hxedu.com.cn）免费注册后进行下载，也可在深圳市和码科技有限公司网址（www.szhoma.com）下载；有问题时请在网站留言或与电子工业出版社联系（E-mail: hxedu@phei.com.cn）。读者也可通过精品课网址（<http://jpkc.szpt.edu.cn/2008/dpj>）浏览和参考更多的教学资源。

由于时间紧迫和编者水平有限，书中错误和缺点在所难免，热忱欢迎使用者对本书提出批评和建议。

编 者

目 录



绪言 学习单片机的准备	1
单元1 单片机并行 I/O 口应用	10
项目1 让单片机工作起来	11
任务 单灯闪烁	11
扩展任务1 蜂鸣器发声报警	25
扩展任务2 继电器模拟开关灯	27
项目2 汽车转向控制器设计	30
任务1 单键控制单灯设计	30
任务2 模拟汽车转向控制器设计	33
扩展任务 按键实现实用4路抢答器设计	39
单元2 显示接口及应用	42
项目3 LED广告灯设计	43
任务1 霓虹灯的控制	43
任务2 任意变化的广告灯	47
扩展任务1 用按键切换任意变化的广告灯设计	50
扩展任务2 模拟城市道口交通灯控制系统设计	52
项目4 数码管广告牌设计	54
任务1 简易广告牌设计	55
任务2 用6个数码管动态显示生日	63
扩展任务 多屏显示数码管广告牌设计	68
项目5 LED点阵式移动广告牌设计	70
任务1 简单的LED点阵显示	71
任务2 用LED点阵模拟显示电梯的楼层	76
扩展任务1 滚动显示手机号码	79
扩展任务2 16×16 LED点阵的设计	81
项目6 液晶显示器接口设计	83
任务1 移动广告牌设计——用字符液晶向朋友问好	83
任务2 信息发布屏设计——用图形液晶显示名字	96
扩展任务1 用字符液晶显示汉字	109
扩展任务2 用图形液晶显示一幅漂亮的图片	113
单元3 串行通信接口及应用	118
项目7 两个单片机之间的沟通	119
任务 银行动态密码的获取	119
扩展任务 实时发送及显示多组不同的动态密码	125

项目 8 单片机与计算机的沟通	128
任务 交通灯远程控制系统	128
单元 4 语音接口及应用	141
项目 9 简易音乐盒	142
任务 1 音调与节拍的演奏	142
任务 2 音乐盒设计	149
扩展任务 1 快乐点唱机设计	153
扩展任务 2 简易电子琴设计	156
项目 10 语音录放技术应用	159
任务 录音笔设计	159
扩展任务 公交车语音报站器设计	163
项目 11 语音识别系统	169
任务 声控灯	169
单元 5 常用传感器接口及应用	176
项目 12 红外感应模块	177
任务 楼道感应灯设计	177
项目 13 电动机控制	180
任务 1 自动窗帘设计	180
任务 2 直流电动机控制的迷你风扇	186
扩展任务 步进电动机控制的迷你风扇	192
项目 14 环境温度测量	198
任务 温度计设计	198
扩展任务 人造小气候	207
项目 15 环境湿度测量	210
任务 环境湿度监测	210
扩展任务 1 多功能湿度计设计	216
扩展任务 2 HS1101 型湿度传感器的应用	218
项目 16 红外遥控器设计	224
任务 红外遥控器设计	224
项目 17 时钟芯片的使用	232
任务 电子万年历设计	232
项目 18 GSM 无线远程监控系统设计	247
任务 GSM 无线远程监控系统设计	248
项目 19 超声波测距	256
任务 倒车雷达设计	256
单元 6 综合项目实践	270
项目 20 智能汽车环境控制系统设计	271
项目 21 简易机器人	287
附录 A 常用单片机开发软件说明	301
附录 B C51 的基础知识	309

绪言 学习单片机的准备

1. 什么是单片机

单片微型计算机（Single Chip Microcomputer）简称单片机，是指集成在一个芯片上的微型计算机，它的各种功能部件，包括 CPU（Central Processing Unit）、存储器（Memory）、基本输入/输出（Input/Output，I/O）接口电路、定时/计数器和中断系统等，都制作在一块集成芯片上，构成一个完整的微型计算机。单片机实质上是一个芯片，它具有结构简单、控制功能性强、可靠性高、体积小、价格低等优点，单片机技术作为计算机技术的一个重要分支，广泛地应用于工业控制、智能化仪器仪表、家用电器、电子玩具等各个领域。

