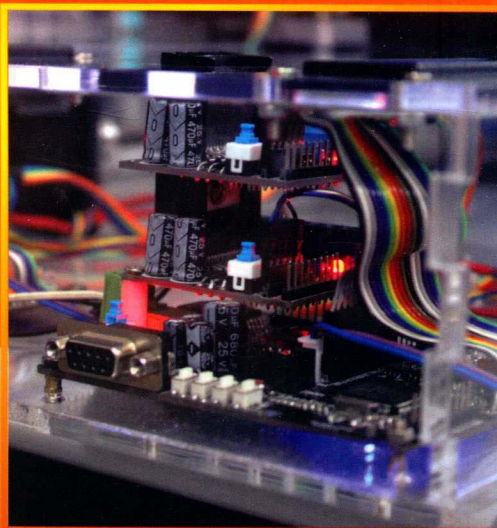


“ 十三五 ” 高等教育机电类专业规划教材

单片机原理及应用技术 项目化教程

DANPIANJI YUANLI JI YINGYONG JISHU XIANGMUHUA JIAOCHENG

赵润林 畅福善 主编



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

—— 二五 —— 高等教育机电类专业规划教材

单片机原理及应用技术 项目化教程

赵润林 畅福善 主 编

朱铭琳 钮玉杰 副主编

杨晓敏 王晓丽 王 建 参 编

中国铁道出版社

CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书借鉴 CDIO 工程教育理念,采用项目驱动,紧密结合单片机应用实际情况,以实训项目为主线,理论联系实际,充分体现了高等教育的应用特色和能力本位,突出人才应用能力的创新素质的培养,内容丰富,实用性强。从技术和工程应用的角度出发,为适应不同层次、不同专业的需要,全书共设计 12 个项目,主要介绍单片机开发系统、单片机并行端口的应用、定时器/计数器、中断系统、串行通信技术、接口技术以及单片机应用系统设计方法等内容。以实例系统地介绍了单片机技术基础和技能实训内容。突出了工程实践能力的培养,可用于学生的理论与实训学习、课程设计与毕业设计。

本书适合作为高等学校、成人教育的自动化、电子信息、计算机、机械控制、数控应用技术等相关专业单片机课程的教材,也可作为广大工程技术人员培训和学习参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用技术项目化教程/赵润林,畅福善

主编. —北京:中国铁道出版社,2018.8

“十三五”高等教育机电类专业规划教材

ISBN 978-7-113-24636-5

I. ①单… II. ①赵… ②畅… III. ①单片微型计算机-高等学校-教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 128956 号

书 名:单片机原理及应用技术项目化教程
作 者:赵润林 畅福善 主编

策 划:侯 伟
责任编辑:何红艳 绳 超
封面设计:付 巍
封面制作:刘 颖
责任校对:张玉华
责任印制:郭向伟

读者热线:(010)63550836

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址: <http://www.tdpress.com/51eds/>

印 刷:三河市燕山印刷有限公司

版 次:2018年8月第1版 2018年8月第1次印刷

开 本:787mm×1092mm 1/16 印张:20.5 字数:487千

书 号:ISBN 978-7-113-24636-5

定 价:54.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社教材图书营销部联系调换。电话:(010) 63550836

打击盗版举报电话:(010) 51873659

为了适应社会经济和科学技术的迅速发展及高等教育教学改革的需要，注重以先进的科学发展观调整和组织教学内容，增强认知结构与能力结构的有机结合，强调培养对象对职业岗位（群）的适应程度，我们经过广泛调研组织编写了本书。

本书主要特色如下：

（1）借鉴 CDIO 工程教育理念，采用“项目驱动”的编写思路，突出技能培养在课程中的主体地位。以解决实际项目的思路和操作为编写主线，贯穿多个知识点，使理论从属于技能培养。教会学生如何完成工作任务，关注学生能做什么，想学什么，知识、技能的学习，结合工作任务的完成过程来进行。在内容的选取方面，将理论和实训合二为一，以“必需”与“够用”为度，将知识点做了较为精密的整合，内容深入浅出，通俗易懂。既有利于教，又有利于学，还有利于自学。

（2）既适合教学，又符合企业实际工作需要。注重采用企业真实工作任务，贴近企业岗位实际需求。本书在拉近单片机教学与职业岗位需求距离的同时，兼顾知识的系统性和完整性。

