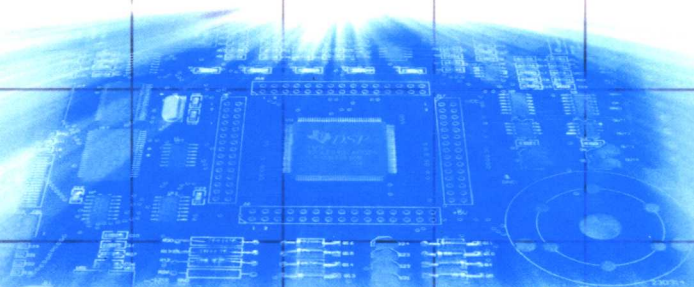


单片机

应用系统开发

实例详解

杜树春 编著



单片机称为单片微型计算机,又称为嵌入式微控制器。本书通过地震电磁脉冲记录仪、热量表、热表集中器、阀门控制器、使用 AT89C2051 单片机的通信测试系统、加密锁、带无线通信模块的测控系统、煤矿生产监控系统中的信号转换器八个单片机应用实例,详细地介绍了单片机应用系统开发的方法、步骤、过程以及注意事项。本书通俗易懂,很适合初学者使用。本书既适用于工程技术人员参考和套用,也可作为各工科大专院校和中等专业学校的单片机辅助或参考教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机应用系统开发实例详解/杜树春编著. —北京:
机械工业出版社, 2007. 10
ISBN 978 - 7 - 111 - 22196 - 8

I. 单… II. 杜… III. 单片微型计算机 - 系统开发
IV. TP368. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 129345 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 吉 玲 责任编辑: 王 玫

版式设计: 霍永明 责任校对: 张莉娟

封面设计: 姚 毅 责任印制: 邓 博

北京京丰印刷厂印刷

2008 年 1 月第 1 版 · 第 1 次印刷

184mm × 260mm · 23.25 印张 · 577 千字

0 001—4 000 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 22196 - 8

ISBN 978 - 7 - 89482 - 381 - 6 (光盘)

定价: 47.00 元 (含 1CD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379768

封面无防伪标均为盗版

前 言

单片机称为单片微型计算机,又称为嵌入式微控制器。自从1976年美国Intel公司首先推出MCS-48系列单片机至今30多年来,单片机已发展了四代。单片机以体积小、重量轻、价格低、功能全、扩充容易、适应性广、学习容易等优点,在各行各业都获得应用。

单片机的最大特点是能使仪器设备智能化。智能仪器在人们心目中的概念是:凡是内部含有单片机的仪器统称为智能仪器。反之,凡是内部不含单片机的仪器统称为传统仪器或普通仪器。

本书的侧重点不是介绍单片机的工作原理,而是介绍单片机在几种不同类型仪器和电子工程上的应用。实际上,本书介绍的是单片机应用的八个例子,对每个实例的系统总体设计、硬件设计和软件设计都作了详细介绍,最后给出了这些智能仪器或应用工程的电路原理图以及源程序清单。

本书共分9章。第1章为绪论,介绍开发单片机应用系统的意义、步骤和注意事项。第2章介绍地震电磁脉冲记录仪——一种记录地震发生时电磁波信息的仪器。第3章介绍热量表——一种安装在用户暖气出入口上,用来测量和累积所用热量值的仪器。第4章介绍热表集中器——一种把各个用户热量表的热量值收集上来并送往上位机的仪器。第5章介绍阀门控制器——一种和阀门电动装置配套使用且具有多种功能的智能化的仪器。第6章介绍使用AT89C2051单片机的通信测试系统。第7章介绍加密锁——一种插在计算机串行口上防止计算机软件被非法使用的设备。第8章介绍带无线通信模块的单片机测控系统。第9章介绍煤矿生产安全监控系统中关键部件——信号转换器。

本书适用于单片机开发的初学者,书中所用的编程语言有三种:第一种为ASM51汇编语言;第二种为C语言或叫C51语言;第三种也是C语言,或叫Turbo C2.0C语言。编程方法采用C51语言和汇编语言混合编程:其中主模块均由C51语言编写;辅助模块均由汇编语言编写,辅助模块被主模块所调用。Turbo C2.0C语言只在和上位机通信的程序中用到。书中有不少单片机外围芯片的应用实例,既有该芯片与单片机接口的电路原理图,也有配套的源程序清单。工程技术人员在单片机系统开发中涉及到这些芯片时,可直接使用。本书既适用于工程技术人员参考和套用,也可作为各工科大专院校和中等专业学校的单片机辅助或参考教材。

书中介绍的单片机应用实例大部分是在山西省自动化研究所和山西科达自控工程技术有限公司开发的,在此特向两单位表示感谢。

在编写过程中,得到了机械工业出版社吉玲的指导和帮助。同时,得到程清平、杜菲和杜朋等人的协助。在此,向以上单位和同志表示衷心感谢。本书还参考和引用了有关方面的例子,其来源都在书末的参考文献中给出,在此对有关作者表示诚挚的感谢。