本书以目前使用最为广泛的 MCS - 51 系列 8 位单片机 AT89C51（与之兼容的单片机有 AT89S51、STC89C51 等）为研究对象，介绍单片机的硬件结构、工作原理及应用系统的设计。AT89C51 单片机采用标准 40 引脚双列直插式封装，其引脚排列如图 0-1 所示，引脚介绍如表 0-1 所示。

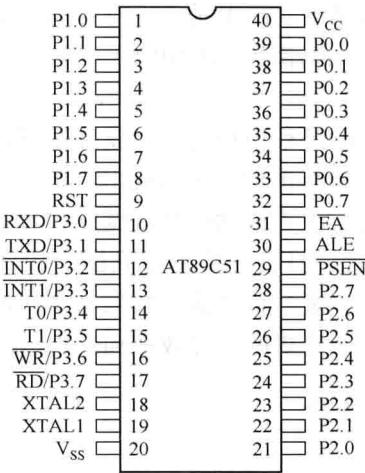


图 0-1 AT89C51 的引脚图

表 0-1 AT89C51 引脚介绍

引脚名称	引脚功能	引脚名称	引脚功能
P0.0~P0.7	P0 口 8 位双向口线	ALE	地址锁存控制信号
P1.0~P1.7	P1 口 8 位双向口线	PSEN	外部程序存储器读选通信号
P2.0~P2.7	P2 口 8 位双向口线	EA	访问程序存储控制信号
P3.0~P3.7	P3 口 8 位双向口线	RST	复位信号
V _{CC}	+5V 电源	XTAL1 和 XTAL2	外接晶体引线端
V _{SS}	地线		



2. 什么是单片机开发系统

单片机不是完成某一个逻辑功能的芯片，而是把一个计算机系统集成到一个芯片上，单片机应用系统必须由硬件和软件两部分组成，二者相互依赖，缺一不可。硬件是应用系统的基础，软件是在硬件的基础上，对其资源进行合理调配和使用，控制其按照一定顺序完成各种时序、运算或动作，从而实现应用系统所要求的任务。单片机应用系统设计人员必须从硬件结构和软件设计两个角度来深入了解单片机，将二者有机结合起来，才能开发出具有特定功能的单片机应用系统。后文将分别介绍学习单片机系统应该准备的硬件资源和软件资源。

3. 了解几个概念

烧录：单片机内部集成了存储器，执行时可以直接从内部存储器获取指令，而这些指令是如何写进内部或外部存储器中的呢？当然是通过一种比较特殊的手段写入，这个写入过程就称为烧录。

仿真：单片机执行过程中，我们无法看到单片机内部的状态。如果有一个设备可以模拟单片机的全部功能，通过执行某个程序，可以查看单片机内部的状态，这个操作过程为仿真。

烧录器：也称为编程器，烧录器实际上是一个对可编程的集成电路写数据的工具，烧录器主要用于单片机（含嵌入式）/存储器（含 BIOS）之类的可编程器件的编程，通俗的说法就是用来给存储器写入程序。

仿真器：单片机在软件开发的过程中也需要对软件进行调试，观察其中间结果，排除软件中存在的问题。但单片机不具备标准的输入/输出装置，受存储空间限制，也难以容纳用于调试程序的专用软件，因此要对单片机软件进行调试，就必须使用单片机仿真器。单片机仿真器具有基本的输入/输出装置，具备支持程序调试的软件，使得单片机开发人员可以通过单片机仿真器输入和修改程序，观察程序运行结果与中间值，同时对与单片机配套的硬件进行检测与观察，可以大大提高单片机的编程效率和效果。

4. 学习 C51 单片机准备的法宝

1) 法宝 1：自制硬件开发板

要学好单片机，必须要有一个硬件开发板，现在一起来设计一块属于自己的 51 单片机核心控制模块。51 单片机核心控制模块包括了本书中基础的项目，可以实现单灯点亮、蜂鸣器、汽车转向灯、抢答器、流水灯、数码管显示、点阵显示、液晶显示、串口通信等项目，所需器件清单如表 0-2 所示，电路原理图如图 0-2 所示。如果还没准备好，那么先不急于制作 51 单片机核心控制模块，而应从项目 1 着手，制作一个简易的单片机最小系统，开始学习单片机设计。