（3）在结构的组织方面大胆打破常规，以项目为教学主线，通过设计不同的工程任务，将知识点和技能训练融于各个项目之中，各个项目按照知识点与技能要求循序渐进编排，突出技能的提高，边学边做，学练结合，努力符合职业教育的工学结合，达到真正符合职业教育的特色。

（4）全新的仿真教学模式，C 语言编程。本书打破了传统教材原有界限，与职业岗位基本技能融合在一起，引入 Proteus 仿真软件（软件仿真图中的电气元件图形符号与国家标准图形符号不同，二者对照关系参见附录 B），采用 C 语言编程，将学生从单片机复杂的硬件结构中解放出来，侧重学生技能和动手能力的锻炼，实现了在计算机上完成单片机电路设计、软件设计、调试与仿真。真正实现了从概念到产品的完整设计，使学生理解和掌握从概念到产品的完整过程。

本书由运城学院赵润林、畅福善任主编，运城学院朱铭琳、钮玉杰任副主编，运城学院杨晓敏、王晓丽，运城职业技术学院王建参与了编写。本书编写过程中得到了运城学院领导的关心与帮助，亦得到了中国铁道出版社的大力支持，在此一并表示衷心感谢。

由于时间仓促，加上编者水平有限，书中难免存在疏漏和不妥之处，恳请广大读者批评指正。

CONTENTS | 目 录

项目 1 发光二极管 LED 控制与实现	1
学习目标	1
项目描述	1
知识链接	1
1.1 单片机技术认识	1
1.1.1 单片机的概念	1
1.1.2 单片机的历史及发展概况	1
1.1.3 单片机的特点及应用领域	2
1.1.4 单片机的分类	3
1.1.5 STC 系列单片机简介	4
1.2 单片机应用系统的开发过程	5
1.2.1 单片机应用系统设计过程	5
1.2.2 单片机应用系统的传统开发方式——在线仿真技术	5
1.2.3 单片机应用系统的新开发方式——在线编程技术	6
1.3 逻辑数据的表示	6
1.4 单片机中数制的表示方法	7
1.4.1 十进制数、二进制数、十六进制数	7
1.4.2 数制转换	8
1.4.3 二进制数的运算	10
1.4.4 原码、反码、补码	12
1.4.5 8421BCD 码	14
1.4.6 ASCII 码	15
1.5 单片机应用系统入门的有效方法和基本条件	15
项目实施	16
自我测试	19
项目 2 单片机软件开发过程和 LED 的闪烁控制	20
学习目标	20
项目描述	20
知识链接	20
2.1 仿真软件 Proteus 的使用	20
2.1.1 Proteus 的主要功能特点	20
2.1.2 Proteus 仿真设计快速入门	21
2.2 Keil C51 软件的使用	28
2.2.1 Keil C51 软件概述	28

2.2.2 Keil C51 软件的使用步骤	28
2.3 单片机烧写器及烧写软件的使用	37
2.3.1 烧写及烧写器	37
2.3.2 烧写软件	38
2.4 C51 语言源程序的结构特点	39
2.4.1 概述	39
2.4.2 C51 语言的基本程序结构	40
2.4.3 C51 语言标识符与关键字	42
项目实施	44
自我测试	48
项目3 STC89C52RC 单片机的并行 I/O 口	49
学习目标	49
项目描述	49
知识链接	49
3.1 STC89C52RC 单片机的内部结构和功能	49
3.2 STC89C52RC 单片机引脚的定义及功能	50
3.3 STC89C52RC 单片机存储器的空间配置及功能结构	51
3.3.1 程序存储器	52
3.3.2 数据存储器	52
3.3.3 特殊功能寄存器	54
3.4 STC89C52RC 单片机 I/O 接口及工作原理	56
3.4.1 P0 口的结构	56
3.4.2 P1 口的结构	57
3.4.3 P2 口的结构	58
3.4.4 P3 口的结构	59
3.4.5 并行 I/O 接口的负载能力	60
3.5 C51 语言的数据类型与运算符	60
3.5.1 C51 语言的数据类型	60
3.5.2 C51 语言的运算符与表达式	62
项目实施	68
自我测试	75
项目4 LED 数码管显示控制与实现	76
学习目标	76
项目描述	76
知识链接	76
4.1 74HC573 锁存器	77
4.1.1 74HC573 锁存器的内部结构及工作原理	77
4.1.2 74HC573 锁存器的特点	77

