

高 职 高 专 计 算 机 系 列 教 材



单片机原理与应用实训

—— 嵌入式系统开发基础

主 编 李群芳 副主编 万世明 游华杰



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

高职高专计算机系列教材

单片机原理与应用实训

——嵌入式系统开发基础

主编 李群芳 副主编 万世明 游华杰

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与应用实训:嵌入式系统开发基础/李群芳主编;万世明,游华杰副主编. —武汉:武汉大学出版社,2006.10

(高职高专计算机系列教材)

ISBN 7-307-05268-7

I. 单… II. ①李… ②万… ③游… III. 单片微型计算机—高等学校:技术学校—教学参考资料 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 118161 号

责任编辑:黄金文 责任校对:黄添生 版式设计:支 笛

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:wdp4@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)

印刷:湖北省通山县九宫印务有限公司

开本:730×1000 1/16 印张:10.375 字数:200千字

版次:2006年10月第1版 2006年10月第1次印刷

ISBN 7-307-05268-7/TP·221 定价:16.00元

版权所有,不得翻印;凡购我社的图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

高职高专计算机系列教材

编 委 会

主 任: 王化文, 武汉科技大学中南分校信息工程学院院长, 教授
编 委: (以姓氏笔画为序)

万世明, 武汉工交职业学院计算系主任, 副教授

王代萍, 湖北大学知行学院计算机系主任, 副教授

龙 翔, 湖北生物科技职业学院计算机系主任

张传学, 湖北开放职业学院理工系主任

陈 晴, 武汉职业技术学院计算机技术与软件工程学院院
长, 副教授

何友鸣, 中南财经政法大学武汉学院信息管理系教授

杨宏亮, 武汉工程职业技术学院计算中心

李守明, 中国地质大学(武汉)江城学院电信学院院长, 教授

李晓燕, 黄冈科技职业学院电子信息工程系主任, 教授

李群芳, 武汉工程大学职业技术学院计算机系主任, 副教授

明志新, 湖北水利水电职业学院计算机系主任

郝 梅, 武汉商业服务学院信息工程系主任, 副教授

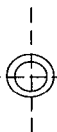
章启俊, 武汉商贸学院信息工程学院院长, 教授

谭琼香, 武汉信息传播职业技术学院网络系

戴远泉, 湖北轻工职业技术学院信息工程系副主任, 副教授

执行编委:

黄金文, 武汉大学出版社副编审

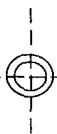


内容简介

本书是《单片机原理与应用——嵌入式系统开发基础》(李群芳主编、万世明副主编,武汉大学出版社出版)的配套教材,通过实践训练(实训)和解答习题,使读者理解和掌握嵌入式系统的基本理论和开发技能。

全书分为两篇,第1篇是实训,第2篇是教材的思考题和习题解答。

实训篇介绍了单片机开发软件(仿真软件和在系统编程软件)的使用方法和调试技巧,安排了单元实验和项目实训(课程设计、毕业设计),内容由浅入深,集实用性、综合性、趣味性于一体。第2篇对教材各章的重点和难点进行了归纳和总结,并给出思考题和习题的参考解答。实验程序示例和习题的参考解答都是用C语言和汇编两种语言编写,满足读者系统开发的需要。



前言

嵌入式系统已深入到工业控制、尖端武器、通信设备、信息处理、家用电器等领域,作为控制核心的单片机(又称为微控制器),以体积小、功能全、性价比高等诸多优点而独具特色。51 系列单片机硬件构架完整、功能强大、通用性强,并具有价格低廉、方便学生实践等特点,因而成为工科学生硬件设计基础课。

单片机是一个内函 CPU、RAM、ROM、I/O 接口的一个小芯片,它“麻雀虽小,五脏俱全”,它的知识涵盖计算机基础、计算机体系结构、计算机组成原理、计算机程序设计、计算机接口等。因此,对于计算机、电信、机电、仪器仪表、电力等专业都是很重要的一门课,越来越多的企业把是否掌握单片机知识作为招聘人才的条件之一。单片机是软、硬件相结合且实践性很强的课程,不实践相当于没学。本书是《单片机原理与应用——嵌入式系统开发基础》的配套实训教材,旨在通过实践使读者理解和掌握嵌入式系统的理论和开发技能。