制作了硬件系统，单片机可以工作吗？还不能。我们必须编写完成相应功能的程序，程序要在哪里编写？请看法宝 2。



表 0-2 51 单片机核心控制模块电路器件清单

元件名称	参 数	数量	元件名称	参 数	数量
IC 插座	DIP40	1	电阻	1k Ω	9
单片机	AT89C51	1	电阻	10k Ω	1
晶体振荡器	12MHz	1	电阻	300 Ω	12
电阻	510 Ω	8	电解电容	22 μ F	1
电容	22 μ F	1	瓷片电容	30pF	2
电容	470 μ F	2	LED 发光二极管		21
6 个共阳极数码管	03661B	1	8 $\times$ 8 点阵		1
共阳极数码管		1	蜂鸣器		1
液晶模块	1602	1	同相驱动	74LS245	
三极管	9012	1	反相器	74LS04	1
反相器	74LS240		温度传感器	DS18B20	1
电平转换	MAX232		7805		1
按键		5	插针		若干
杜邦线		若干			

2) 法宝 2: Keil 软件

学习单片机之前, 必须在计算机上安装 Keil 开发软件。单片机要工作必须有软件系统, 所以必须进行编程。单片机识别的是机器语言, 即二进制码, 而编写单片机可以识别的二进制码很麻烦, 所以可以借助 51 单片机常采用的编程语言——汇编语言或 C 语言编写程序, 然后再把它转换成机器可以识别的机器码。汇编语言的机器代码生成效率很高但可读性却并不强, 而 C 语言在大多数情况下其机器代码生成效率和汇编语言相当, 但可读性和可移植性却远远超过汇编语言, 而且 C 语言还可以嵌入汇编语言来解决高时效性的代码编写问题。因此, 采用 C 语言进行编程, 借助 Keil 开发软件进行 C 语言编程、编译、调试, 然后再生成单片机可以识别的 .hex 或者 .bin 文件。

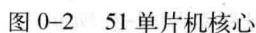
Keil 软件的下载、安装参考附录 A, Keil 软件的具体使用参见项目 1。

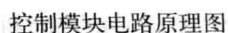
3) 法宝 3: 自制编程器

单片机硬件系统制作好了, 也通过 Keil 软件生成实现某个功能的 .hex 或者 .bin 文件, 怎么把 .hex 或者 .bin 文件写入单片机呢? 一种方法是通过专用的编程器把程序下载到目标系统的 CPU, 然后再进行脱机调试。编程器有很多, 本教材使用的是 TOP 系列中的 TOP853 通用编程器, 编程器的具体介绍和使用参见项目 1 中的任务中的动手做 4。专用的编程器花费比较高, 初学者可以自己动手制作一个编程器。

(1) 下载线制作。ISP 下载包括并口下载和串口下载两种方式, 这里介绍 ISP 并口下载方式, 如图 0-3 所示。其中 ISP 并口下载线可以从市场上购买成品, 也可以自行制作, 电路如图 0-4 所示, ISP 下载线实物如图 0-5 所示, 具有 ISP 下载口的 AT89S51 单片机最小系统电路如图 0-6 所示。

(2) AT89S51 单片机下载程序及使用方法。用于 ISP 程序下载的上位机程序有很多种,





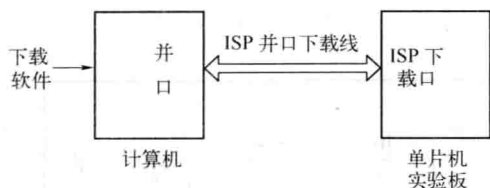


图 0-3 并行口 ISP 下载连接图

这里介绍广州市天河双龙电子有限公司（网址是 <http://www.sl.com.cn/>）提供的下载程序的 SLISP 软件。该软件的安装比较简单，只要按照提示选择就可以了。软件运行界面如图 0-7 所示。