4.2 LED 数码管接口的原理和接口电路	78
4.3 C51 常量和变量	81
4.3.1 常量的数据类型	81
4.3.2 变量	82
4.3.3 局部变量与全局变量	83
4.3.4 C 语言的基本语句	84
4.4 C 语言的数组	88
4.4.1 数组的定义与引用	88
4.4.2 字符数组	89
项目实施	89
自我测试	126
项目5 键盘及显示设备的使用	127
学习目标	127
项目描述	127
知识链接	127
5.1 键盘接口的工作原理	127
5.1.1 独立式键盘的工作原理	128
5.1.2 矩阵键盘的工作原理	129
5.2 字符型 LCD 液晶接口	130
项目实施	134
自我测试	176
项目6 单片机的定时器/计数器综合应用	177
学习目标	177
项目描述	177
知识链接	177
6.1 定时器/计数器的基本概念	177
6.2 定时器/计数器的结构及工作原理	179
6.3 定时器/计数器的控制	180
6.4 C 语言的指针	184
6.5 C 语言的函数	186
6.5.1 函数的定义	186
6.5.2 函数的调用	187
项目实施	188
自我测试	197
项目7 单片机中断系统与外部中断源的扩展	199
学习目标	199
项目描述	199
知识链接	199

7.1 单片机中断系统的概念	199
7.2 中断系统的结构及控制	202
7.3 外部中断源的扩展	205
7.3.1 定时器扩展法	205
7.3.2 中断加查询扩展法	205
项目实施	206
自我测试	222
项目8 单片机串行通信的设计与实现	224
学习目标	224
项目描述	224
知识链接	224
8.1 串行通信的概念	224
8.2 串行通信的控制	228
8.3 单片机点对多数据传输	232
8.3.1 STC-51 单片机多机通信技术	232
8.3.2 单片机数据传输电路设计	233
项目实施	233
自我测试	246
项目9 I ² C 总线应用与温度采集监控电路设计	247
学习目标	247
项目描述	247
知识链接	247
9.1 I ² C 总线器件及应用	248
9.2 DS18B20 温度传感器	250
9.2.1 认识 DS18B20	250
9.2.2 DS18B20 的内部结构及功能	252
项目实施	255
自我测试	283
项目10 模拟量、数字量输入/输出设计与实现	284
学习目标	284
项目描述	284
知识链接	284
10.1 模/数 (A/D) 转换器件的基本知识	284
10.2 数/模 (D/A) 转换器件的基本知识	287
项目实施	289
自我测试	300
项目11 家用智能豆浆机系统设计与实现	301
学习目标	301

项目描述	301
知识链接	301
11.1 家用智能豆浆机的机械结构	301
11.2 家用智能豆浆机的控制系统	302
项目实施	303
项目 12 多功能电子时钟的设计与实现	309
学习目标	309
项目描述	309
知识链接	309
12.1 多功能电子时钟的主控电路	309
12.2 多功能电子时钟的显示部分	309
项目实施	309
附录 A STC 单片机选型说明	315
一、STC89C52RC/STC89C58RD 单片机的特点	315
二、STC12C2052/STC12C4052 主要性能	315
三、STC 单片机选型表	316
附录 B 图形符号对照表	318

项目 1

发光二极管 LED 控制与实现



学习目标

1. 了解单片机的概念、特点、发展及应用范围。
2. 能完成单片机最小系统和输出电路设计。
3. 掌握常用的进位计数制及各种数制的转换方法。
4. 掌握原码、反码、补码的表示方法及其相互转换。
5. 掌握 8421BCD 码和 ASCII 码的表示方法。
6. 能应用 C 语言程序完成单片机输入/输出控制,实现对 LED 控制的设计、运行及调试。



项目描述

使用 STC89C52RC 单片机,P0.0 引脚接发光二极管(LED)的阴极,通过 C 语言程序控制,从 P0.0 引脚输出低电平,使发光二极管点亮。



知识链接

1.1 单片机技术认识

1.1.1 单片机的概念

单片微型计算机简称单片机,是典型的嵌入式微控制器(micro controller unit),常用英文字母的缩写 MCU 表示单片机。它是将计算机的主要部件中央处理器(CPU)、随机存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、定时器/计数器、输入/输出接口电路等集成在一块大规模的集成电路中,形成芯片级的微型计算机。它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块芯片上,和计算机相比,单片机缺少了外围设备等。概括地讲,一块芯片就成了一台计算机。自单片机问世以来,在控制领域得到广泛应用,特别是近几年来,许多功能电路都被集成在单片机内部,如 A/D(模/数)、D/A(数/模)、PWM(脉冲宽度调制)、WDT(把关定时器,俗称“看门狗”)、I²C 总线接口等,极大地提高了单片机的测量和控制能力,现在的单片机已突破了微型计算机(micro computer)的传统内容,更准确的名称为微控制器(micro controller),虽然仍称为单片机,但应把它当作是一个单片形态的微控制器。

