

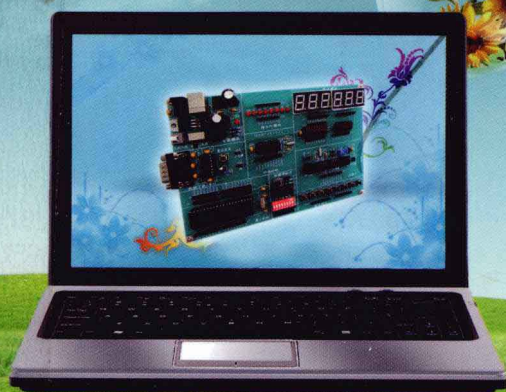


新世纪应用型高等教育
计算机类课程规划教材

单片机原理与接口技术

新世纪应用型高等教育教材编审委员会 组编

主编 李 明 毕万新



大连理工大学出版社



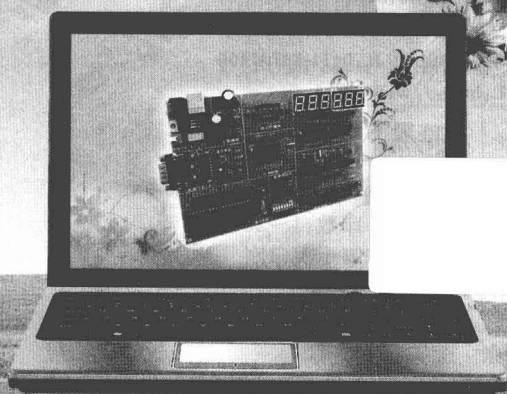
新世纪应用型高等教育
计算机类课程规划教材

单片机原理与接口技术

DANPIANJI YUANLI YU JIEKOU JISHU

新世纪应用型高等教育教材编审委员会 组编

主编 李 明 毕万新



大连理工大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与接口技术 / 李明, 毕万新主编. — 大连 : 大连理工大学出版社, 2012. 2
新世纪应用型高等教育计算机类课程规划教材
ISBN 978-7-5611-6735-9

I. ①单… II. ①李… ②毕… III. ①单片微型计算机—基础理论—高等学校—教材②单片微型计算机—接口—高等学校—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 011442 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84708842 邮购:0411-84703636 传真:0411-84701466

E-mail:dutp@dutp.cn URL:http://www.dutp.cn

大连美跃彩色印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:185mm×260mm	印张:19.5	字数:450 千字
附件:光盘一张		印数:1~2500
2012 年 2 月第 1 版	2012 年 2 月第 1 次印刷	

责任编辑:马 双

责任校对:阮芳芳

封面设计:张 莹

ISBN 978-7-5611-6735-9

定 价:39.80 元

前 言

单片机系统的开发应用,给现代工业测控领域带来了一次新的技术革命。现代产品如汽车、机床、家电等的更新换代大多是由电子技术特别是单片机技术在各类产品上的应用带来的。单片机技术是一门应用性很强的课程,其理论与实践技能是从事电类、机类、机电类和计算机类工作的专业技术人员所不可缺少的。理论与实践的密切结合是本课程的重要特点。

本教材的编写思路是便于学生迅速入门,在讲清基本原理的基础上,强调实际应用,既重视基本知识的讲解,又注重学生在应用方面的训练。

本教材体现了如下特点:

1. 保证了知识结构的基本完整。全书结构清晰,与课程要求相适应。书中提供了比较全面的学习资料,可供不同层次的学习者选择使用,使得追求传统完美和追求现代新潮的两种需求均可得到满足。

2. 与实际应用密切联系,突出应用能力的培养。力争引入针对性强、实用性强、趣味性强的实例(包括仿真例题)以及相应的教学提示和思考,便于学生迅速入门。每一章都精心设计了习题,通过练习加深、巩固对知识的掌握;每章都设计了技能训练题目,通过应用实例,激发学生的学习兴趣,满足学生的成就感,使学生能学以致用。

3. 深入浅出,通俗易懂,详略得当。教材本着实用的原则,力求简明、适度、清晰。从应用角度,结合具体实践加以讲述,案例详实,重点突出,增强教材的可读性和可操作性。某些内容学生会用即可,不做过多的理论分析。对于重点、难点内容采用提前出现、反复出现的策略,以分散难点,促进记忆。全书将综合实例涉及的技巧拆分成几个实例,分别在不同的章节中讲解,由浅入深,循序渐进,最后通过综合实例加以集成,让学生对所学知识有一个全面、系统的认识。

