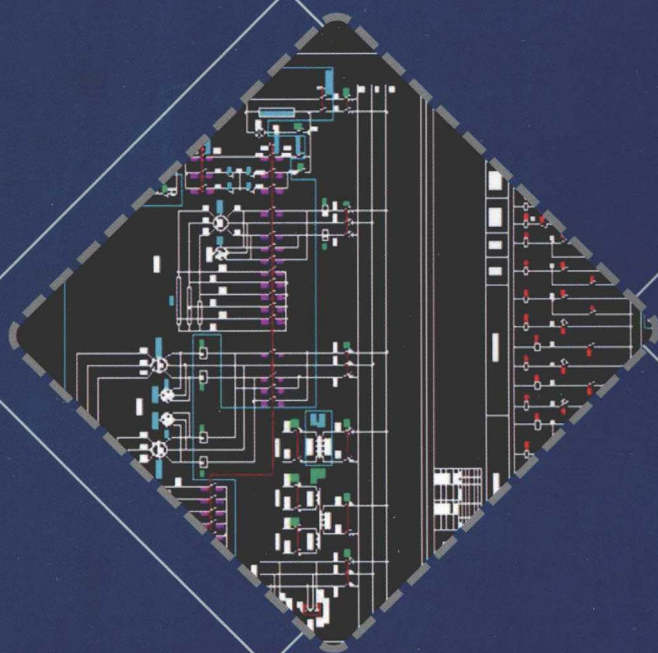


高等院校规划教材

电气控制综合训练教程

主 编 刘文庄 张秋实



煤炭工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电气控制综合训练教程 / 刘文庄, 张秋实主编. -- 北京:
煤炭工业出版社, 2012

ISBN 978-7-5020-4039-0

I. ①电… II. ①刘… ②张… III. ①电气控制-教材
IV. ①TM921.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 078070 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
网址: www.cciph.com.cn

煤炭工业出版社印刷厂 印刷
新华书店北京发行所 发行

*
开本 787mm × 1092mm¹/₁₆ 印张 15³/₄
字数 370 千字 印数 1—1 000
2012 年 12 月第 1 版 2012 年 12 月第 1 次印刷
社内编号 6862 定价 35.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

内 容 提 要

本书以培养学生的自主动手能力、综合应用能力、创新意识和创新能力为主要指导思想。使学生初步掌握可编程逻辑控制器（PLC）、单片机、变频器等内容的编程和应用控制能力。

本书内容包括可编程逻辑控制器实训、单片机实训、常用电工工具及电工材料介绍、常用电工仪表及其使用介绍、电气控制技术实训、电力系统自动化实训、变频器控制实训、直流电动机调速控制系统介绍、联网监控实训等内容。其中为了让同学们更好地了解 PLC 和单片机的功能特点，同一个实训项目放在一起对比训练。

本书可以作为电气工程及其自动化、机械设计制造及其自动化、电子信息工程等专业的指导书，也可供相关人员参考。

前 言

本书是高等院校规划教材之一。

开展实训教学可以使学生巩固所学知识，使理论知识与实践相结合，同时培养学生的职业素质和职业技能，使学生早日成为面向现代化企业生产、管理一线的高素质技术人才。

可编程逻辑控制器（PLC）、单片机、变频器、直流调速系统已经深入到各种行业的控制中，本书将这些内容综合在一起进行介绍，希望建立起“系统”的整体概念，达到融会贯通的目的。

本书共分为8章，其中第1章由刘文庄、李永、黎冠、李田为编写，第2、3、4章由张秋实编写；第5、6、7章由刘文庄编写；第8章由徐斌编写；全书由刘文庄统稿，秦文艺、张有东主审。

本书参阅了西门子公司S7-200/300系列PLC和MM420系列变频器的相关资料，在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中难免有不足之处，请读者批评指正。