1.1.2 单片机的历史及发展概况

根据单片机发展过程中各个阶段的特点,其发展历史大致可划分为以下四个阶段:

第一阶段(1974—1976年):单片机的初级阶段。因工艺限制,单片机采用双片的形式,而且功能简单。

第二阶段(1976—1978年):低性能单片机阶段。以 Intel 公司制造的 MCS-48 系列单片机为代表。

第三阶段(1978—1982年):高性能单片机阶段。这个阶段推出的单片机普遍带有并行口 I/O、串行 I/O 口、多级中断处理系统、16 位定时器/计数器和片内 ROM、RAM,其中片内 ROM、RAM 容量加大,且寻址范围可达 64 KB,有的还内置有 A/D 转换器。这类单片机的代表是 Intel 公司的 MCS-51 系列, Motorola 公司的 6810 和 ZiLOG 公司的 Z8 等。

第四阶段(1982 年至今):8 位单片机的巩固发展以及 16 位单片机、32 位单片机推出阶段。此阶段的主要特征是:一方面发展 16 位单片机、32 位单片机及专用型单片机;另一方面不断完善高档 8 位单片机,改善其结构,以满足不同用户的需要。16 位单片机的典型产品如 Intel 公司生产的 MCS-96 系列单片机。而 32 位 RAM 单片机除了具有更高的集成度外,其振荡频率已达 20 MHz 或更高,这使 32 位单片机的数据处理速度比 16 位单片机快许多,性能与 8 位、16 位单片机相比,具有更大的优越性。

计算机厂家已投放市场的产品就有 70 多个系列,500 多个品种。单片机的产品已占整个微机(包括一般的微处理器)产品的 80% 以上,其中 8 位单片机的产量又占整个单片机产量的 60% 以上,由此可以看出,8 位单片机在最近的若干年里,在工业检测及控制应用上将继续占有一定的市场份额。

1.1.3 单片机的特点及应用领域

单片机已渗透到人们生活的各个领域,几乎很难找到哪个领域没有单片机的踪迹。导弹的导航装置,飞机上各种仪表的控制,计算机的网络通信和数据传输,工业自动化过程的实时控制和数据处理,广泛使用的各种智能 IC 卡,民用豪华轿车的安全保障系统,录像机、摄像机、全自动洗衣机的控制,以及程控玩具、电子宠物等等,这些都离不开单片机。更不用说自动控制领域的机器人、智能仪表、医疗器械以及各种智能机械了。因此,单片机的学习、开发与应用将造就一批计算机应用与智能化控制的科学家、工程师。

1. 单片机的特点

- (1) 小巧灵活、成本低、易于产品化。能组装成各种智能式测控设备及智能仪器仪表。
- (2) 可靠性好,应用范围广。单片机芯片本身是按工业测控环境要求所设计的,抗干扰性强,能适应各种恶劣的环境,这是其他机种无法比拟的。
- (3) 易扩展,很容易构成各种规模的应用系统,控制功能强。单片机的逻辑控制功能很强,指令系统有各种控制功能指令,可以对逻辑功能比较复杂的系统进行控制。
- (4) 具有通信功能,可以很方便地实现多机和分布式控制,形成控制网络和远程控制。

2. 单片机的应用领域

(1) 工业控制:单片机具有体积小、控制功能强、功耗低、环境适应能力强、扩展灵活和使用方便等优点,用单片机可以构成形式多样的控制系统、数据采集系统、通信系统、信号检测系统、无线传感系统、测控系统、机器人等应用控制系统。例如,工厂流水线的智能化管理,电梯智能化控制、各种报警系统,与计算机联网构成二级控制系统等。

(2)智能仪器仪表:广泛应用于仪器仪表中,结合不同类型的传感器,可实现诸如电压、电流、功率、频率、湿度、温度、流量、速度、厚度、角度、长度、硬度、元素、压力等物理量的测量。采用单片机控制使得仪器仪表数字化、智能化、微型化,且功能比采用模拟或数字电路更加强大。例如,精密的测量设备(电压表、功率计、示波器、各种分析仪)。