本实训教材分为两篇,第 1 篇是实训(实践训练),包括单元实验和项目实训,第 2 篇是教材的思考题和习题解答。

本教材的实训篇提供了一套价格低廉的在系统可编程(ISP)实验板作为一个实践平台,选用 ISP 型 51 单片机为嵌入式系统核心控制器件。所谓 ISP(In-System Programming 在系统可编程),指电路板上的空白器件可以编程写入最终用户代码,而传统的做法是需要从电路板上取下器件,在专用的编程器编程写入程序代码,而后再将写好的器件插回电路板。ISP 技术也可以使已经编程的器件在电路板上擦除或再编程。这样不需要另购编程器,就可以进行单片机的实验和开发,免去了调试时由于频繁地拔、插芯片对芯片和电路板带来的损坏和不便,所以 ISP 是嵌入式技术开发方式的发展方向。本实训篇提供的(ISP)实验板兼实验功能和编程器功能于一体,使读者在家中也能做硬件实验。

实验指导中介绍了单片机开发软件(仿真软件和在系统编程软件)的使用方法和调试技巧。在单元实验中,实验的安排由浅入深,先有示例,后由同学们自行设计题目,逐步引导初学者从入门到深入,而且实验程序示例都是由 C 语言和汇编两种语言编写,读者可以根据需要选择。教材安排了 11 个实验,单片机内部资源的应用实验为必做,其他实验根据学时等情况选择。

项目实训是前面各实验的综合,有了前面单元实验的基础,按照模块化设计的方法,完成项目设计课题就不难了,在项目实训(课程设计、毕业设计)中,我们安排了



很多参考题目,如抢答器、计票系统、故障报警系统、交通灯控制系统、出租车计价器、音乐盒、多功能数字钟、波形发生器、数字电压表等,题目的安排由浅入深,尽可能使其具有实用性、综合性、趣味性,并且仅用实验板就可以完成(根据读者需要,也可以外扩)。题目都有提示,读者可以根据学生的层次、兴趣和给定的学时进行选择。

本实训教材可以与 ISP 实验板结合使用,也可以和任意外购实验平台结合使用,还可以用面包板自行搭建电路(此时需另购编程器,附录有集成电路引脚图)。因此本书也可作为独立的实验教程。

本书的第2篇是教材《单片机原理与应用——嵌入式系统开发基础》(李群芳等主编,武汉大学出版社出版)中思考题和习题的参考解答,每一章参考解答前都有提要,对这一章的重点和难点进行了归纳和总结。思考题和习题的选取注重基本概念及实用性,程序的解答采用汇编语言和 C 语言对照的编程方法,因为对于 IT 行业工程师,这两种语言的编程语言都是应该掌握的。由于程序编制的灵活性、技巧性很强,一道题会有很多种的编程方法,因此解答仅作参考。

本书由李群芳、万世明、游华杰编写,肖看博士、黄建博士、丁国荣工程师、李熠、冷岩松、张伟然等参与了其中实验开发验证工作和习题的解答、编辑工作,徐志昱参与了实验板的开发,姚方、姚园等人完成了书中部分例题和习题的文字录入及电路绘制等工作。在此,对他们的辛勤劳动表示感谢。