IV

由于编者水平有限且时间仓促，书中难免存在缺点和错误，恳请读者批评指正，可通过电子邮箱 E-mail:dushuchun@263.net 联络。

杜树春

2007 年 4 月于山西省自动化研究所

目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 开发单片机应用系统的意义	1
1.2 开发单片机应用系统的步骤	2
1.3 开发单片机应用系统的注意事项	12
第2章 地震电磁脉冲记录仪	15
2.1 地震电磁脉冲记录仪系统的结构及功能	15
2.2 地震电磁脉冲记录仪的工作原理	16
2.3 关于地震电磁脉冲记录仪与上位机的通信	19
2.3.1 第一种方式——经由调制解调器和上位计算机通信	19
2.3.2 第二种方式——单片机通过 RS-232 通信口经由插有手机卡 GPRS/CDMA 设备和 上位计算机通信	22
2.4 关于地震电磁脉冲记录仪与下位机或前端处理机的通信	23
2.4.1 通信的原理及步骤	23
2.4.2 与前端处理机通信电路原理图	24
2.4.3 通信程序清单	25
2.5 关于地震电磁脉冲记录仪的打印	28
2.5.1 打印要求——包括内容及格式	28
2.5.2 打印机接口电路原理图	29
2.5.3 打印程序清单	29
2.6 关于地震电磁脉冲记录仪的 LCD 显示	32
2.6.1 关于液晶显示器	32
2.6.2 LCD 显示接口电路原理图	32
2.6.3 LCD 显示程序	33
2.7 关于地震电磁脉冲记录仪的键盘	33
2.7.1 键盘接口电路原理图	33
2.7.2 读入键盘程序	34
2.8 关于地震电磁脉冲记录仪的数据结构	34
2.9 关于地震电磁脉冲记录仪的内存分配	35
2.10 地震电磁脉冲记录仪的电路原理图	36
2.11 地震电磁脉冲记录仪的源程序清单	38
第3章 热量表	48
3.1 热量表的用途	48
3.2 热量表的主要功能	48
3.3 热量表的工作原理	48
3.4 热量表的结构	49
3.5 热量表的 LCD 显示	50

VI

3.5.1 热量表的显示格式	50
3.5.2 LCD 与单片机的连接	51
3.5.3 LCD 程序	52
3.6 热量表的 IC 卡	68
3.6.1 IC 卡的应用说明	68
3.6.2 SLE4442 卡座与单片机的连接	69
3.6.3 读写 SLE4442 卡的汇编语言程序	69
3.7 热量表的电磁阀驱动电路	84
3.7.1 自保持电磁阀简介	84
3.7.2 自保持电磁阀的驱动电路	85
3.7.3 开关自保持电磁阀的程序	86
3.8 热量表的 A/D 转换器	89
3.8.1 MAX1246/1247 简介	89
3.8.2 MAX1246/1247 与单片机的连接	90
3.8.3 MAX1246/1247 A/D 转换程序	90
3.9 热量表如何采样流量信号	92
3.10 热量表的键盘电路	93
3.10.1 键盘接口电路	93
3.10.2 键盘读入程序	94
3.11 如何降低热量表的功耗	94
3.12 热量表的电路原理图	96
3.13 热量表的源程序清单	98
第 4 章 热表集中器	163
4.1 热表集中器的系统结构及功能	163
4.2 热表集中器的工作原理	164
4.3 热表集中器与上位机的通信	165
4.3.1 通信的原理及步骤	165
4.3.2 与上位机通信电路原理图	165
4.3.3 与上位机通信程序清单	165
4.4 热表集中器与各热量表的通信	169
4.4.1 通信的原理及步骤	169
4.4.2 与热量表通信电路原理图	170
4.4.3 通信程序清单	170
4.5 热表集中器的 LED 显示	172
4.5.1 MAX7219/7221 LED 显示驱动芯片简介	172
4.5.2 MAX7219/7221 与单片机的连接	173
4.5.3 显示程序清单	174
4.6 热表集中器的时钟	176
4.6.1 DS1302 与单片机的连接	176
4.6.2 读写 DS1302 RAM 区特定单元的汇编语言程序	176
4.6.3 读写 DS1302 日历时钟的汇编语言程序	180
4.7 热表集中器的地址与波特率设定	183
4.7.1 拨码开关与单片机的连接	183

4.7.2 读拨码开关的程序	183
4.8 热表集中器的电源	185
4.9 热表集中器的看门狗电路	186
4.10 热表集中器的电路原理图	187
4.11 热表集中器的源程序清单	189
第5章 阀门控制器	224
5.1 概述	224
5.2 工作原理	224
5.3 操作说明	224
5.4 阀门控制器的结构	226
5.5 TLC0832 A/D 转换器	227
5.5.1 TLC0832 8 位串行控制 A/D 转换器简介	227
5.5.2 TLC0832 与单片机的连接	227
5.5.3 TLC0832 汇编语言程序	227
5.6 MAX813L 看门狗电路	229
5.6.1 MAX813L 带看门狗和电源监控功能的复位芯片简介	229
5.6.2 MAX813L 与单片机的连接	229
5.6.3 调试 MAX813L 的 C51 语言程序	230
5.7 节点信号的输入电路	231
5.8 指示灯驱动电路	232
5.9 电动机正反转驱动电路	233
5.10 电源电路	234
5.11 阀门控制器的抗电磁干扰	235
5.12 阀门控制器的电路原理图	237
5.13 阀门控制器的源程序清单	240
第6章 使用 AT89C2051 单片机的通信测试系统	256
6.1 概述	256
6.2 上位机是另一单片机系统	256
6.2.1 通信系统的结构	256
6.2.2 由 AT89C2051 单片机构成的分站电路原理图	257
6.2.3 由 AT89C2051 单片机构成的分站通信程序	257
6.2.4 由 AT89C52 单片机构成的总站电路原理图	261
6.2.5 AT89C52 为主机的主机侧通信程序	262
6.3 上位机是 PC 或工控机——用组态王与下位机通信	265
6.3.1 通信系统的结构	265
6.3.2 上位机用组态王与下位机通信	266
6.3.3 上位机用组态王时分站通信程序	275
6.4 上位机是 PC 或工控机——用 Turbo C2.0 与下位机通信	281
第7章 加密锁	287
7.1 软件加密锁简介	287
7.2 性能	287
7.3 工作原理及系统结构	287