(3)网络和通信:现在的单片机普遍具备通信接口,可以很方便地与计算机进行数据通信,为在计算机网络和通信设备间的应用等领域提供了极好的物质条件。通信设备基本上都实现了单片机智能控制,从日常工作中随处可见的手机、小型程控交换机、楼宇自动通信呼叫系统、列车无线通信,到集群移动通信、无线电对讲机等。

(4)家用电器:家用电器广泛采用了单片机控制,从电饭煲、洗衣机、电冰箱、空调、彩电、其他音响视频器材,到电子称量设备等。

(5)导弹与控制:导弹控制、鱼雷制导控制、智能武器装备、飞机导航系统。

(6)汽车电子:单片机在汽车电子中的应用非常广泛,例如,汽车中的发动机控制器,基于 CAN 总线的汽车发动机智能电子控制器、GPS 导航系统、ABS 防抱死制动系统、制动系统、胎压检测设备。

此外,单片机在工商、金融、科研、教育、电力、通信、物流、国防和航空航天等领域都有着十分广泛的用途。

1.1.4 单片机的分类

1. 按厂家分类

(1)美国的英特尔(Intel)公司、摩托罗拉(Motorola)公司、国家半导体(NS)公司、爱特梅尔(Atmel)公司、微芯片(Microchip)公司、罗克韦尔(Rockwell)公司、齐格洛(ZiLOG)公司、仙童(Fairchild)公司、得州仪器(TI)公司等。

(2)日本的东芝(Toshiba)公司、富士通(Fujitsu)公司、松下(Panasonic)公司、日立(Hitachi)公司、日电(NEC)公司、夏普(Sharp)公司等。

(3)荷兰的飞利浦(Philips)公司、德国的西门子(Siemens)公司等。

2. 按字长分类

字长是 CPU 的主要技术指标之一,指的是 CPU 一次能并行处理的二进制位数。

(1)4 位单片机:4 位单片机的控制功能较弱,CPU 一次只能处理 4 位二进制数。这类单片机常用于计算器、各种形态的智能单元以及作为家用电器中的控制器。典型产品有 NEC 公司的 UPD75××系列、NS 公司的 COP400 系列、Panasonic 公司的 MN1400 系列、Rockwell 公司的 PPS/1 系列、Fujitsu 公司的 MB88 系列、Sharp 公司的 SM××系列、Toshiba 公司的 TMP47××系列等。

(2)8 位单片机:这类单片机的控制功能较强,品种最为齐全。由于其片内资源丰富和功能强大,主要在工业控制、智能仪表、家用电器和办公自动化系统中应用。代表产品有 Intel 公司的 MCS-48 系列和 MCS-51 系列、Microchip 公司的 PIC16C××系列和 PIC17C××系列以及 PIC1400 系列、Motorola 公司的 M68HC05 系列和 M68HC11 系列、ZiLOG 公司的 Z8 系列、Philips 公司的 80C51 系列(与 MCS-51 兼容)、宏晶公司的 STC89 系列(与 MCS-51 兼容)、NEC 公司的 UPD78××系列等。

①51 系列单片机:8031/8051/8751 是 Intel 公司早期的产品。应用早,影响很大,已成为世界上的工业标准。后来很多芯片厂商以各种方式与 Intel 公司合作,也推出了同类型的单片机,与同一种单片机的多个版本类似,虽然都在不断地改变制造工艺,但内核却相同,即这类单片机的指令系统完全兼容,绝大多数引脚也兼容;在使用上基本可以直接互换。人们统称这些与 8051 内核相同的单片机为“51 系列单片机”。51 系列单片机目前已有多种型号,中国市场上目前供货比较足的芯片还要算 STC 的 8 位芯片,Hyundai 的 GMS97 系列,Winbond 的 78e52、78e58、77e58 等。

②PIC 系列单片机:由美国 Microchip 公司推出的 PIC 系列单片机产品,首先采用了 RISC (reduced instruction set computer,精简指令集计算机)结构的嵌入式微控制器,其高速度、低电压、低功耗、大电流 LCD 驱动能力和低价位 OTP 技术等都体现出单片机产业的新趋势。

③AVR 系列单片机:AVR 系列单片机是 1997 年由 Atmel 公司研发出的增强型内置 Flash 的 RISC 精简指令集高速 8 位单片机。AVR 系列单片机可以广泛应用于计算机外围设备、工业实时控制、仪器仪表、通信设备、家用电器等各个领域。