由于计算机的发展日新月异,本人水平有限,加之时间仓促,本教材难免有疏漏和错误之处,敬请读者批评指正。

对本教材的意见和建议以及配套 ISP 实验板的咨询可通过电子邮件联系。

E-mail:call_lqf@163.com

作 者

2006 年 9 月于武昌

目 录

第 1 篇 实 训

概 述	3
第 1 章 在线编程 (ISP) 多功能实验板	5
1.1 单片机在线编程多功能实验板介绍	5
1.1.1 单片机在线编程多功能实验板的结构框图	5
1.1.2 单片机在线编程多功能实验板的面板	5
1.1.3 多功能实验板的电路图	6
1.1.4 实验板面的跳线、开关、按钮功能	8
1.2 多功能实验板涉及的软件介绍	9
1.2.1 综合测试程序的使用	10
1.2.2 运用在线编程软件 Atmel ISP 实现在线编程	11
1.2.3 单片机仿真调试集成软件包 Wave 的使用	14
第 2 章 实验指导	21
2.1 实验 1 程序设计	21
2.2 实验 2 并行接口	23
2.3 实验 3 中断	29
2.4 实验 4 定时/计数器	33
2.5 实验 5 串行通信实验	39
2.6 实验 6 矩阵键盘和数码显示程序设计	43
2.7 实验 7 串行 EEPROM 实验(选做)	46
2.8 实验 8 串行 A/D 实验(选做)	47
2.9 实验 9 串行 D/A 实验(选做)	51
2.10 实验 10 电子广告显示屏控制实验(选做)	51
2.11 实验 11 液晶显示器显示控制实验	57



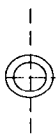
第3章 项目设计(课程设计或毕业设计选题)	65
3.1 ISP实验板的使用和进一步开发方法	65
3.2 课程设计报告要求	66
3.3 课程设计参考选题及提示	66

第2篇 思考题与习题参考答案

第0章 计算机的基础知识	75
第1章 8XX51单片机的内部结构	78
第2章 51系列单片机的指令系统	80
第3章 8XX51单片机的汇编语言程序设计	88
第4章 单片机的C语言程序设计——C51	97
第5章 并行输入/输出接口P0~P3	102
第6章 8XX51单片机的中断系统	108
第7章 单片机的定时/计数器	114
第8章 单片机的串行接口	122
第9章 单片机总线与存储器的扩展	133
第10章 单片机应用接口技术	142
第11章 串行接口技术	150
第12章 以MCU为核心的嵌入式系统的设计与调试	152
附录 常用集成电路引脚图	153
参考文献	157

第1篇 实 训





概

述

实践训练(实训)是学习嵌入式系统软、硬件设计之必不可少的环节,通过本篇的单元实验和项目实训,使学生掌握嵌入式系统的开发方法和技能。

本篇提供的硬件电路可以由用户在面包板搭建(此时必须另购编程器),也可以与编者提供的 ISP 实验板结合使用,还可以用于任意市售实验平台,具有普遍指导意义。实验的安排紧密结合课堂教学,由浅入深。每个实验先有示例程序,尔后由学生自行设计程序。用跳线改变接口的设计安排。

目前大多数学校的单片机实验多采用市售的实验台,这些实验台价格昂贵(千元以上),同时追求大而全,难于满足学生学习由易到难、循序渐进的要求,而学校的单片机教学学时少,很多实验做不了,不能充分发挥实验台效益。为了让学生学得好、买得起,同时能随时做硬件实验,开发小型嵌入式系统,我们设计了价廉、功能齐全、开发灵活、可在线编程(ISP)的单片机多功能实验板。

可在线编程单片机多功能实验板(以下简称实验板)核心为 89S52 单片机,该单片机属增强型 51 单片机,内部有 256 byte RAM 和 8K byte flash EEPROM、3 个定时器/计数器和看门狗,其他内部资源和 8051、89C51 一样,指令系统完全兼容,不同的是它可以在线编程,并且可以在线反复地擦除和编程。

多功能实验板结合了单片机在线编程(烧写)功能及程序运行功能,使得用户一板在手便拥有了编程器和实验板两套设备。实验是学习单片机软件、硬件设计之必需手段,实验板提供了单片机完整的实验器件和电路,编程器是嵌入式开发必备的最基本的工具,也可用于日后其他项目的开发,因此它具有近期和远期效益。实验板充分利用单片机的资源,价格低廉、使用方便、可再开发。用户可通过带锁按压开关方便地实现系统编程状态和程序运行状态之间的转换,直接观察程序的运行效果,从而免去了单片机开发中必需的昂贵的硬件仿真器和专用编程器的开销。同时由于不用频繁反复拔、插单片机,节省了时间,减少了损耗。只要读者有一台电脑,在家里或寝室里就可以进行单片机的硬件实验和开发自己的小型嵌入式系统。

多功能实验板充分利用单片机的内部资源,能开发出如下硬件实验:

- ① 并行口的输入、输出实验
- ② 数码管的显示与矩阵键盘
- ③ 中断实验



- ④ 定时器/计数器的应用设计
- ⑤ 串行通信实验(单片机和单片机、单片机和 PC 机的通信)
- ⑥ 矩阵键盘和数码显示设计
- ⑦ 串行 EEPROM(I²C 接口)
- ⑧ 串行 D/A 转换(SPI 接口)
- ⑨ 串行 A/D 转换(SPI 接口)
- ⑩ 电子广告显示屏控制实验
- ⑪ 液晶显示器显示控制实验

在循序渐进完成上述各项基本的单元实验后,学生就有能力完成后面的项目实训了,因为项目实训就是上述资源的综合利用和程序模块的整合,即使是未来的大项目,也脱离不了这种模式。

在项目实训(课程设计、毕业设计中),我们安排了很多参考题目,如抢答器、计票系统、故障报警系统、交通灯控制系统、出租车计价器、音乐盒、多功能数字钟、波形发生器、数字电压表等,题目的安排由浅入深,尽可能使其具有实用性、综合性、趣味性,并且仅用实验板就可以完成。教师可以根据学生的层次、兴趣和给定的学时进行选择。为给同学们自由发挥,展示自己的创造力空间,文中只给予提示,没给出源程序,教师或读者可在此基础上加宽和拔高。