在图 0-7 中，正确选择通信口（LPT1）、下载目标芯片（AT89S51）和要烧写的程序，就可以进

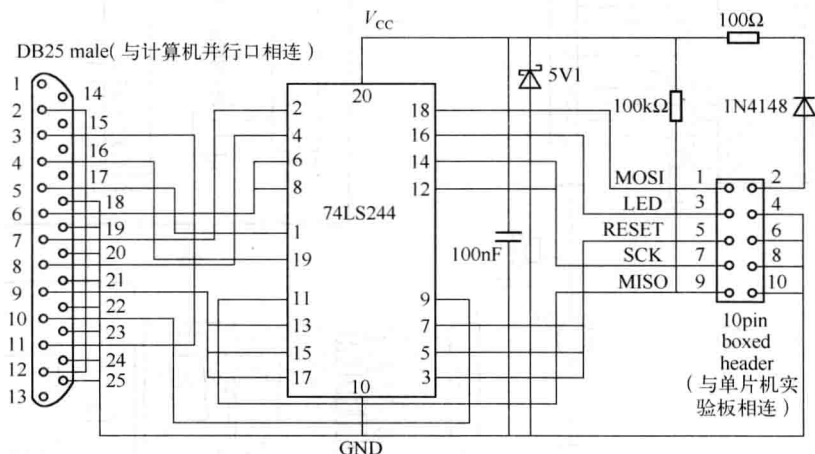


图 0-4 ISP 并行口下载线电路图

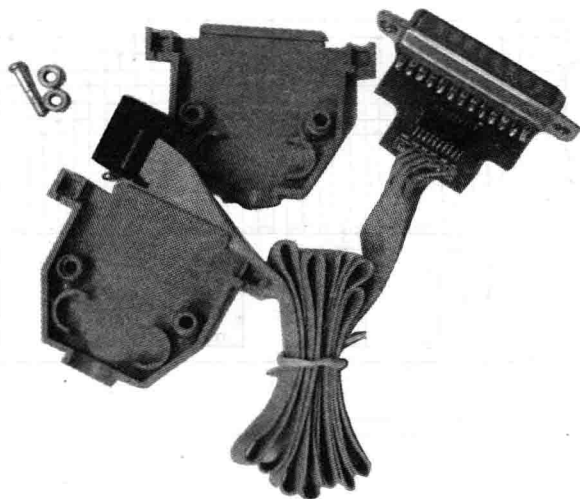


图 0-5 ISP 并行口下载线实物图

行芯片的擦除和编程了。

联机测试，一头插在计算机并口上，一头用排线连接单片机系统，ISP 下载线的排线不要太长，否则抗干扰能力差，一般小于 20cm。如果想延长距离可以买一条公对母的并口延长线，在计算机的一端将并口扩展出来。开始测试了，打开 ISP 下载软件，点击检测器件，听到“嘟嘟嘟”声，检测到器件，此时，ISP 下载线设计完成。ISP 下载结束后，把单片机放在目标板上，按一次复位键或者重新上电，单片机上的程序即开始运行。