教材附光盘1张,书中的例题和实验题目的参考电路与源代码等以文件形式给出,便于使用。限于篇幅,本教材



2 / 单片机原理与接口技术 □

将部分技能训练及开发工具的使用方法等学习资源也收入到光盘中,便于学生学习和教师教学。

尽管编者在教材的特色建设方面做了许多努力,但由于水平有限,加之时间仓促,教材中难免存在疏漏之处,恳请各相关教学单位和读者多提宝贵意见,以便下次修订时改进。

所有意见和建议请发往:dutpbk@163.com

欢迎访问我们的网站:<http://www.dutpbook.com>

联系电话:0411—84707492 84706104

编 者

2012年2月



第 1 章 概 述	1
1.1 认识单片机	1
1.2 单片机应用系统的开发过程	6
1.3 单片机相关基础知识	9
1.4 实例仿真演示与演练.....	19
本章小结	20
习 题	20
第 2 章 MCS-51 单片机的基本结构	22
2.1 MCS-51 单片机内部组成及引脚功能	22
2.2 时钟电路与复位.....	25
2.3 51 系列单片机运行的硬件条件	27
2.4 单片机的工作原理.....	27
2.5 51 系列单片机的存储结构	32
2.6 输入/输出端口	41
本章小结	45
习 题	46
技能训练 2	47
第 3 章 MCS-51 单片机的指令系统	52
3.1 指令格式及分类.....	52
3.2 寻址方式.....	55
3.3 数据传送指令.....	60
3.4 算术运算指令.....	67
3.5 逻辑操作指令.....	72
3.6 控制转移指令.....	76
3.7 位处理指令.....	83
本章小结	86
习 题	86
技能训练 3	88

第4章 汇编语言程序设计	94
4.1 概 述	94
4.2 汇编语言伪指令	95
4.3 简单程序设计	97
4.4 循环程序设计	103
4.5 子程序设计	110
本章小结	113
习 题	114
技能训练4	115
第5章 中断系统	117
5.1 概 述	117
5.2 MCS-51 系列单片机的中断系统	119
5.3 中断程序设计方法	126
5.4 MCS-51 系列单片机外部中断的应用举例	128
本章小结	133
习 题	134
技能训练5	135
第6章 MCS-51 定时器/计数器	138
6.1 定时器/计数器的计数与定时	138
6.2 定时器/计数器的控制	139
6.3 定时器/计数器的编程	141
6.4 定时器/计数器的工作方式	142
6.5 定时器/计数器的应用	140
本章小结	152
习 题	152
技能训练6	154
第7章 串行接口	155
7.1 串行通信的基本概念	155
7.2 单片机串行接口及控制寄存器	15
7.3 单片机串行口的工作方式	158
7.4 串行口的应用	163
本章小结	169
习 题	170
技能训练7	171

第 8 章 单片机的系统扩展	174
8.1 单片机的并行扩展总线	174
8.2 半导体存储器简介	176
8.3 利用三总线扩展程序存储器(只读存储器)	179
8.4 利用三总线扩展数据存储器	182
8.5 简单并行 I/O 接口的扩展	187
8.6 可编程并行 I/O 接口的扩展	196
8.7 串行总线扩展方法	202
本章小结.....	211
习 题.....	212
技能训练 8	214
第 9 章 人机接口技术	216
9.1 键盘接口	216
9.2 LED 显示接口	224
9.3 LED 显示	229
本章小结.....	235
习 题.....	235
技能训练 9	236
第 10 章 I/O 过程通道	238
10.1 开关量输入和输出.....	238
10.2 并行接口的模拟量输入通道.....	243
10.3 串行接口的模拟量输入通道.....	248
10.4 并行接口的模拟量输出通道.....	258
10.5 串行接口的模拟量输出通道.....	263
本章小结.....	267
习 题.....	268
技能训练 10	268
第 11 章 应用系统设计技术与实例	270
11.1 单片机应用系统开发流程.....	270
11.2 抗干扰设计.....	279
11.3 应用举例.....	284
本章小结.....	296
习 题.....	296
实 训.....	296