编 者

2012年4月

目 次

1	S7-200 系列 PLC 和单片机实训	1
1.1	注意事项	1
1.2	实验装置	1
1.3	PLC(S7-200 系列)	2
1.4	单片机	4
1.5	实验部分	16
2	常用电工工具及电工材料	122
2.1	常用电工工具及其使用	122
2.2	常用电工材料	129
2.3	导线的连接	140
3	常用电工仪表及其使用	145
3.1	万用表	145
3.2	钳形电流表	147
3.3	兆欧表	147
3.4	相序指示器	148
3.5	示波器	149
3.6	电压表与电流表	150
3.7	电能测量仪表	151
3.8	接地电阻测试仪	151
3.9	转速表	151
4	电气控制技术实训	153
4.1	常用低压电器	153
4.2	电气控制系统的基本控制环节	164
4.3	三相异步电动机基本控制电路实训	166
5	电力系统自动化实训	174
5.1	同步发电机组启动和建压操作简介	174
5.2	励磁调节器运行调整的操作方法	176
5.3	同步发电机准同期并列实验	176

5.4 同步发电机励磁控制实验	182
6 变频器控制实训	196
6.1 变频器的基本知识	196
6.2 MM420 变频器调试	200
6.3 BOP 的基本操作	203
6.4 利用 BOP 排除故障	205
6.5 故障表	206
6.6 变频器快速调试实训	209
6.7 变频器频率参数的修改及运行训练	210
6.8 变频器的模拟量操作	211
6.9 变频器的数字量操作	211
6.10 PLC 控制下的 PID 方式运行变频器训练	212
6.11 S7-200 系列 PLC 的 PID 控制器编程范例	212
7 直流电动机调速控制系统	222
7.1 直流电动机调速控制系统基本知识	222
7.2 直流电机调速模块介绍	226
8 联网监控实训	232
8.1 局域网中的远程站点无线联网	232
8.2 基于 DP 总线联网在线监控	238
参考文献	243

1 S7-200 系列 PLC 和单片机实训

1.1 注意事项

1.1.1 安全注意事项

在安装、操作、维护或检查本系统之前，一定仔细阅读安全注意事项，还应熟悉设备的安全信息及全部有关注意事项。在指导使用说明书中，将安全注意事项等级分为“危险”和“注意”。

(1) 要求系统采用三相接地供电。

(2) 当通电或正在运行时，不要进行拆卸、维修实验装置，不要打开盖子，否则会发生触电危险。

(3) 即使电源处于断开状态时，除维护、维修外，不要接触任何超过安全电压的裸露端子，接触各种充电回路也可能造成触电事故。

(4) 不要用湿手操作和设定各种旋钮及按键，以防触电。

(5) 不要损伤电缆，不要对其施加过重的应力，使其承载重物或对其进行钳压，否则可能会导致触电。

1.1.2 防止损坏或烫伤

(1) 系统应远离可燃物体。系统发生故障时，断开电源，否则系统可能因电流过大导致火灾。

(2) 各个端子上加的电压只能是使用手册上所规定的电压，以防止爆裂、损坏等。

(3) 加热模块或单元时，不要触摸，以避免烫伤。

1.2 实验装置

1.2.1 PLC 系列产品概述

PLC (Programmable Logic Controller) 即可编程逻辑控制器，是以微机为基础发展起来的新型工业控制装置。它以体积小、功能强、可靠性高及应用安装方便的特点，很快在我国的工业控制中占据了主导地位，并且不断向前发展。根据这一发展形势，国内各大中专院校、各类职业技术学校都将 PLC 教学纳入教学任务，作为电子类、电气类及工业自动化类专业的一门必修课。

A8000 型 PLC 模拟实验装置以西门子 S7-200、S7-300 系列 PLC 为核心，集可编程逻辑控制器、编程软件、工控组态软件、模拟控制实验板、微处理器仿真对象、真实工业对象等于一体。在其装置上，可直观地进行 PLC 的基本指令练习、多个 PLC 实际应用的模拟实验及实物实验。整个系统结构紧凑、功能多样、使用方便，既能进行验证性、设计性实验，又能进行综合性实验。