(3)16 位单片机:CPU 是 16 位的,运算速度普遍高于 8 位单片机,有的单片机的寻址能力高达 1 MB,片内含有 A/D 和 D/A 转换电路,支持高级语言。这类单片机主要用于过程控制、智能仪表、家用电器以及作为计算机外围设备的控制器等。典型产品有 Intel 公司的 MCS-96/98 系列、Motorola 公司的 M68HC16 系列、NS 公司的 783××系列、TI 公司的 MSP430 系列等。

(4)32 位单片机:32 位单片机的字长为 32 位,是单片机的顶级产品,具有极高的运算速度。代表产品有 Intel 公司的 MCS-80960 系列、Motorola 公司的 M68300 系列、Hitachi 公司的 SuperH(简称 SH)系列等。

3. 按制造工艺分类

(1)HMOS 工艺:高密度短沟道 MOS 工艺,具有高速度、高密度的特点。

(2)CHMOS(或 HCMOS)工艺:互补的金属氧化物的 HMOS 工艺,是 CMOS 和 HMOS 的结合,具有高密度、高速度、低功耗的特点。Intel 公司产品型号中若带有字母“C”,Motorola 公司产品型号中若带有字母“HC”或“L”,通常为 CHMOS 工艺。

1.1.5 STC 系列单片机简介

STC 系列单片机传承于 Intel 8051 单片机,但在传统 8051 单片机框架基础上注入了新的血液,在性能上进行了改进,在功能上进行了扩展。STC 单片机的在线下载、编程功能(可节省仿真器、编程器)以及分系列的资源配置,增加了单片机型号的选择性。可根据单片机应用系统的功能要求选择合适的单片机,从而降低了单片机应用系统的开发难度与开发成本,使得单片机应用系统更加简单、实效,提高了产品的性能价格比。STC 系列单片机与传统的 8051 单片机相比具有更加强大的优势,它在我国应用市场中已占有较大的份额。

STC 系列单片机作为中国 MCU 的领航者,现已发展了 STC89/90 系列、STC10/11 系列、STC2 系列、STC15 系列。本书中主要应用 STC89C52RC 单片机来讲解单片机的一些简单应用。

STC 系列单片机的指令系统和标准的 8051 内核完全兼容,原来讲解 8051 单片机的师资力量可以充分发挥以前讲解单片机原理及应用课程的经验;对于具有 8051 单片机知识的读

者,也不存在转型困难的问题。

1.2 单片机应用系统的开发过程

单片机应用系统指以单片机(MCU)为核心,配以一定的外围电路和软件,能实现某一种或几种功能的应用系统。单片机应用系统的开发由以下几部分组成:

- (1)硬件设计;
- (2)软件设计;
- (3)硬件、软件的抗干扰设计;
- (4)电子工艺设计;
- (5)调试方案设计。

1.2.1 单片机应用系统设计过程

1. 设计前的准备工作

- (1)可行性调研:分析现有参考资料,从理论上、实际条件上分析具备立项条件。
- (2)系统总体方案设计:下达项目任务书及技术指标,确定系统软硬件完成功能和方法,反复推敲设计,完善总体方案设计。

2. 应用系统硬件设计内容

- (1)单片机选择设计:速度、功耗、端口数量、功能选择设计。
- (2)单片机系统扩展部分设计:I/O 端口、RAM、ROM 扩展部分设计。
- (3)应用功能模块设计:采集、测量、控制、通信等模块设计。

3. 应用系统软件设计内容

- (1)功能软件:完成各种实质性功能的程序,如测量、计算、打印、显示等。
- (2)应用软件:协调功能软件与应用的关系(主程序)。
- (3)应用系统的抗干扰设计:各应用系统所处环境不同,面临的干扰源也不同,采取措施也不同,但都应考虑。

4. 电子工艺设计

完成对系统整体结构、面板设计和电路板设计等,确保产品可靠性和电磁兼容性。

5. 调试方案设计

完成对系统功能、技术指标调试时所用到的调试技术、方法、数据、自检辅助电路设计。

1.2.2 单片机应用系统的传统开发方式——在线仿真技术

一个单片机应用系统经过调研、总体设计、硬件设计、软件设计、制板、元件安装,以及在系统的程序存储器中放入编制好的应用程序,系统即可运行。但一次性成功几乎是不可能的,需要通过调试来发现错误并加以改正。为了能调试程序,检查硬件、软件运行状态,就要借助某种开发工具模拟用户实际的单片机,并能随时观察运行的中间过程而不改变运行中原有的数据性能和结果,从而进行模仿现场的真实调试,完成这一在线仿真工作的开发工具就是单片机在线仿真器,如图 1-1 所示。之所以称为仿真器,是因为它们经常用来模拟嵌入