附录 1 MCS-51 指令表	297
附录 2 ASCII(美国标准信息交换码)表	302
附录 3 MCS-51 指令矩阵表	303
参考文献	304

第 1 章

概 述

1974 年,美国仙童(Fairchild)公司研制出世界上第一台单片微型计算机 F8,深受民用电器和仪器仪表领域的欢迎和重视。单片机的出现是近代计算机技术发展史上的一个重要里程碑,单片机的诞生标志着计算机正式形成了通用计算机系统和嵌入式计算机系统两大分支。单片机单芯片的微小体积和极低的成本,使其可广泛地嵌入到如玩具、家用电器、机器人、仪器仪表、汽车电子系统、工业控制单元、办公自动化设备、金融电子系统、舰船、个人信息终端及通信产品中,成为现代电子系统中最重要的智能化工具。本章将介绍单片机的特点、应用领域以及相关的基础知识。

1.1 认识单片机

1.1.1 什么是单片机

单片机是近代计算机技术发展的一个分支——嵌入式计算机系统。它是将计算机的主要部件:CPU、RAM、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,称为单片微型计算机(Single Chip Microcomputer),简称单片机。

单片机自从问世以来,就在控制领域得到广泛应用,特别是近年来,许多功能电路都被集成在单片机内部,如 A/D、D/A、PWM、WDT、I²C 总线接口等,极大提高了单片机的测量和控制能力,现在所说的单片机已突破了微型计算机(Microcomputer)的传统内容,更准确的名称应为微控制器(Microcontroller)。

单片机与现代微型计算机一样,系统结构均采用冯·诺依曼提出的“存储程序”思想,即程序和数据都被存放在内存中,采用二进制代替十进制进行运算和存储程序。人们将计算机要处理的数据和运算方法、步骤,事先按计算机要执行的操作命令和有关原始数据编制成程序(二进制代码),存放在计算机内部的存储器中,计算机在运行时能够自动地、连续地从存储器中取出并执行,不需人工加以干预。通常一个最基本的单片机由以下几部分组成:

- (1)中央处理器 CPU,包括运算器、控制器和寄存器组;
- (2)存储器,包括 ROM 和 RAM;
- (3)输入输出(I/O)接口,它与外部输入输出设备连接。

典型的单片机组成框图,如图 1-1 所示。

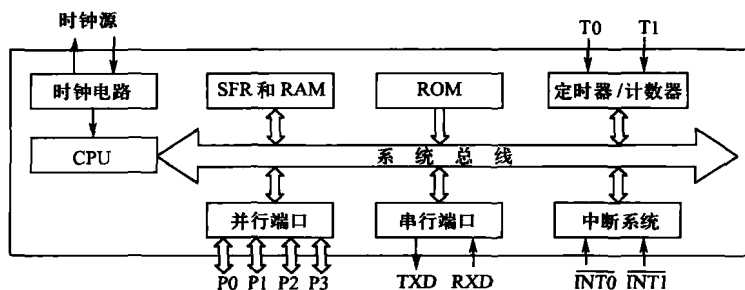


图 1-1 典型的单片机组成框图

1.1.2 单片机的特点与应用

1. 单片机的特点

继 1976 年 Intel 公司推出 MCS-48 系列 8 位单片机后,1980 年又推出了 MCS-51 系列高档 8 位单片机。目前,尽管单片机已有 16 位和 32 位的芯片,但是作为工业控制的主力仍然是 8 位单片机。单片机与通用微机相比,具有以下优点:

(1) 控制功能强

CPU 可以对 I/O 端口直接进行操作,位操作能力更是其他计算机所无法比拟的。近期推出的单片机产品,扩展了接口电路功能。如增加了高速 I/O 接口,扩展了 I/O 口引线数目,在部分型号中,集成了 ADC 转换器、PWM 脉冲宽度调制输出接口、可编程计数阵列 PCA,并在低电压、低功耗、I²C、SPI 或 CAN 总线及开发方式(如在系统编程 ISP)等方面的能力都有了进一步的提高,增强了单片机实时控制功能。

(2) 抗干扰性强,可靠性高,工作温度范围宽

CPU、存储器及 I/O 接口集成在同一芯片内,各部件间的连接紧凑,数据在传送时受干扰的影响较小,且不易受环境条件的影响,可靠性非常高。部分型号增加了定时复位(Watchdog)监控电路,提高了系统的抗干扰能力,适合于复杂、恶劣的工作环境。目前,单片机适用的环境温度划分为三个等级:民用级 0℃~+70℃,工业级-40℃~+85℃,军用级-65℃~+125℃。