产品的模块是独立的，可以任意选择安装到小型台架或大型台架的模块类型，甚至可以安装其他控制系统，以便进行 PLC 与其他设备的协同处理或联网运行。

1.2.2 A8000-BU 型实验系统

A8000-BU 型 PLC 实验装置由实验箱、PLC、软件、实验选件和配件等部分组成。同时也可以使用单片机来实现,可以对比 PLC 和单片机来做此实验。

1. 实验箱

实验箱体为喷塑箱,坚固美观。内部有 2 个电路板,1 个 CPU。

2. PLC

主机 PLC 的配置为西门子 S7-200、S7-300 系列。系统一般提供不少于 14DI/10DO 的数字量。如果选择的模块包括模拟量,则一般提供不少于 2AI/1AO 的模拟量。

本设备使用西门子 S7-200 系列 PLC、CPU 224 和单片机。

3. 软件

(1) 编程软件:采用针对 S7-200 系列 PLC 的编程软件 STEP 7-MicroWIN。

(2) 实验软件:提供所有实验的参考示例程序,是教师教学及学生学习的有力帮手和实验平台。

(3) 上位监控开发软件:采用组态软件,提供一个学习和开发工业应用控制的平台软件。

(4) 上位监控实验软件:提供一些上位监控实验的例子,提供工业化典型范例。对于网络化的 PLC 系统,提供统一的设备监控软件。

4. 功能选件

除了在箱体或台面上提供的选件之外,还包括一些功能选件可供选用:远程变频调速控制系统、小型电梯、机械手、传送带等。

1.3 PLC(S7-200 系列)

1.3.1 系统组成

本系统采用在工业领域有着广泛应用的西门子 S7-200 系列 PLC 作为主控制器,形成一套过程控制实验系统。

S7-200 系列小型 PLC 可以应用于各种自动化系统,系统组成如图 1-1 所示。S7-200 系列 PLC 由主机、输入/输出接口、电源、模块扩展接口和外部设备接口、计算机编程软件等主要部分组成。

1.3.2 PLC 的工作原理

PLC 是采用“顺序扫描,不断循环”的方式进行工作的,即在 PLC 运行时,CPU 根据用户按控制要求编制好并存储于用户存储器中的程序,按指令步序号(或地址号)作周期性循环扫描,如无跳转指令,则从第一条指令开始逐条顺序执行用户程序,直至程序结束。然后重新返回第一条指令,开始新一轮新的扫描。在每个扫描过程中,还要完成对输入信号的采样和对输出状态的刷新等工作。

PLC 的一个扫描周期必经输入采样、程序执行和输出刷新 3 个阶段。

输入采样阶段:首先以扫描方式按顺序将所有暂存在输入锁存器中的输入端子的通断状态或输入数据读入,并将其写入各对应的输入状态寄存器中,即刷新输入。随即关闭输入端口,进入程序执行阶段。