第1章 在线编程(ISP)多功能实验板

1.1 单片机在线编程多功能实验板介绍

1.1.1 单片机在线编程多功能实验板的结构框图

单片机可在线编程多功能实验板的结构框图如图 1-1-1 所示。

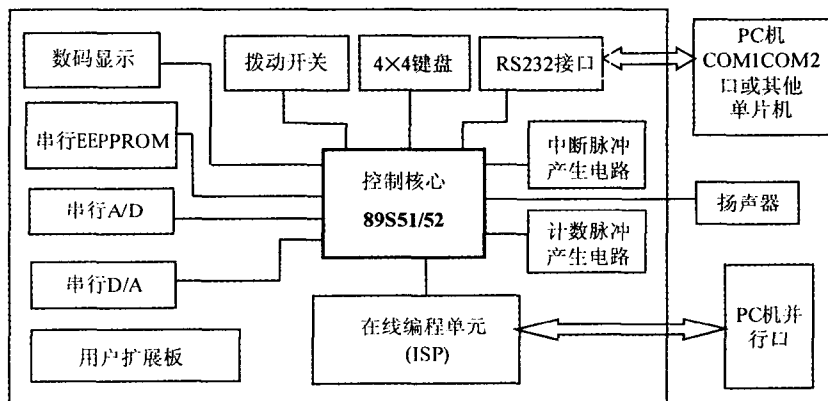


图 1-1-1 多功能实验板的结构框图

1.1.2 单片机在线编程多功能实验板的面板

单片机在线编程多功能实验板的面板如图 1-1-2 所示。

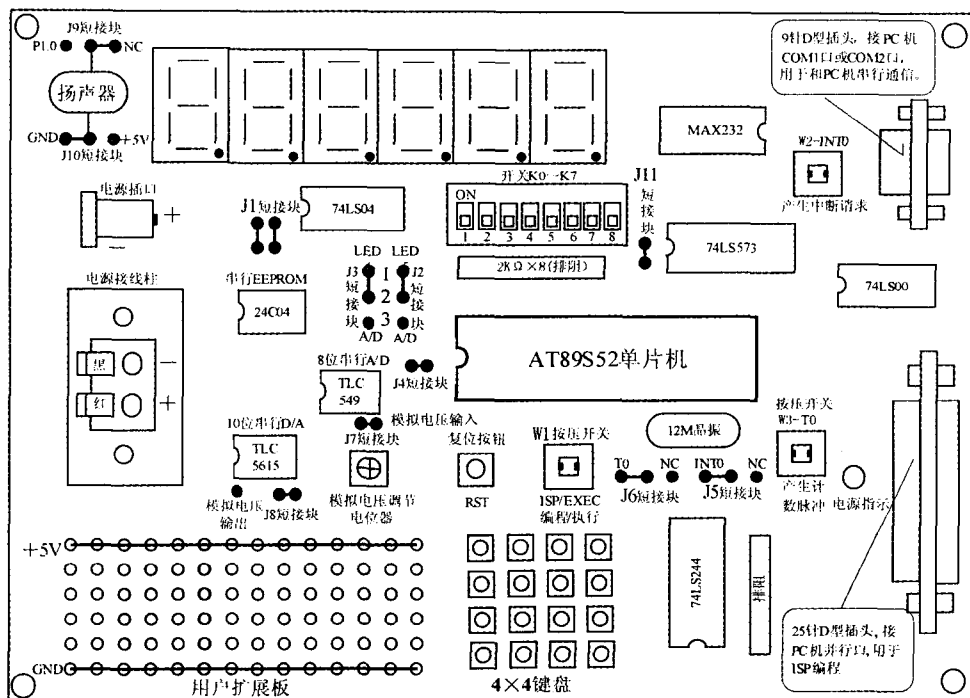


图 1-1-2 多功能实验板的面板

1.1.3 多功能实验板的电路图

单片机可在线编程多功能实验板的电路原理如图 1-1-3 所示。

说明：

① 本系统的晶振为 12MHz。

② 各 I/O 口线安排如下：

P0 口：

8 位拨码开关(固定连接)输入,4×4 矩阵键盘(固定连接),如果各开关均处于 OFF 状态,相当于未连接。

P1 口：

P1.0 ~ P1.5 数码管位选 (P1.4、P1.5 跳线选择)、P1.4 和 P1.5 也是串行 A/D 的数据线和时钟线(跳线选择),P1.6 和 P1.7 为串行 IIC EEPROM 时钟和数据线(跳线选择)。

P2 口：

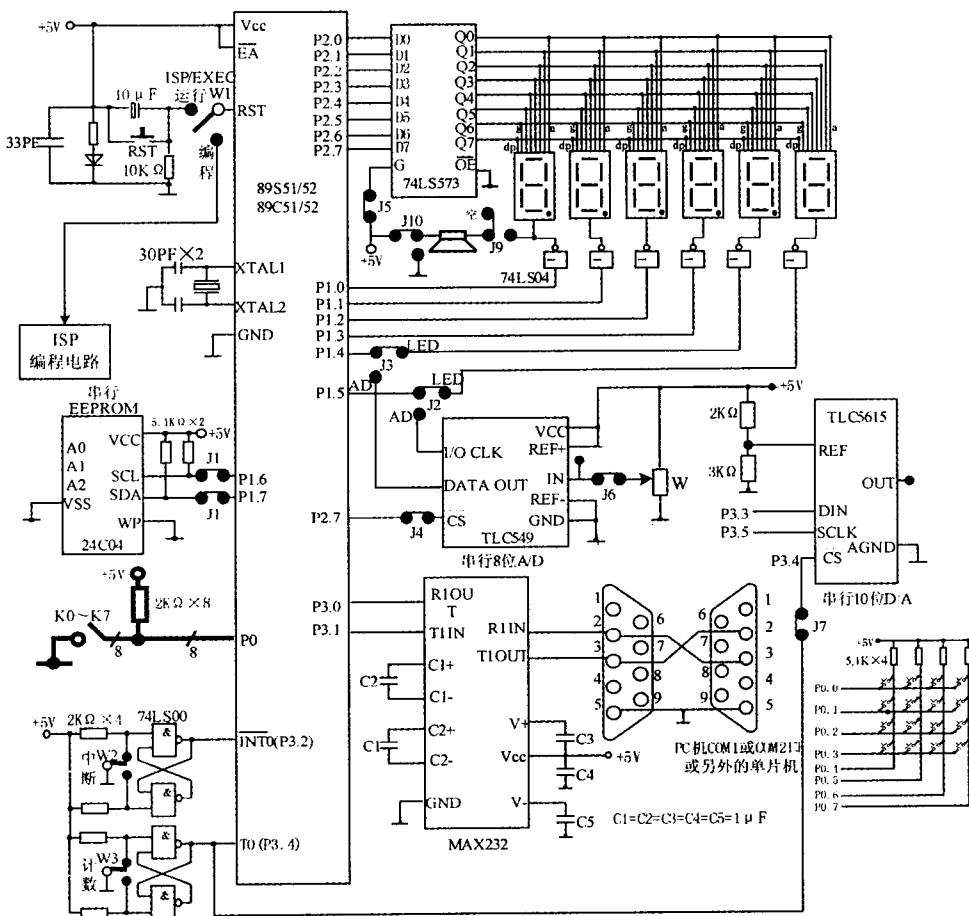


图 1-1-3 在线编程多功能实验板的电路原理图

数码管段选,控制数码管字形,通过跳线 J11 选择。如果跳线 J11 断开,段选驱动 74LS573 断开电源将无法工作,数码管不显示,P2 口可外接其他外设或作地址线。