(3) 开发周期短,性价比高,易于产品化

将不同功能的接口电路嵌入基本型单片机芯片后,用户就可以根据用途选择相应型号的单片机芯片,无需通过外部扩展,减少了芯片数目,从而减少了印刷电路板的面积。接插件减少,安装简单方便,价格明显降低,开发周期短,在达到同样功能的条件下,具有很高的性价比。

2. 单片机的应用领域

单片机主要面向控制领域,能够实现系统的在线控制。目前,单片机的应用日益广泛,下面简单介绍其典型的应用领域。

(1) 智能化仪表

单片机用于各种仪器仪表,促使仪表向数字化、智能化、多功能化、综合化、柔性化方向发展,将监控、处理、控制等功能一体化,简化了仪器仪表的硬件结构,可以方便地完成

仪器仪表产品的升级换代。如各种智能电气测量仪表、分析仪和智能传感器等。

(2) 实时工业控制

用单片机可以构成各种不太复杂的工业控制系统、数据采集系统等,达到测量与控制的目的。典型应用如电机转速控制、报警系统和生产过程自动控制等。

(3) 机电一体化产品

机电一体化产品集机械技术、微电子技术、自动化技术和计算机技术于一体,单片机与传统的机械产品相结合,使传统机械产品结构简化,控制智能化。典型产品如机器人、数控机床、可编程控制器等。

(4) 智能接口

在计算机控制系统,特别是在较大型的工业测控系统中,经常要采用分布式测控系统完成大量的分布参数的采集。单片机被作为分布式系统的前端采集模块,进行接口的控制与管理。

(5) 办公自动化

现在大多数办公设备都采用了单片机进行控制,如打印机、复印机、传真机和考勤机等。

(6) 商业营销

商业营销系统广泛使用单片机构成的专用系统,如电子秤、收款机、条形码阅读器、商场保安系统、空气调节系统和冷冻保鲜系统等。

(7) 家用电器

家用电器是单片机的又一重要应用领域,前景十分广阔。如空调、电冰箱、微波炉、洗衣机、电饭煲、高档洗浴设备、VCD、录像机和手机等。

另外,单片机在交通、网络与通信及航天等领域中也有广泛应用。

1.1.3 单片机的发展和系列产品

1. 单片机的发展

单片机出现的历史并不长,但发展十分迅猛。单片机技术发展过程可分为三个主要阶段:

(1) 低性能初级阶段

以 1976 年 Intel 公司推出的 MCS-48 系列为代表,采用将 8 位 CPU、8 位并行 I/O 接口、8 位定时器/计数器、RAM 和 ROM 等集成于一块半导体芯片上的单片结构,虽然其寻址范围有限(不大于 4KB),也没有串行 I/O,而且 RAM、ROM 容量小,中断系统较简单,指令系统功能也不强,但功能可满足一般工业控制和智能化仪器、仪表等需要。

(2) 高性能提高阶段

以 Intel 公司的 MCS-51 系列为代表,片内集成 8 位的 CPU,在这一阶段推出的单片机普遍带有串行 I/O 接口,有多级中断处理系统及 16 位定时器/计数器。片内 RAM、ROM 容量加大,且寻址范围可达 64KB,有的片内还带有 A/D 转换接口。结构体系逐步完善,性能也大大提高,面向控制的特点进一步突出,增强了单片机的控制功能。

(3) 8 位机巩固发展以及多品种共存阶段

1983 年,Intel 推出 MCS-96 系列单片机是最具有代表性的,片内集成 16 位的 CPU,

RAM 和 ROM 的容量也进一步增大,并且带有高速 I/O 部件,带有多通道 A/D 转换器,8 级中断处理能力使其具有更强的实时处理功能。近年来,已有 32 位单片机进入试用阶段。单片机在集成度、功能、速度、可靠性、应用领域等方面向全方位更高水平发展。同时高档 8 位单片机也在不断改善其结构,各厂家纷纷以 MCS-51 为内核,融入自身的优势,推出了许多的 MCS-51 兼容机,强化了微控制器的特征,进一步巩固和发展了 8 位机的主流地位。目前 8 位单片机的品种繁多,各具特色,在一定的时期内,将不存在某个单片机一统天下的垄断局面,走的是依存互补、相辅相成、共同发展的道路。