7.4 关于单片机的工作电源	289
7.5 固化在加密锁内的程序	290
7.6 在 PC 上运行的调试加密锁的程序	298
7.7 加密锁的使用说明	301
第 8 章 带无线通信模块的测控系统	304
8.1 概述	304
8.2 无线测控系统的结构	305
8.3 超级终端配置	306
8.4 GSM M20 模块通信协议	307
8.5 用超级终端发送和接收短信	308
8.6 关于单片机与无线通信模块的连接	310
8.7 用单片机通过无线通信模块发送和接收短信	311
8.8 单片机无线测控系统电路原理图	327
8.9 单片机无线测控系统应用程序	330
第 9 章 煤矿生产监控系统中的信号转换器	331
9.1 概述	331
9.2 对信号转换器的主要技术要求	331
9.3 分站与信号转换器之间的通信协议	332
9.4 煤矿生产安全监控系统中的信号转换器结构	334
9.5 L4962 集成开关电源芯片	335
9.5.1 L4962 简介	335
9.5.2 L4962 和单片机的连接	336
9.6 MSM7512B 调制解调器芯片	337
9.6.1 MSM7512B 简介	337
9.6.2 MSM7512B 和单片机的连接	339
9.7 TLC542 8 位串行控制 A/D 转换器	340
9.7.1 TLC542 简介	340
9.7.2 TLC542 与单片机的连接	341
9.7.3 TLC542 汇编语言程序	341
9.7.4 TLC542 被调汇编语言程序	343
9.7.5 C51 语言程序	345
9.8 信号转换器的电路原理图	347
9.9 信号转换器的源程序清单	348
附录	355
附录 A 计算 CRC16 循环冗余校验程序——按位计算法	355
附录 B 计算 CRC16 循环冗余校验程序——查表法 1	357
附录 C 计算 CRC16 循环冗余校验程序——查表法 2	360
附录 D 本书光盘的使用	363
参考文献	364

第1章 绪 论

1.1 开发单片机应用系统的意义

单片微型计算机 (Single Chip Microcomputer, SCM) 简称单片机。它是由 CPU、RAM、ROM、定时器/计数器、输入/输出接口电路、串行通信接口等主要计算机部件集成在一块大规模集成电路芯片上组成的。单片机在实用中往往被融入应用系统里, 故有时单片机也被称为嵌入式微控制器 (Embedded Microcontroller)。自从 1976 年 Intel 公司首先推出 MCS-48 系列单片机至今, 30 多年来, 单片机已发展了四代。单片机以体积小、重量轻、价格低、功能全、扩充容易、适应性广等优点, 在各行各业都获得应用。

单片机应用广泛, 其程度明显超过众所周知的个人计算机 (Personal Computer)。单片机在以下各领域都有应用:

(1) 工业领域: 各种测控系统、数字采集系统、工业机器人、机电一体化产品、光机电一体化产品等等。

(2) 智能仪器仪表领域: 智能仪器在人们心目中的概念是, 凡是内部含有单片机的仪器统称为智能仪器。反之, 凡是内部不含单片机的仪器统称为传统仪器或普通仪器。实际上, 无论在高、中、低档仪器中, 还是在常规仪器和特种仪器中都大量应用单片机。

(3) 通信领域: 调制解调器 (MODEM) 程控交换技术、传呼机、手机等等。

(4) 民用领域: 电子玩具、录像机、摄像机, 数码相机、激光唱机、MP3、MP4 等等。

(5) 军事领域: 导弹控制、鱼雷制导、各种雷达系统、智能武器装备、航天飞机导航系统等等。

(6) 医疗器械领域: 智能血压计、B 超仪、彩超仪、普通 CT 仪、螺旋 CT 仪、核磁共振仪、心电图仪、脑电图仪等等。

(7) 计算机外设方面: 打印机、绘图仪、数字化仪、黑白/彩色复印机等等。

(8) 家用电器领域: 冰箱、彩电、洗衣机、缝纫机、微波炉、空调机、摩托车、小汽车等等。

(9) 可编程序控制器领域: 可编程序控制器又称可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller), 简称 PLC。可编程序控制器的 CPU 中一小部分用微处理器, 一大部分用单片机。而 PLC 的应用范围也极其广阔, 包括冶金、石油、化工、建材、电力、矿山、机械制造、汽车、交通运输、轻纺、环保等各行各业。

单片机的应用多, 是因为需要多。需要多, 是因为它能使各种仪器、仪表、器械、设备等智能化, 能使电子机械类产品上档次, 买出好价钱。

人类是有智力的——人为万物之灵, 因此他也希望周围的东西或自己使用的工具也是智能化的。这种需求永无止境, 这样单片机的应用就会越来越多。

作为嵌入式微控制器的单片机的应用方兴未艾。单片机的技术发展很快, 新的单片机和

新的接口芯片将大量涌现,新的芯片的集成度将越来越高,具有的功能将越来越强,价格将越来越低,功耗将越来越小,品种将越来越多。随着应用领域的不断拓宽,对单片机感兴趣及开发单片机应用系统的人员将越来越多。进行单片机开发工作的人员数量大、分布领域广、技术基础差异大,这批人不仅需要了解单片机原理、理论、结构方面的知识,也需要了解单片机应用系统的具体实现方法。那么,开发单片机应用系统的具体步骤是什么呢?