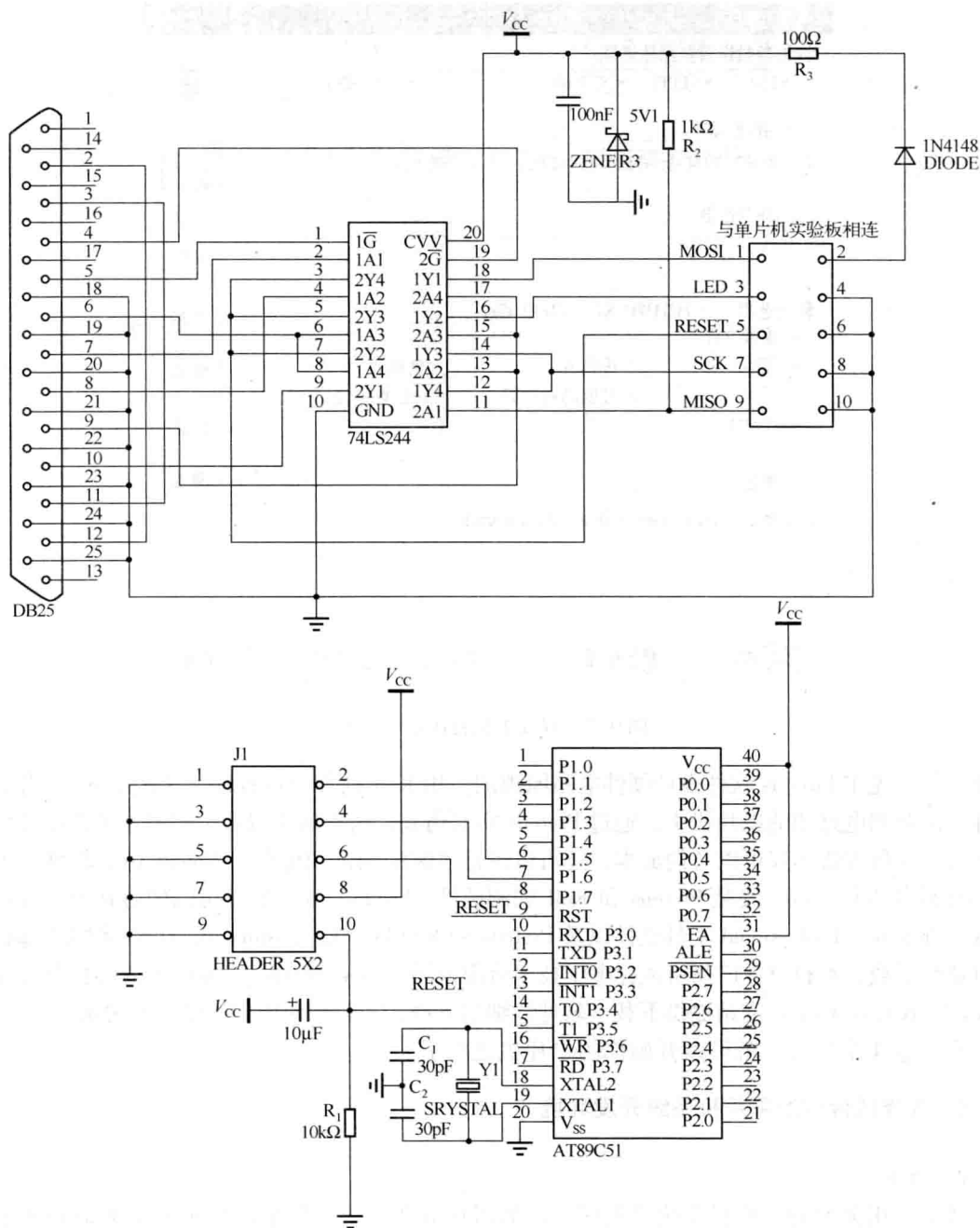


图 0-6 具有 ISP 下载口的 AT89S51 单片机最小系统电路图

4) 法宝 4: Proteus 仿真软件

Proteus 仿真软件的功能在于它的电路仿真是互动的，针对微处理器的应用，可以直接在基于原理图的虚拟原型上编程，并实现软件代码级的调试，还可以直接实时动态地模拟按钮、键盘的输入，LED、液晶显示的输出，同时配合虚拟工具如示波器、逻辑分析仪等进行相应的测