2. 单片机的发展趋势

由于 8 位机价格便宜,且在速度与功能上逐步与 16 位机逼近,可以预计,在未来很长时间内,8 位单片机仍将是单片机的主流机型。从发展的趋势来说,单片机正朝着低功耗、微型化方向发展。

(1) 低功耗 CMOS 化

在许多应用场合,单片机不仅要有很小的体积,而且还需要较低的工作电压和极小的功耗。现在各个单片机制造商基本都采用了 CMOS 工艺,并设有空闲和掉电两种工作方式。

(2) 内部资源丰富、外围电路内装化,整体微型化

近年来,世界各大半导体厂商热衷于开发增强型 8 位单片机,片内新增了 A/D 和 D/A 转换器、监视定时器、DMA 通道和总线接口等。有些厂家还把晶振和 LCD 驱动电路集成到芯片之中,还可以根据用户的要求量身定做,制造出具有自己特色的单片机芯片。片内资源丰富,功能强大,构成单片机控制系统的硬件开销越来越少。

(3) 大容量、高性能

单片机片内存储器的容量进一步扩大,存储器种类也从普通的 ROM 或 EPROM 向 FLASH 方向发展,具有在线编程功能。CPU 字长增加,总线速度提高,硬件功能扩充,指令执行速度加快。对外部存储器、I/O 口寻址能力增强,更利于系统的扩展和开发。

(4) 以串行方式为主、并行为辅的外围扩展方式

如今,单片机外围器件的串行扩展已成为主流,不仅仅是 I/O 口,几乎所有的外围器件都能提供串行扩展接口。因此,不少单片机已废除外部并行扩展总线,单片机应用系统向片上最大化+串行外围扩展的体系结构发展。

(5) ISP 及 IAP 技术的应用

在系统可编程(In System Programming, ISP)和在应用中可编程(In Application Programming, IAP)技术可通过单片机上引出的编程线、串行数据线、时钟线等在线对单片机编程。编程线与 I/O 线共用,不增加单片机的额外引脚。具备在系统可编程 ISP 技术的单片机,可在电路板上对空白器件直接编程并写入最终用户代码,已经编程的器件也可用 ISP 方式擦除或再编程。而在应用中可编程 IAP 技术更胜一筹,用户可以在一个应用系统中获取新代码并重新编程,即可用程序来改变程序。ISP 和 IAP 技术为系统的开发调试提供了方便,它是未来 MCU 的发展方向。

3. 单片机系列产品

目前,国内单片机应用呈现百花齐放之势,很多不同类型的单片机逐渐进入中国,这给我们增加了选择余地,通常每一种单片机在国内都有一些代理公司,可以得到较好的技

术支持。目前有可能接触和使用的单片机主要有以下种类:

(1)51 系列。基于 51 内核的单片机依然是最多的,目前国内较常见的有以下几种:

①PHILPS 公司的 LPC 系列,基于 51 内核的微控制器,每机器周期只需 6 个时钟,比标准 51 快一倍;嵌入了诸如掉电检测、模拟功能以及片内 RC 振荡器等功能,可减少外部元件的使用;低功耗。该系列芯片适用于大批量、低成本、低功耗的应用,如电子门禁系统、倒车雷达、里程表等。

②SST 公司的 SST89C54、SST89C58,具有在应用中可编程(IAP)功能、在系统可编程(ISP)功能,不占用户资源,串口下载,无需编程器、仿真机,芯片就是仿真机。

③Cygnal 公司的 C8051F 系列单片机,该系列单片机大部分指令只需一个时钟周期即可完成(89C51 的一条指令最少为 12 个时钟周期),因而,该系列单片机的运行速度大大加快。其余改进包括多加了中断源、复位源,带有 JTAG 接口,可在系统编程调试,可实现捕捉、高速输出、PWM 功能等,是 51 系列单片机中的高端产品。

④AD 公司的 ADuC812、ADuC824,AD 公司是著名的模拟器件生产公司,其运放、AD 转换器等产品是高品质的象征,这两款单片机是 AD 公司结合其模拟技术特长而推出的基于 51 内核的单片机,其中 ADuC812 芯片内集成有 8K 字节 Flash ROM,640 字节 E²PROM,256 字节 RAM,8 通道 12 位 A/D、2 通道 12 位 D/A,另有 μ P 监控电路、温度传感器、SPI 和 I²C 总线接口等丰富资源,而 ADuC824 内部更是集成了两路 24 位+16 位 Σ - Δ 转换器,这是另一类 51 高端芯片,该芯片适合用于各类智能仪表、智能传感器、变送器和便携式仪器等领域。