1.2 开发单片机应用系统的步骤

1. 需具备的设备

(1) 必备的设备:具备一台计算机、一台仿真器、一台编程器以及数字万用表、电烙铁、钳子、螺钉旋具等工具。仿真器是调试程序用的,不同的单片机要有不同的仿真器,如51系列就要51系列单片机仿真器。这叫51系列单片机专用型仿真器,还有多种系列共用的通用型仿真器。专用型只适用于某一系列,价低;通用型适用于多个系列,价高。编程器是固化(或写入)芯片用的,编程器也分简易型和通用型,两者的差别主要是可固化芯片数目不同,前者数目少而后者数目多,其售价差别也很大。初学者选一种可固化自己所用芯片的简易型编程器即可。不管是仿真还是编程都需要和计算机连起来,通过计算机来指挥仿真或编程。

(2) 最好也具备的设备:双踪示波器、多功能信号发生器、直流稳压电源等。

2. 根据任务作总体设计

总体设计包括仪器的结构设计(或叫机械设计)和电气设计。结构设计主要考虑包括仪器的形状、体积、面板的尺寸,面板上诸如按钮、指示灯、显示器的布置;仪器背板的尺寸、背板上信号线和电源线如何引入,接线端子如何安排。电气设计主要指软件和硬件的设计,包括单片机的选择,外围器件的选择,编程语言的选择。最后要画出单片机应用系统的结构框图。在结构框图里,要包括所选单片机的框图以及各个功能块的框图。

3. 硬件设计

主要是设计能实现所要求功能的硬件电路。根据前面总体设计时设计的系统的结构框图画出电路原理图,结合仪器的结构设计和工艺设计,再画出印制电路板图。单片机应用系统的硬件设计主要考虑以下几个方面。

(1) 硬件设计中所涉及的具体电路首先是使用自己以前在别的项目上用过的现成的电路,这种电路好用与否自己最清楚。其次是借鉴他人的工作,采用他人使用过的电路。不过采用他人的电路时自己一定要调试一下,不要拿来就直接放在电路里。因为他人的电路都是在特定的情况下用的,与你用的条件不一定相同,有的还有印刷错误,总之,自己要作一下试验。

(2) 硬件电路采用模块化设计。比如,一个应用系统有单片机、A/D转换器、时钟电路、LED或LCD显示电路等,便可分别作为一个模块来设计。模块化设计的好处是可以“分而治之”。把每一模块调试通了,整个系统的硬件就基本调试通了。调试好的模块可方便地移植到其他应用系统中。

(3) 选择市场上货源充足的元器件。尤其是集成电路芯片不能选独家产品,独家产品一是售价太高,二是一旦缺货就无计可施。

(4) 在硬件设计时要充分考虑系统各部分的驱动能力, 驱动能力不够, 系统就不能可靠工作, 有时甚至完全不能工作。如 8031 的 P0 口可驱动 8 个 TTL 门电路, 而 P1、P2 和 P3 口只能驱动 4 个 TTL 门电路。

(5) 仪器的结构设计和工艺设计也很重要。这件事要和画电路原理图同步进行, 在画印制电路板图之前完成, 否则印制电路板的个数、大小尺寸和形状均无法确定。

(6) 随着绘图软件的进步, 绘电路图的软件也在进步。目前流行的绘电路图的软件有多种, 其中最好和常用的是 Protel 99SE/Protel DXP, 因此 Protel 99SE/Protel DXP 是画电路图的首选软件。

(7) 用绘图软件 Protel 99SE/Protel DXP 画电路原理图时, 要将每一元器件的名称编号、参数标出。如画一电阻, 既要标出电阻名称编号是 R_1 , 又要标出阻值 100k 来。

(8) 用 Protel 99SE/Protel DXP 画印制电路板图时, 要充分考虑到抗电磁干扰问题 (详情见本书第 5 章有关内容)。

(9) 用 Protel 99SE/Protel DXP 画印制电路板图时, 有几个最小尺寸值必须知道: 线宽不小于 12mil, 一般要大于等于 15mil; 过孔直径不小于 30mil; 线距 (相邻两线的最小间隔) 不小于 10mil。mil 是英制的长度单位, 为 1in (1in = 0.0254m) 的千分之一, 或 1mil = 0.0254mm。

(10) 在画印制电路板图时, 大部分元器件引脚的宽度和间距都是标准的, 但有些多脚的接插件却不好画, 即使手不离游标卡尺, 画好后也不能说一定没问题。

解决的办法是, 画好印制电路板图后, 先仔细检查一番, 然后以 1:1 的比例打印出一份来, 最好是彩色的, 找一块平坦的泡沫塑料, 把印制电路板图贴上去, 再把元器件插上去, 看是否合适, 如不合适, 重新修改, 直到合适为止。这样就可避免印制电路板做好后却无法使用的既费时又费钱的尴尬。