式系统中的中央处理器。通常来说,它通过一个插头插在一个与 CPU 一样的底座上。由于是模拟主处理器,仿真器可以在程序员的控制下做任何处理器可以做的操作。

单片机在线仿真器必须具有以下基本功能:

- (1)能输入和修改用户的应用程序。
- (2)能对用户系统硬件电路进行检查与诊断。
- (3)能将用户源程序编译成目标码并固化到 EPROM 中去。
- (4)能以单步、断点、连续方式运行用户程序,正确反映用户程序执行的中间结果。
- (5)不占用用户单片机资源和 RAM 空间。

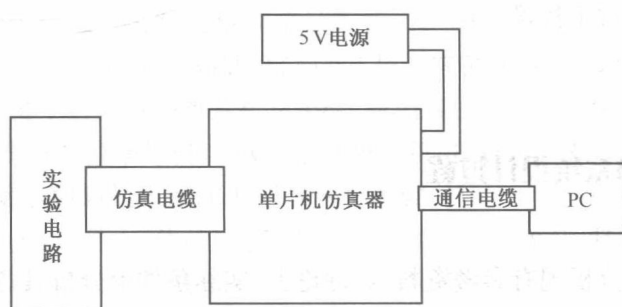


图 1-1 单片机在线仿真器

1.2.3 单片机应用系统的新开发方式——在线编程技术

随着电子技术的日益发展,芯片的规模越来越大,封装日趋小型化,相应地对系统板级调试的困难也在加大。在传统的调试方式中,频繁调试和更换程序需要频繁地插拔芯片,开发效率极低。随着单片机技术的发展,出现了可以在线编程的单片机。这种在线编程目前有两种实现方法:在线系统编程(ISP)和在线应用编程(IAP)。

ISP 一般是通过单片机专用的串行编程接口对单片机内部的 Flash 存储器进行编程;而 IAP 技术是从结构上将 Flash 存储器映射为两个存储体,当运行一个存储体上的用户程序时,可对另一个存储体重新编程,之后将控制从一个存储体转向另一个存储体。ISP 的实现一般需要很少的外部电路辅助实现,而 IAP 的实现更加灵活,通常可利用单片机的串行接口接到计算机的 RS-232 口,通过专门设计的固件程序来编程内部存储器。例如:Atmel 公司的单片机 AT89S8252 就提供了一个 SPI 串行接口对内部程序存储器编程,而 SST 公司的单片机 SST89C54 内部包含两块独立的存储区,通过预先编程在其中一块存储区中的程序就可以通过串行接口与计算机相连,使用 PC 上专用的用户界面程序直接下载程序代码到单片机的另一块存储区中。

ISP 和 IAP 为单片机的实验和开发带来了很大的方便性和灵活性,也为广大单片机爱好者带来了福音。利用 ISP 和 IAP,不需要编程器就可以进行单片机的实验和开发,单片机芯片可以直接焊接到电路板上,调试结束即成成品,甚至可以远程在线升级或改变单片机中的程序。

1.3 逻辑数据的表示

单片机作为微型计算机的一个分支,其基本功能就是对数据进行大量的算术运算和逻辑

辑操作,但是它只能识别二进制数。对于接下来研究的 8 位单片机,数的存在方式主要有位(bit)、字节(byte,B)和字(word)。

1. 位(bit)

所谓“位”就是 1 位二进制数,是单片机内部数据处理的最小单位,即“1”或“0”,用来表示信息的两种不同状态。例如,开关的“通”和“断”,电平的“高”和“低”等。

2. 字节(byte)

字节是计算机中表示存储容量的最常用的基本单位。规定 1 字节由 8 个二进制位构成,即 1 字节等于 8 比特(1B=8bit),既可以表示实际的数,也可以表示多个状态的组合信息,8 位单片机处理的数据绝大部分都是 8 位二进制数,也就是以字节为单位的,单片机执行的程序也以字节形式存放在存储器中。

字节(B)是一个比较小的单位,常用的还有 KB 和 MB 等。

$$1 \text{ KB} = 1024 \text{ B}$$

$$1 \text{ MB} = 1024 \text{ KB} = 1024 \times 1024 \text{ B}$$

3. 字(word)与字长

2 字节组成 1 个字,即 16 位二进制数。它代表计算机处理指令或数据的二进制数位数,是计算机进行数据存储和数据处理的运算单位。通常称 16 位是 1 个字,32 位是 1 个双字,64 位是 2 个双字。