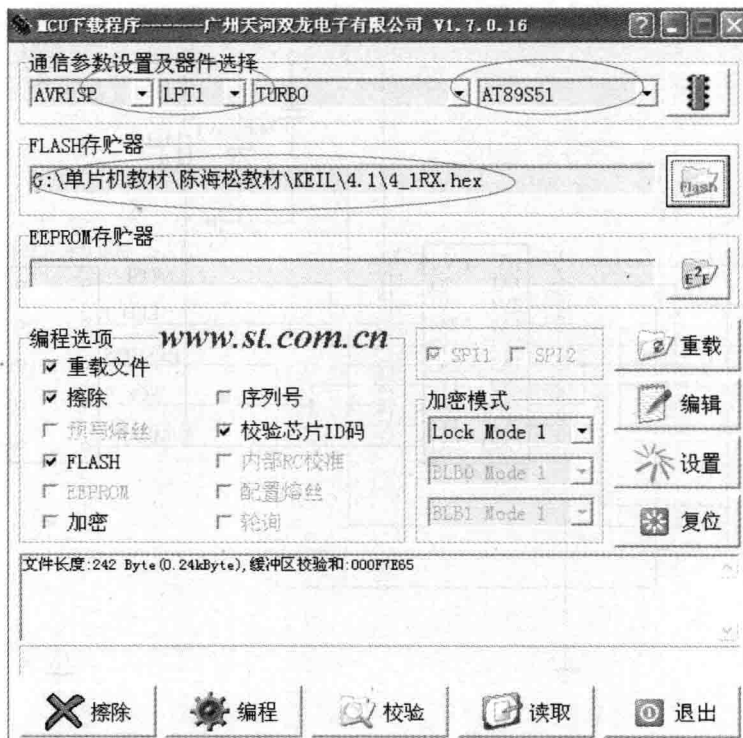


图 0-7 双龙下载程序运行界面

量和观测。先用 Proteus 软件设计硬件电路原理图，用 Keil 软件设计程序，生成 .hex 或者 .bin 文件，加载到电路图的单片机中，通过 Proteus 实时仿真，仿真成功以后，再制作硬件系统，脱机运行，这种方法不仅可以节约成本，还可以进行实时的调试和仿真。Proteus 仿真软件还可以和 Keil 软件进行联调，安装 Proteus 和 Keil 联调插件 vdmagdi.exe，然后可以像仿真器一样进行调试。Proteus 7 Professional 工具软件以及 Proteus 和 Keil 联调插件 vdmagdi.exe 许多网站都有链接可免费下载，本教材在广州市风标信息技术有限公司（www.windway.cn）和华信教育资源网（www.huaxin.edu.cn）网站提供下载。软件详细的下载、安装和使用方法请参照附录 A。

有了这 4 个法宝，就可以开始你的单片机之旅了。

5. 选择适合你的单片机系统开发环境

1) 教学

教学采用典型的单片机系统开发环境，如图 0-8 所示。一般单片机实验室配备的都是典型的单片机系统开发环境，由计算机、通信电缆、仿真器、仿真电缆以及用户目标系统进行

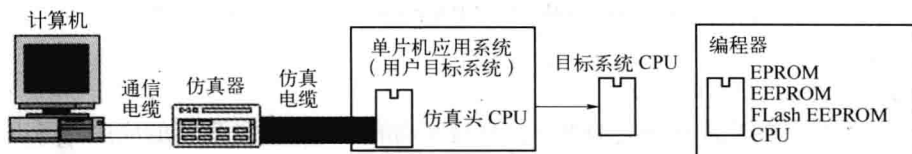


图 0-8 典型的单片机系统开发环境



仿真调试，调试成功之后，通过专用的编程器把程序下载到目标系统的 CPU，然后再进行脱机调试。这种典型的单片机系统开发环境的优点是单片机在执行程序时人工是无法控制的，为了能调试程序，检查硬件及软件运行状态，通过借助单片机仿真器模拟用户实际的单片机，并且能随时观察运行的中间过程，而不改变性能和结果，从而模仿现场的真实调试。而缺点是要配备仿真器和专用的编程器，花费比较高，在教学上，采用此开发环境比较好。

准备的学习工具：计算机、仿真器、开发板、编程器。

2) 有一定基础的学习者

单片机系统开发环境使用在系统编程（ISP），如图 0-9 所示。ISP 功能的优势在于不需要编程器就可以改写单片机存储器内的程序，方便系统调试，尤其对于实验环境有限的学生来讲，只要有一台计算机，就可以随意改写单片机内的程序，极大地方便了课下学习和创新，是一个强大易用的功能。ISP 一般通过单片机专用的编程接口对单片机内部的 Flash 存储器进行编程，ISP 的实现一般需要很少的外部电路辅助实现，用户可以自己动手制作一个 ISP 下载线，具体方法参见法宝 2。这种单片机系统开发环境可节约成本，缺点是只能看到最终结果，不能随时观察运行的中间过程。这种单片机系统开发环境比较适合自学的人员。

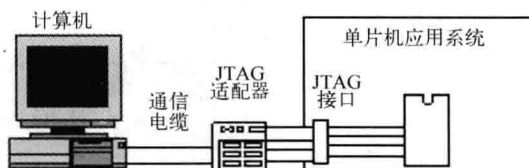


图 0-9 使用 JTAG 界面的单片机仿真开发环境

准备的学习工具：计算机、ISP 编程器、开发板。

3) 初学者

通过 Proteus 软件仿真学习单片机，可以节约成本，还可以进行实时的调试和仿真。

准备的学习工具：计算机、Proteus 软件。