4. 软件设计

主要是在硬件电路的基础上设计出相应的软件来。在软件设计上应注意以下几点:

(1) 与硬件设计类似, 软件设计中所涉及的实现某一功能的程序首先也是使用自己以前在别的项目上用过的现成的程序模块。因为这些现成的程序模块都是自己调通了的并证明是好用的。其次也是借鉴他人的工作, 采用他人使用过的程序模块。具体途径是上网查找, 包括硬件电路和源代码。不过, 在用之前一定要调试一下, 不能想当然。鲁迅说过, “极平常的预想, 也往往会给实验打破。” 调试程序的过程就是做试验的过程, 一个程序执行结果, 啥时和自己的预想一致, 啥时才算调试完成。

(2) 与硬件电路采用模块化设计相对应, 软件设计也采用模块化。模块化的好处是便于测试、修改和扩展。调试某一模块发现错误时, 知道错误的根源就在这个模块中; 调试工作可以并行进行, 几个调试人员可以同时调试不同的模块。

(3) 合理分配内存资源。要给堆栈预留足够的 RAM 区, 不能让堆栈溢出。

(4) 在软件上采用抗电磁干扰措施, 比如采样时要软件滤波, 使用看门狗电路一般也要有软件的配合。

(5) 为了提高可读性, 要给程序模块增加必要的注释。编过程序的人都知道, 程序刚编好时, 对每行程序的作用都一清二楚, 但时间一长, 就会忘得一干二净。为了查错、为了程序的再利用, 给程序增加注释是必要的。

(6) 编程序到底是用汇编语言好还是用 C 语言好? C 语言作为一种简洁高效的编译型高级语言, 具备了可读性好、可靠性高、有功能丰富的函数库、运算速度快、编译效率高、可移植性好等特点, 并且可以直接实现对系统硬件的控制, 因而逐渐成为了单片机应用中的主流编程语言。汇编语言编程的缺点是可读性、可移植性、可维护性差。汇编语言为单片机开发的早期所用, 现存有大量的汇编语言模块或子程序。我认为, 单纯用汇编语言和单纯用 C 语言编程都不太好。把两者结合起来, 以 C 语言为主、汇编语言为辅的混合编程最好。

5. 软件调试

程序编好后一定要经过调试才能用。调试分各模块单独调试和所有模块一起联调。通常步骤是先把各模块单独调通, 再把所有模块连起来调通。各模块单独都调通了, 连起来不一定能调通; 各模块未单独调通, 连起来一定调不通。这里先讨论各模块的单独调试。

各模块的单独调试从开发的先后次序上应放在画出电路原理图之后, 画印制电路板图之前。电路原理图一旦画出, 就可以根据原理图按模块编程序, 编好后就要调试一下, 但此时印制电路板还未做好, 怎么调试呢? 这里有两种观点: 一种是先不着急调试, 等印制电路板做好后, 再在上面调试; 另一种是先要在面包板上搭个电路或用包含你所用电路的典型应用板来调试; 我赞成后一种做法。因为后一种做法能加快开发进度。这种做法先用面包板搭的电路把相应模块调通了, 同时说明硬件电路也没问题, 这样可降低制作印制电路板的错误率, 最终提高了开发进度。无论单独调试各模块, 还是把所有模块连起来调试, 所用工具都是单片机仿真器。具体调试方法见下节。

6. 软硬件联调

单片机系统的调试包括软件调试和硬件调试, 因软件和硬件是紧密联系在一起的, 两者并不能截然分开, 往往在调试软件时发现了硬件问题。

软硬件联调必须在焊好元器件的印制电路板上进行, 软硬件联调的步骤如下:

(1) 检查印制电路板: 在元器件的安装和焊接之前, 不可忽略的一步是用眼睛和万用表检查印制电路板是否有短路和断路的地方。尤其是各组 (如果有多组的话) 电源是否相互短路, 电源的地是否和电源电压线相连。如果有短路, 一定要纠正; 有断路, 要用导线连起来。

(2) 元器件的安装和焊接: 一般在研制阶段, 如果采用双列直插封装芯片的话, 印制电路板上的集成电路要安插座, 产品定型后一般不安插座。电解电容、二极管、稳压管、TVS (瞬态电压抑制器) 是有方向的, 晶体管、三端稳压块等有固定插法的, 安装时一定要注意。

(3) 检查元器件的安装是否正确。检验包括:

- 1) 整体板面焊装是否整洁;
- 2) 元器件有无漏焊;
- 3) 元器件有无错焊;
- 4) 元器件有无连焊。

(4) 空载上电: 如元器件的安装和焊接正确, 就可以空载上电 (不插芯片)。首先看电源输出电压是否正确, 其次看单片机引脚上电源和地的电位是否正确, 再次看其他芯片上电源和地的电位是否正确。

(5) 上电: 若一切正常, 将芯片插入各插座, 正式上电, 再检查各点电位是否正确。但不管是空载上电也好, 正式上电也罢, 一旦发现电位不对, 或有的元器件发烫甚至冒烟,

立即断电，再查找故障原因，排除故障后方可重新上电。

(6) 仿真调试：单片机的仿真器是帮助设计者对应用系统调试的专用工具，仿真时，在不通电的情况下，一方面把仿真器与 PC 的串行口（或并行口，或 USB 口）相连，另一方面把仿真器的仿真头插入单片机应用系统的单片机插座中。这样 PC、单片机的仿真器和单片机应用系统三者就构成一个联机开发系统。