(2)美国微芯科技股份有限公司的 PIC 系列。久负盛名的 RISC 单片机,工艺性能优良,抗干扰能力强,系列品种齐全,其 OTP(一次性可编程)产品大批量用于家电控制等场合,某些内置 Flash ROM 的型号用于工业控制也很合适。

(3)ATMEL 公司的 AVR 系列,号称速度最快的 8 位单片机,该系列单片机的特点是片内采用 Flash ROM,可多次擦写,高速度、低功耗,每条指令只需一个时钟周期即可执行完毕,具有串行下载功能,高低档品种齐全,便于选择。

(4)德州仪器公司出品的 MSP430 系列是一种特低功耗的混合信号微控制器,该系列芯片具有 16 位 RISC 结构,价格低廉,该系列单片机主要用于各种智能仪表、测试测量系统等。

Intel 公司彻底的技术开放,众多厂家的参与,使得 51 系列单片机的发展长盛不衰,从而形成了一个既具有经典性,又有旺盛生命力的单片机系列。我们现在经常提到 51 系列单片机,就是指在 Intel 公司 MCS-51 系列单片机的基础上发展起来的与 MCS-51 兼容的所有单片机。

本书以 MCS-51 系列单片机中的一个型号 80C51 为主要研究对象,介绍它的功能和使用方法,同时在必要时提到一些比较新的改进型号及其特点,以便实际应用。比如实验教学中经常提到的 AT89C51 和 AT89S51 等。

1.2 单片机应用系统的开发过程

1.2.1 开发流程

由于单片机内部没有任何驻机软件,因此,要实现一个产品应用系统时,需要进行软、硬件开发。单片机应用系统的开发流程如图 1-2 所示,除了产品立项后的方案论证、总体设计外,主要有硬件系统设计与调试、应用程序设计、仿真调试和系统脱机运行检查四部分。