程序执行阶段:按用户程序指令存放的先后顺序扫描执行每条指令,经相应的运算和

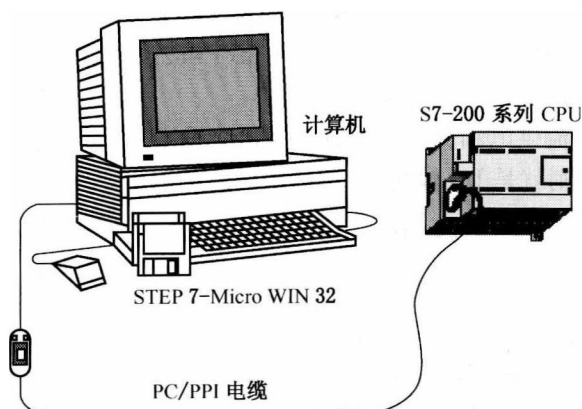


图 1-1 S7-200 系列 PLC 系统组成

处理后，将结果写入输出状态寄存器中，输出状态寄存器中所有的内容随着程序的执行而改变。

输出刷新阶段：当所有指令执行完毕，输出状态寄存器的通断状态在输出刷新阶段送至输出锁存器中，并通过一定的方式（继电器、晶体管或晶闸管）输出，驱动相应输出设备工作。

1.3.3 S7-200 系列 CPU

S7-200 系列的用户程序中包括了位逻辑、计数器、定时器、复杂数学运算及与其他智能模块通信等指令内容，从而使它能够监视输入状态，改变输出状态以达到控制目的。紧凑的结构、灵活的配置和强大的指令集使 S7-200 系列成为各种控制应用的理想解决方案。

S7-200 系列 CPU 将一个微处理器、一个集成电源和数字量 I/O 点集成在一个紧凑的封装中，从而形成了一个功能强大的微型 PLC，如图 1-2 所示。当用户下载程序之后，S7-200 系列就可以按照逻辑关系监控 I/O 设备从而实现应用要求。

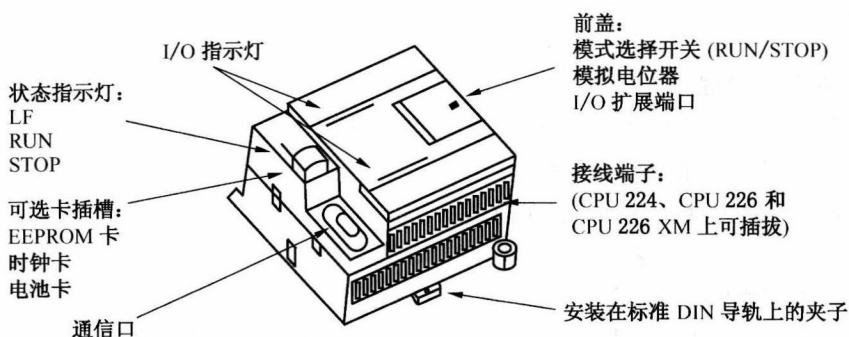


图 1-2 S7-200 系列 CPU 的组成

CPU 的外形尺寸为 120.5 mm × 80 mm × 62 mm，程序存储区为 4096 B，数据区为 2560 B，掉电保存时间为 190 h，本机 I/O 为 14DI/10DO，最大扩展 7 个模块，单相 6 路

30 kHz 高速计数器, 双相 4 路 20 kHz 高速计数器, 对于 DC 的脉冲输出 2 路 20 kHz, 模拟电位器 2 路。实时时钟内置, 通信口为 1 个 RS-485, 有浮点数运算, 有 I/O 映象区 256 个, 布尔指令执行速度为 $0.37 \mu\text{s}/\text{指令}$ 。

S7-200 系列有直流供电和交流供电两种 CPU, 如图 1-3 所示。如果是交流的, 则 DO 为继电器输出, 否则就是 DC 输出。

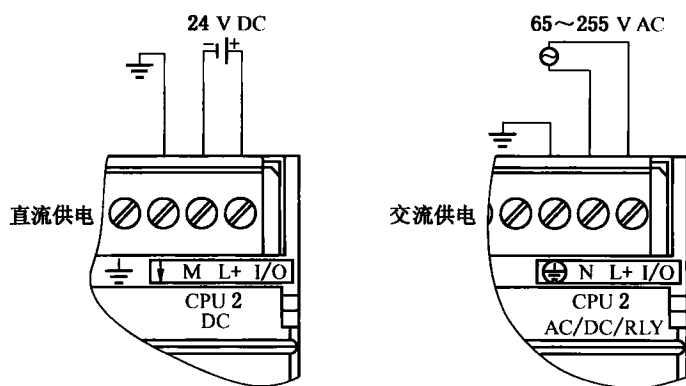


图 1-3 S7-200 系列 CPU

连接 PC/PPI 电缆: 将 PC/PPI 电缆连接 RS-232 (PC) 的一端连接到计算机上。将 PC/PPI 电缆另外一端连接到 PLC 的编程接口上。