字长:字的位数称为字长。不同档次的机器有不同的字长。例如,一台 8 位单片机,它的 1 个字就等于 1 字节,字长为 8 位;一台 16 位单片机,它的 1 个字就是 2 字节,字长为 16 位。

1.4 单片机中数制的表示方法

了解十进制数、二进制数、十六进制数之间的关系和运算方法,是学习单片机的基础。

1.4.1 十进制数、二进制数、十六进制数

1. 十进制数(decimal)

十进制数的主要特点有:基数为 10,由 0~9 十个数码构成。进位规则是“逢十进一”。

所谓基数是指计数制中所用到的数码个数,如十进制数共有 0~9 十个数码,所以基数是 10。当某一位数计满基数时就向它邻近的高位进一,十进制数的计数规则是“逢十进一”。十进制数一般在数的后面加符号 D 表示,D 可以省略。任何一个十进制数都可以展开成幂级数形式,例如:

$$123.45 \text{ D} = 1 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 3 \times 10^0 + 4 \times 10^{-1} + 5 \times 10^{-2}$$

式中, 10^2 、 10^1 、 10^0 、 10^{-1} 、 10^{-2} 为十进制数各数位的权。

2. 二进制数(binary)

二进制数的主要特点有:基数为 2,由 0、1 两个数码构成。进位规则是“逢二进一”。

二进制数一般在数的后面加符号 B 表示,B 不可省略。二进制数也可以展开成幂级数形式。例如:

$$1011.01 \text{ B} = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = 11.25 \text{ D}$$

式中, 2^3 、 2^2 、 2^1 、 2^0 、 2^{-1} 、 2^{-2} 为二进制数各数位的权。

3. 十六进制数(hexadecimal)

十六进制数的主要特点有:基数为16,由0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F十六个数码构成,其中A、B、C、D、E、F分别代表十进制数的10、11、12、13、14、15。进位规则是“逢十六进一”。

十六进制数一般在数的后面加符号H表示,H不可省略。十六进制数也可以展开成幂级数形式。例如:

$$123.45\text{ H}=1\times 16^2+2\times 16^1+3\times 16^0+4\times 16^{-1}+5\times 16^{-2}=291.26953125\text{ D}$$

式中, 16^2 、 16^1 、 16^0 、 16^{-1} 、 16^{-2} 为十六进制数各数位的权。

十六进制数与二进制数相比,大大缩短了数的位数,一个4位的二进制数只需要1位十六进制数表示,计算机中普遍用十六进制数表示,表1-1为十进制数、二进制数、十六进制数的对应关系。

表 1-1 十进制数、二进制数、十六进制数的对应关系

十进制数	二进制数	十六进制数	十进制数	二进制数	十六进制数
0	0000B	0H	8	1000B	8H
1	0001B	1H	9	1001B	9H
2	0010B	2H	10	1010B	AH
3	0011B	3H	11	1011B	BH
4	0100B	4H	12	1100B	CH
5	0101B	5H	13	1101B	DH
6	0110B	6H	14	1110B	EH
7	0111B	7H	15	1111B	FH

1.4.2 数制转换

1. 二进制数与十六进制数的转换

(1)二进制数转换为十六进制数。采用4位二进制数合成为1位十六进制数的方法,以小数点为界分成左侧整数部分和右侧小数部分。整数部分从小数点开始,向左每4位二进制数一组,不足4位在数的前面补0;小数部分从小数点开始,向右每4位二进制数一组,不足4位在数的后面补0,然后每组用十六进制数码表示,并按序相连即可。

【例 1-1】把 111010.011110 B 转换为十六进制数。

$$\text{解: } \frac{0011}{3} \frac{1010}{A} \cdot \frac{0111}{7} \frac{1000}{8} = 3A.78\text{ H}$$

(2)十六进制数转换为二进制数。将十六进制数的每位分别用4位二进制数码表示,然后它们按序连在一起即为对应的二进制数。

【例 1-2】把 2BD4 H 和 20.5 H 转换为二进制数。

$$\text{解: } 2\text{BD}4\text{ H} = 0010\ 1011\ 1101\ 0100\text{ B}$$

$$20.5\text{ H} = 0010\ 0000.0101\text{ B}$$