1) 让 PC 进入集成开发环境。这里以南京伟福公司的 WAVE6000 仿真器为例来说明仿真调试的大致过程。给仿真器和单片机应用系统上电，伟福公司的仿真器的集成开发环境如图 1-1 所示。

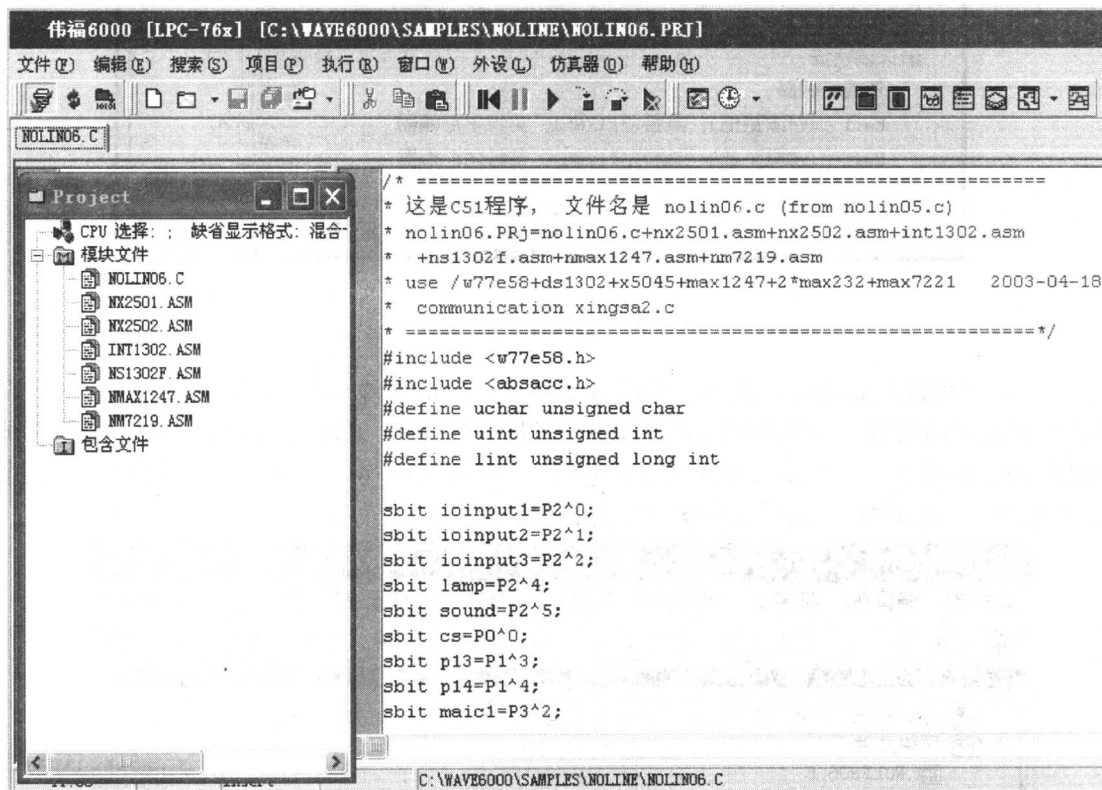


图 1-1 仿真器的集成开发环境

2) 此时首要的工作是“仿真器设置”，单击仿真器/仿真器设置，系统出现如图 1-2 所示的“仿真器设置”画面。其中第一项是“语言”的选择，可选汇编语言和 C 语言两种语言，你要选择其中一种语言。第二项是“目标文件”的选择，是选择 BIN 格式的目标文件，还是选择 HEX 格式的目标文件。可选其中的一种，也可两种都选。你选什么，编译完成就会生成什么格式的目标文件。第三项是“仿真器”的选择，进入后又有三个选项，一是选什么仿真器，如选 E2000/T；二是选什么仿真头，因同一仿真器下有不同的仿真头，如选 POD-87C520；三是选什么 CPU，如选 87C520/77E58。第四项是“通信设置”的选择，要选