1.3.4 Micro WIN 4.0 软件操作步骤

打开 STEP7 - Micro WIN 4.0 软件。

通信设置步骤如图 1-4 至图 1-9 所示。

在设置好通信参数后, 图 1-10 中所示 1~6 步骤为软件操作基本流程。

注意: 如在实验箱上盖模块进行实验, 应将模块右下侧的 24 V 与下盖的 24 V 相连接, 上盖的 COM 与下盖的 GND 相连接, 否则上盖实验无法进行。

1.4 单片机

1.4.1 软件开发流程

对于刚刚使用 Keil 软件的用户来讲, 一般按照以下流程来完成开发任务。

(1) 建立工程, 如图 1-11 所示。

选择适当存储地址, 建立自己的文件, 如图 1-12 所示。

(2) 为工程选择目标器件 (选 STC89C52 或 AT89C52 学习板), 如图 1-13 所示。

(3) 设置工程的配置参数, 其中波特率设定为 57600 (为默认值, 可以跳过)。

(4) 打开/建立程序文件, 可以新建 (New) 自己的程序, 或打开 (Open) 已有程序源代码作修改 (Open), 如图 1-14 所示。

编写或修改好程序后, 将程序代码保存 (汇编语言文件类型为“文件名.asm”, C 语言文件类型为“文件名.C”), 如图 1-15 所示。

将已保存的程序代码 (“文件名.asm”或“文件名.c”) 添加到组, 如图 1-16 所示。

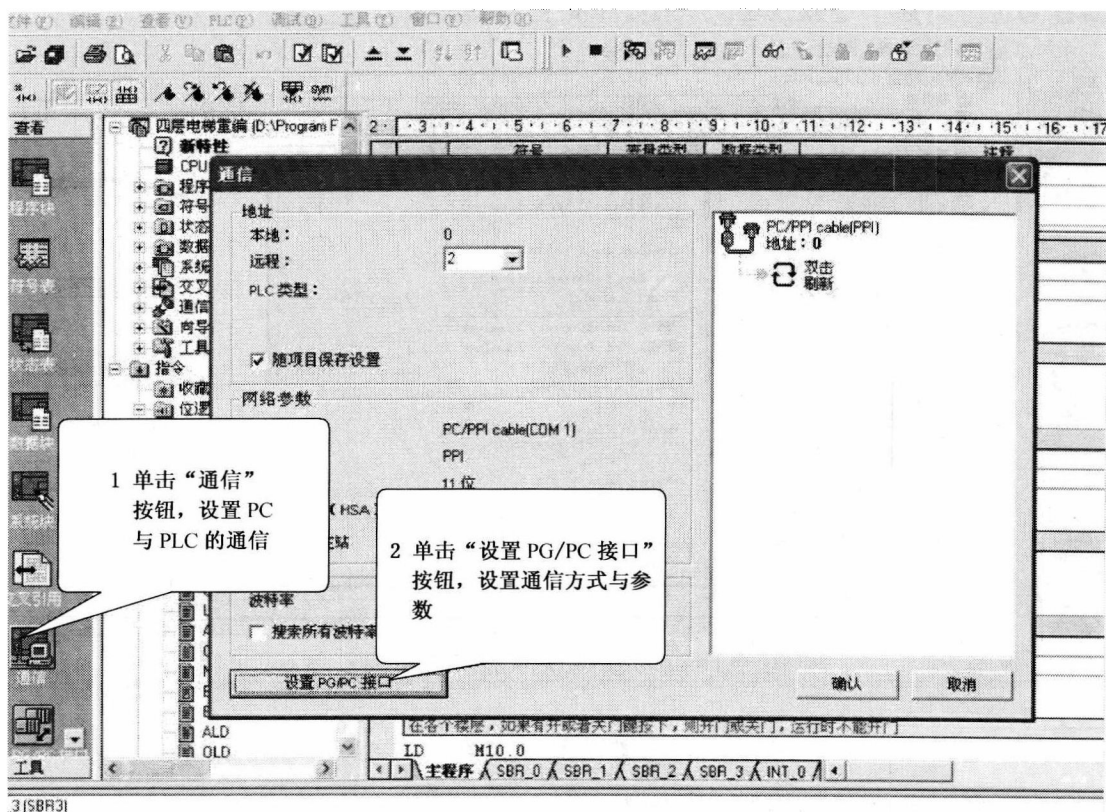


图 1-4 步骤 1

(5) 编译和连接工程，直到程序中无错误为止，生成目标代码，如图 1-17 所示。

(6) 对程序中某些线软件的部分使用软件仿真验证，对应用程序进行硬件仿真调试。

单击“Target 1”旁边的按钮，如图 1-18 所示。弹出了如图 1-19 所示对话框，在“Output”选项卡中选择“Create HEX Fi:”复选框，目的是产生能直接下载到单片机的 hex 文件。