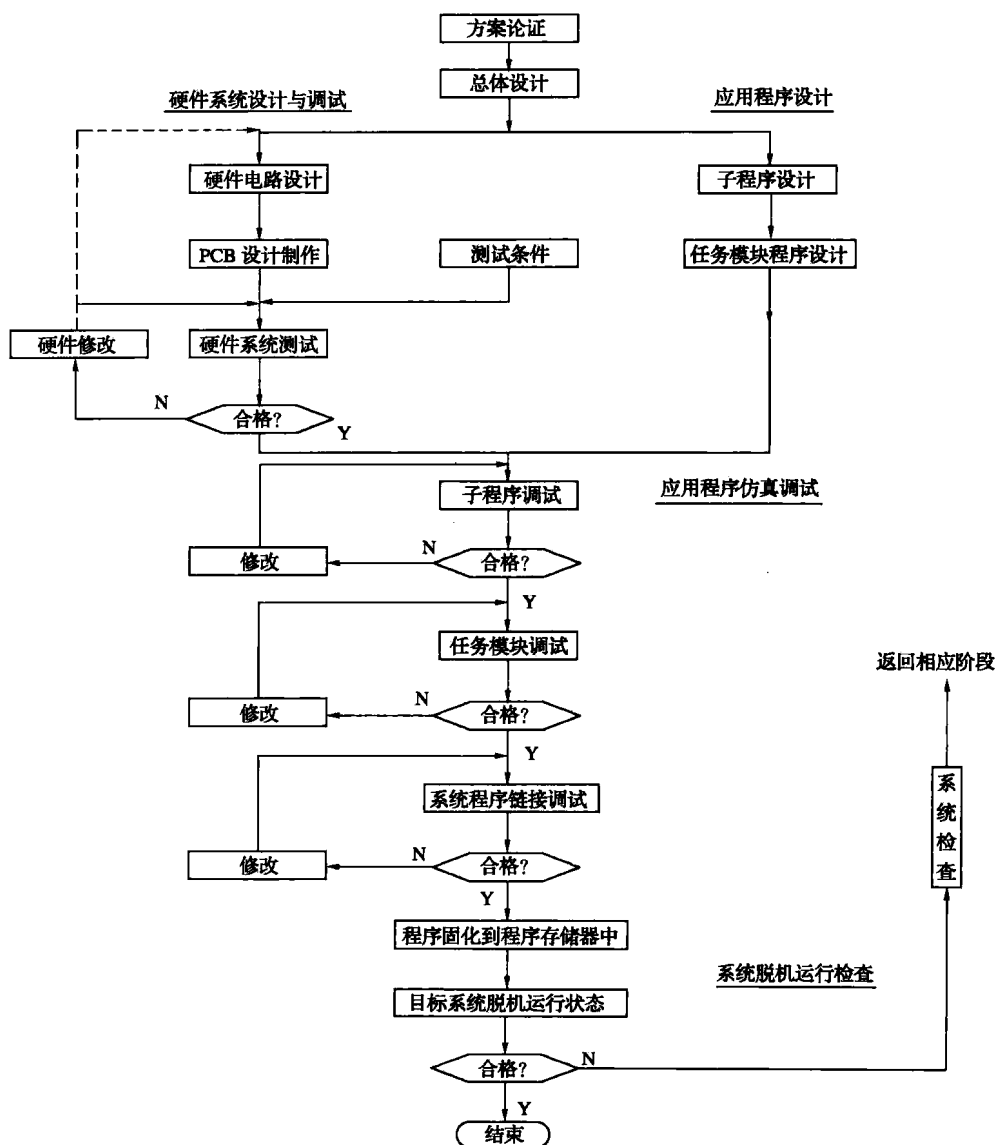


图 1-2 单片机应用系统开发流程

1.2.2 单片机应用开发工具

一个单片机应用系统从提出任务到正式投入运行的过程,称为单片机的开发。开发过程所用的设备称为开发工具。

1. 硬件设计

根据工程要求,绘制电路原理图,根据电路原理图设计制作印刷电路板,俗称 PCB 板,这个 PCB 板在设计开发中称为目标板,需要到工厂专门定制。简单的电路在实验阶段可以使用面包板或通用电路板替代,学校实验室一般都有和仿真器配套的实验目标板。绘制电路原理图和设计制作印刷电路板都需要借助 CAD 软件完成,如 Protel、OrCAD 等,图 1-3 所示的是常用的 Protel 设计软件启动和工作界面。有关这类软件的使用可以参看相关资料。

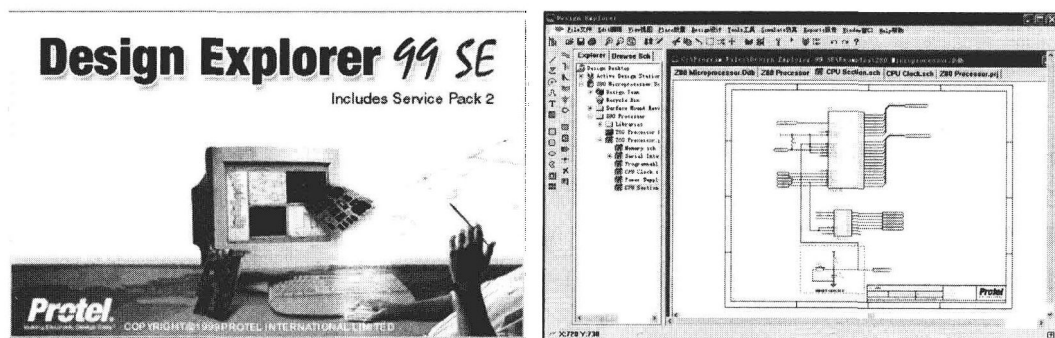


图 1-3 Protel 设计软件启动和工作界面

2. 程序设计

确定了硬件设计,然后要针对目标板进行软件程序设计。无论使用汇编语言或高级语言,编写好源程序后,都要进行编译,编译中发现语法错误要进行修改,只要没有语法格式错误就可以形成可执行“.HEX”文件。之后文件的执行、调试必须借助仿真器。比较流行的编译软件有 Keil 和 WAVE。

3. 仿真器

编写好源程序后,进行程序调试时需对其进行仿真。仿真有两种形式,一种是真正的仿真,称为硬件仿真;另一种是软件仿真,又称为模拟仿真。

(1) 硬件仿真

仿真器通过仿真头完全替代目标板的单片机芯片,在调试过程中可以实时反映 CPU 的真实运行情况,51 系列单片机仿真器种类较多,运行环境及主要功能甚至使用方法上都相差不大。