择连接仿真器的串行通信口 COM1、COM2、COM3 和 COM4，并确定通信波特率，波特率有两种选择：115200 或 57600bit/s。

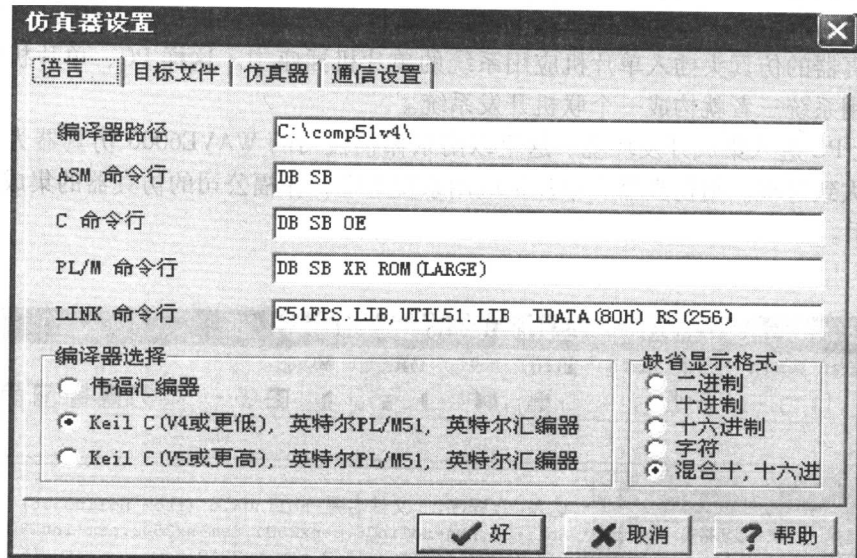


图 1-2 “仿真器设置”画面

3) 仿真器设置完成后，就该打开项目文件了，单击文件/打开项目菜单，然后打开以 PRJ 为扩展名的项目。不管是调试程序模块，还是整个联调，都要打开项目文件，把要调试的程序放在项目下。一个项目文件可以只包括一个应用文件（C 或 ASM），也可以包括多个应用文件（C 或 ASM）。项目文件窗口如图 1-3 所示。

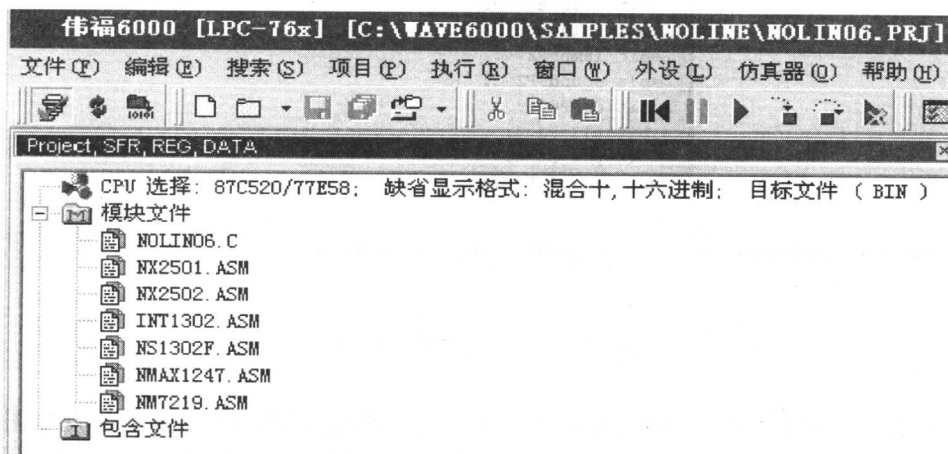


图 1-3 项目文件窗口

4) 如果还没有项目文件，就要建立一个项目文件。选“新建项目”，随即弹出一个要求“加入模块文件”的选择框。选择一个文件，打开它，这个文件就加进模块文件中了。接着，又弹出一个要求“加入包含文件”的选择框。选择一个包含文件，打开它，这个文件就加进

包含文件中了。也可以不选包含文件，单击“取消”按钮即可。接着，又弹出一个要求“保存项目”的选择框。你把待保存项目名字输入，单击“保存”按钮，项目就建成了。

5) 调试单独的程序模块，一般一个项目文件只包括一个应用文件。在项目窗口下，可以把各个模块文件打开，编辑、修改和增加注释，编辑完成，就可编译，看有无错误。如有错误，系统会指出错误所在的位置。在项目窗口下，有编译和全部编译两个选项，编译是指只编译当前窗口的程序，全部编译是指全部编译项目中的所有程序模块。一般是先编译，如无错误，再全部编译，全部编译也无错误，就算编译通过。

6) 编译通过就可以执行了，执行也有不同的方式，有跟踪执行、单步执行、执行到光标处，还有全速执行。单步执行是每次只执行一步，跟踪执行也是每次只执行一步，两者区别是，跟踪是可以跟踪到函数或过程的内部，而单步执行就不能。执行到光标处这一条最有用，程序从当前 PC 所在位置，全速执行到光标所在行。调试时，把程序分成几段，用执行到光标处命令，看这几段每段能否执行下来，如不能，用跟踪或单步执行，查找问题在哪里；如果用执行到光标处命令能执行下来，就要看执行结果对不对，如结果不对，再用跟踪或单步执行去查，如果结果也对，就可以全速执行了。全速执行如有问题，再用上述手段去查，如无问题，就算调试成功。