这时再次编译和连接工程，将会产生所需要的 hex 文件，如图 1-20 所示。可在最初所创建的文件夹中找到所需文件（文件名 .hex）。

(7) 一般采用 STC-ISP 串行下载工具将 Keil 软件生成的 hex 文件下载到单片机，下面是具体流程。

找到 STC-ISP.exe 并打开，其界面如图 1-21 所示。

各种设置一般使用默认选项即可。

单击“打开程序文件”按钮，选择生成的 hex 文件并确定添加，如图 1-22 所示。

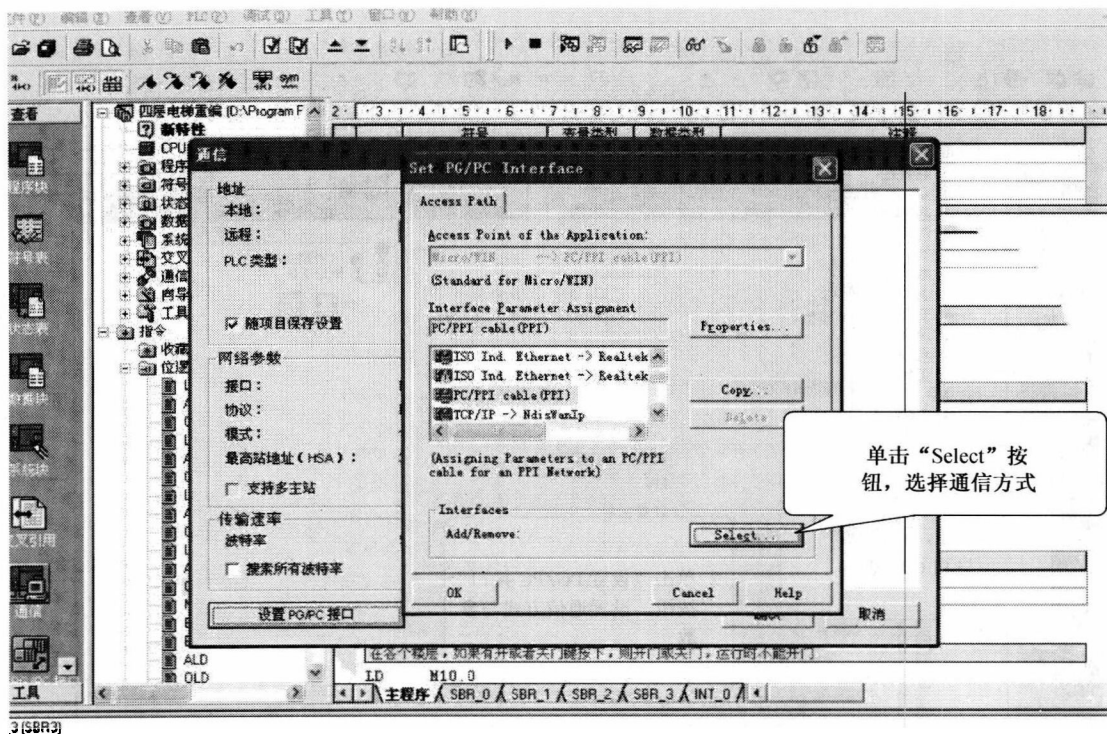


图 1-5 步骤 2