P2.7 串行 A/D 的片选线(跳线选择)。

P3 口:

P3.0、P3.1 用于串行通信,P3.2 $\overline{\text{INT0}}$ 中断请求(跳线选择)、P3.4 T0 计数脉冲输入(跳线选择),P3.3、P3.4 和 P3.5 为串行 D/A 5615 的数据线、片选线和时钟线(跳线选择)。

③ 图中●●为跳线,通过短接块使其相连或断开,使用户可以灵活安排接口设计。



④ 89C51/52 单片机可以在实验板上执行,但不能在上面烧写(在线编程),因为 89C51/52 不是 ISP 型,此时需另购专用的编程器烧写(编程)。

1.1.4 实验板面的跳线、开关、按钮功能

实验板操作非常方便,它利用跳线、开关、按钮改变连线和操作方式,避免了插线连接不可靠问题。结合在线编程多功能实验板电路图(图 1-1-3)和多功能实验板的面板图(图 1-1-2),下面对多功能实验板的跳线、开关、按钮的功能作以说明。

(1) J1 ~ J11 为跳线。跳线用于改变并行口线的应用设计,改变短接块的位置会使单片机的并行口线和电路相连或断开,断开后的并行口线,用户可以自行随意外接其他器件。

- **J1** J1 为 1 组两路平行的跳线,控制串行 EEPROM 与单片机之间是否相连,用两个短接块将 J1 两路跳线连上,EEPROM 处于与单片机的连接状态,可对 EEPROM 进行读写操作。当不用 EEPROM 时,将短接块拿开,EEPROM 与单片机处于断开状态,用户可以自己使用单片机的 P1.6 和 P1.7 口线扩展系统功能。

- **J2 和 J3** J2、J3 控制单片机的 P1.4、P1.5 脚是和第 5 个、第 6 个数码管相连,还是和串行 A/D (TLC549)相连。

当用两个短接块将 J2 和 J3 的 1、2 两脚相连,单片机的 P1.4 和 P1.5 脚和 TLC549 处于连接状态,可对串行 A/D (TLC549)进行操作,第 5 个和第 6 个数码管处于不受控状态。当用两个短接块将 2、3 两脚相连,P1.4 和 P1.5 连接第 5 个和第 6 个数码管的阴极,此时这两个数码管受控工作,而串行 A/D 与单片机处于断开状态,不能工作。

- **J4** J4 控制单片机的 P2.7 脚是否和串行 A/D 的片选端相连,将短接块插上,串行 A/D 的片选端和单片机 P2.7 脚相连,可对串行 A/D 进行操作;将短接块拿开,单片机和串行 A/D 的片选端处于断开状态,单片机的 P2.7 脚用户可自行安排使用。

- **J5** 决定是否使用带锁按压开关 W2 产生的脉冲作 INTO 外部中断请求,如果 J5 和 INTO 短接,使用板上开关 W2 产生外部中断请求;如果 J5 和 NC 短接,用户可以自行外接外部中断请求或将 P3.2 脚作它用。

- **J6** 决定是否使用带锁按压开关 W3 产生的脉冲作向计数器 T0 提供外部计数脉冲,每按两次开关 W3,产生一个计数脉冲。如果 J6 和 NC 短接,用户可以自行外接计数脉冲或将 P3.4 脚作它用。

- **J7** 控制串行 A/D 的模拟信号来源,当短接块插上,两插针短接,串行 A/D 的模拟信号来源于直流电压的分压值,通过电位器调节输入模拟电压的大小;当短接块拔掉,外接模拟信号可由此插针引入,接传感器经放大后的电压,作其他物理量测量仪(如数字温度计、数字电压表等)。

- **J8** 控制单片机的 P3.4 脚是否和串行 D/A(TLC5615)的片选端相连,短接块