7) 关于窗口选项，集成开发环境下窗口选项有项目窗口、信息窗口、观察窗口、CPU 窗口和数据窗口等。

项目窗口：前已述及，可显示项目所含文件。打开项目窗口，可在项目中加入模块或包含文件。

信息窗口：显示系统编译输出的信息，如图 1-4 所示。其中，×表示错误；!表示警告；√表示通过。

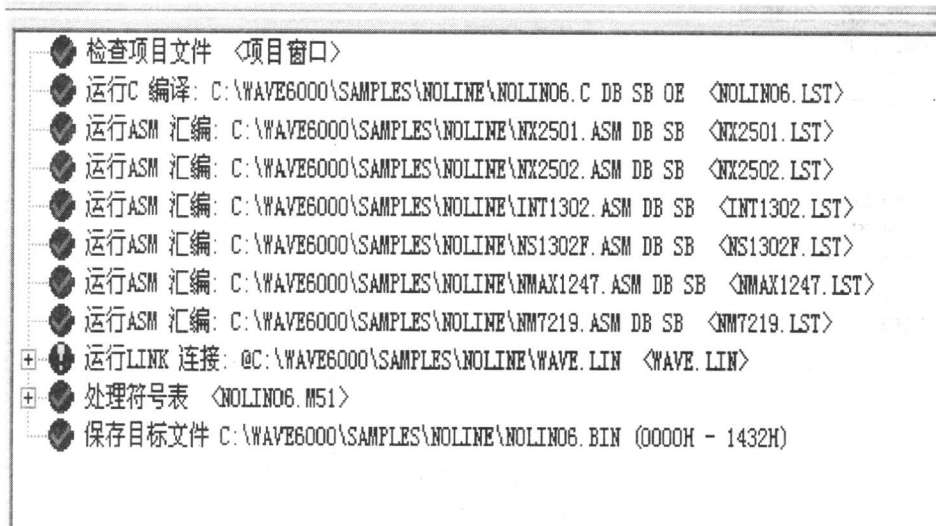


图 1-4 信息窗口

观察窗口：项目编译正确后，可以在观察窗口中看到当前项目中的所有模块、各模块中所有过程和函数以及各个过程函数中各变量，如图 1-5 所示。其中，P 表示当前项目，双击

可以展开，观察到项目中的模块和项目所使用的变量。M 表示项目中所包含的模块，双击可以展开，观察到项目中包含的过程函数。F 表示模块中的函数，双击可以观察到模块中使用的变量。



图 1-5 观察窗口

CPU 窗口：可以看到你编译正确的机器码和反汇编程序。CPU 窗口中还有 SFR（特殊功能寄存器）窗口和位窗口，让你了解程序执行过程中寄存器的变化，如图 1-6 所示。

数据窗口：它又分为四个窗口，即 DATA 内部数据窗口、CODE 程序数据窗口、XDATA 外部数据窗口以及 PDATA 外部数据窗口（页方式）。其中，DATA 内部数据窗口的形式如图 1-7 所示。

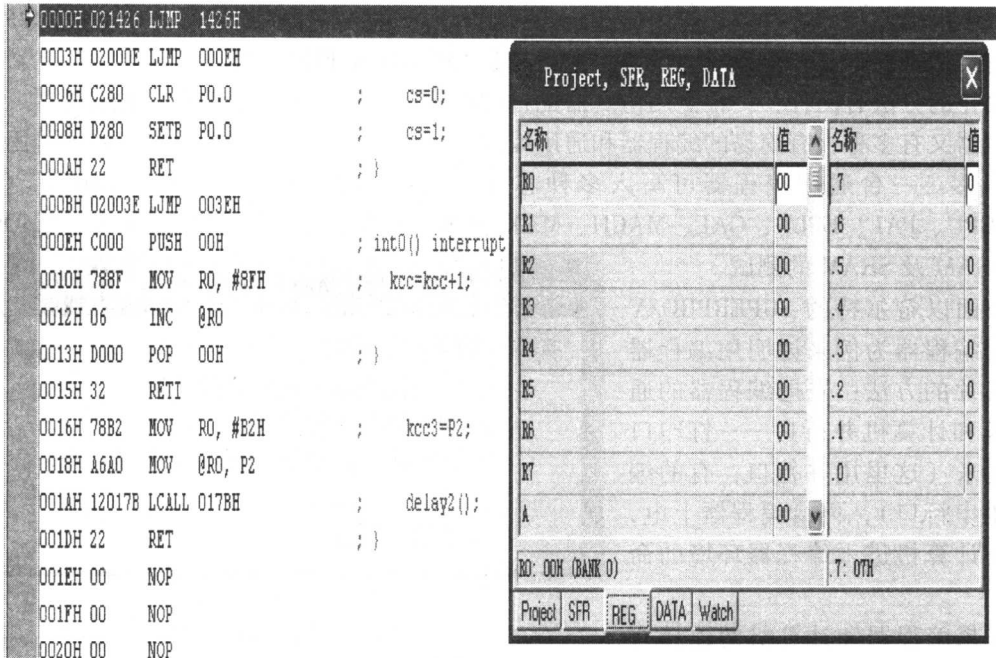


图 1-6 CPU 窗口

DATA									
00	00	00	00	00	00	00	00	00	.....
08	00	00	00	00	00	00	00	00	.....
10	00	00	00	00	00	00	00	00	.....
18	00	00	00	00	00	00	00	00	.....
20	00	00	00	00	00	00	00	00	.....
28	00	00	00	00	00	00	00	00	.....
30	00	00	00	00	00	00	00	00	.....
38	00	00	00	00	00	00	00	00	.....
40	00	00	00	00	00	00	00	00	.....
48	00	00	00	00	00	00	00	00	.....
50	00	00	00	00	00	00	00	00	.....
58	00	00	00	00	00	00	00	00	.....
60	00	00	00	00	00	00	00	00	.....
68	00	00	00	00	00	00	00	00	.....
70	00	00	00	00	00	00	00	00	.....
78	00	00	00	00	00	00	00	00	.....
80	00	00	00	00	00	00	00	00	.....

图 1-7 DATA 内部数据窗口

7. 固化

目标程序经仿真调试通过后，即可固化。源程序经编译、连接生成的机器码有两种格式：一种为*.HEX 格式；另一种为*.BIN 格式。这两种格式文件均可固化。是固化在 EPROM 或 EEPROM，还是固化在单片机的闪速（Flash）存储器中，取决于你设计的应用系统。早期的单片机应用系统中的应用程序都在单片机外的 EPROM 或 EEPROM 里，近期的应