比较流行的仿真器有南京伟福公司生产的伟福仿真器和广州周立功公司生产的 TKS 系列仿真器。如图 1-4 所示。

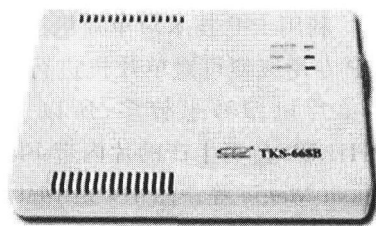


图 1-4 TKS 系列仿真器外形

(2) 软件调试仿真器

仿真器完全采用软件的方式模拟单片机实际的运行,运行过程仅仅在计算机屏幕模

拟显示,通过软件模拟,可以基本了解和掌握仿真调试的所有过程,目前比较流行的仿真软件有 Keil 和 WAVE。图 1-5 所示的是常用的 Keil 软件调试仿真器。

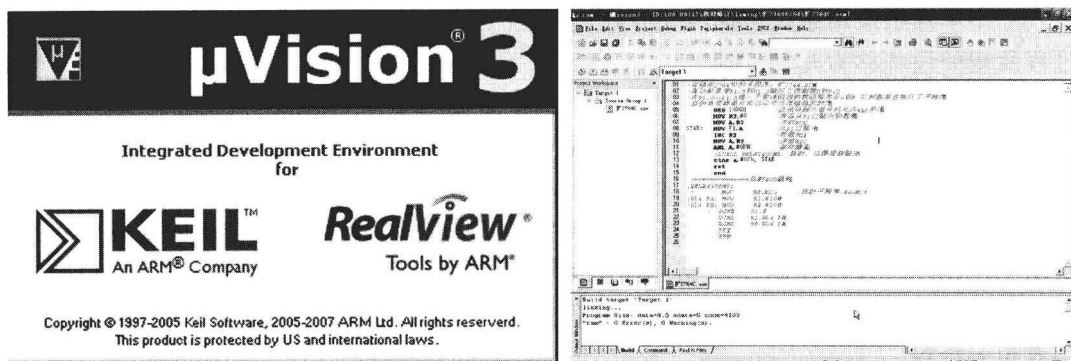


图 1-5 Keil 软件调试仿真器启动和工作界面

4. 编程器和 ISP 在系统编程

编程器又称为程序固化器,是将调试生成的. BIN 或. HEX 文件固化到存储器中的设备。对于不同型号的单片机或存储器,厂家都要为其提供配套的编程器对其进行程序固化。通用编程器可以支持多种型号的芯片程序的读、写操作。常见的通用编程器有南京西尔特电子有限公司的 SUPERPRO 通用编程器和周立功公司生产的 EasyPRO 系列通用编程器。EasyPRO 编程器的外形如图 1-6 所示。

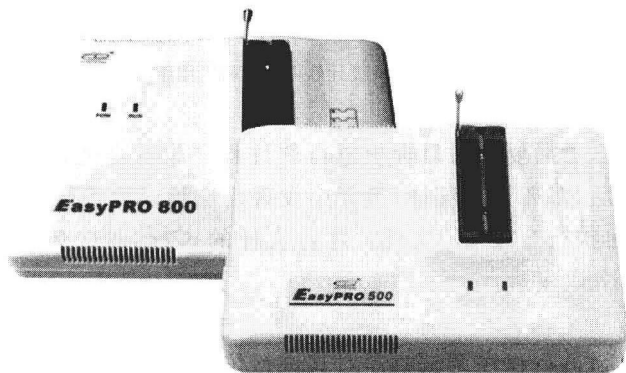


图 1-6 EasyPRO 系列通用编程器外形

利用 ISP 技术对单片机进行程序固化时,不必将单片机从目标板上移出,直接利用 ISP 专用线便可对单片机进行程序固化操作。因单片机的生产厂商众多,片内带 Flash 的单片机型号也较多,所以 ISP 专用下载线及相应的 ISP 固化软件也不同。能对 PHILIPS 公司生产的片内带 Flash 存储器的单片机进行下载的软件有 ZLGISP、WinISP、Flash Magic 等。图 1-7 是 Flash Magic 工作界面,用户使用该软件可对芯片进行下载、读出、擦除、检查等操作。

5. 单片机系统的 Proteus 设计与仿真平台

Proteus 软件是由英国 Lab Center Electronics 公司开发的 EDA 工具软件。是目前世界上最先进、最完整的多种型号微处理器系统的设计与仿真平台,它真正实现了在计算