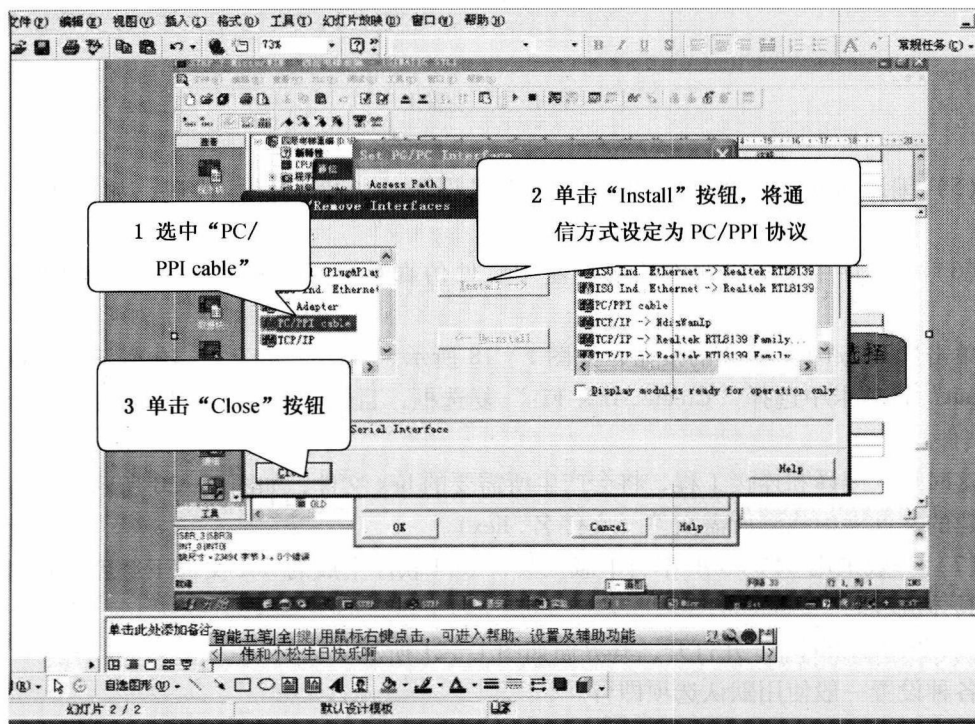


图 1-6 步骤 3

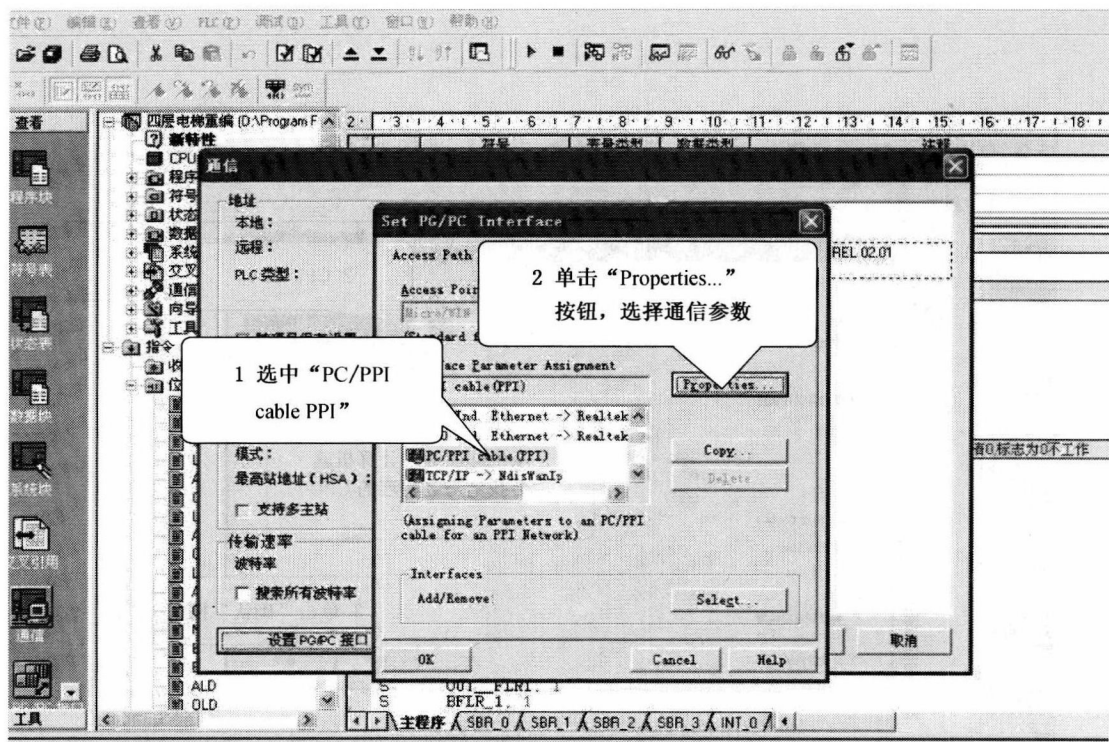


图 1-7 步骤 4

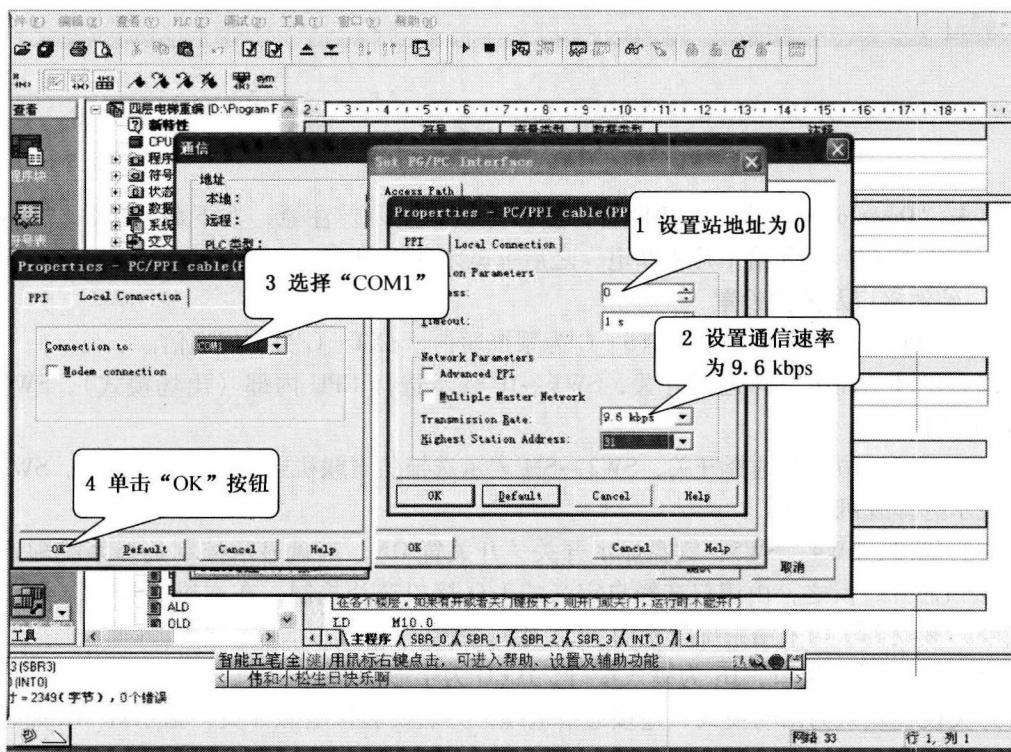


图 1-8 步骤 5

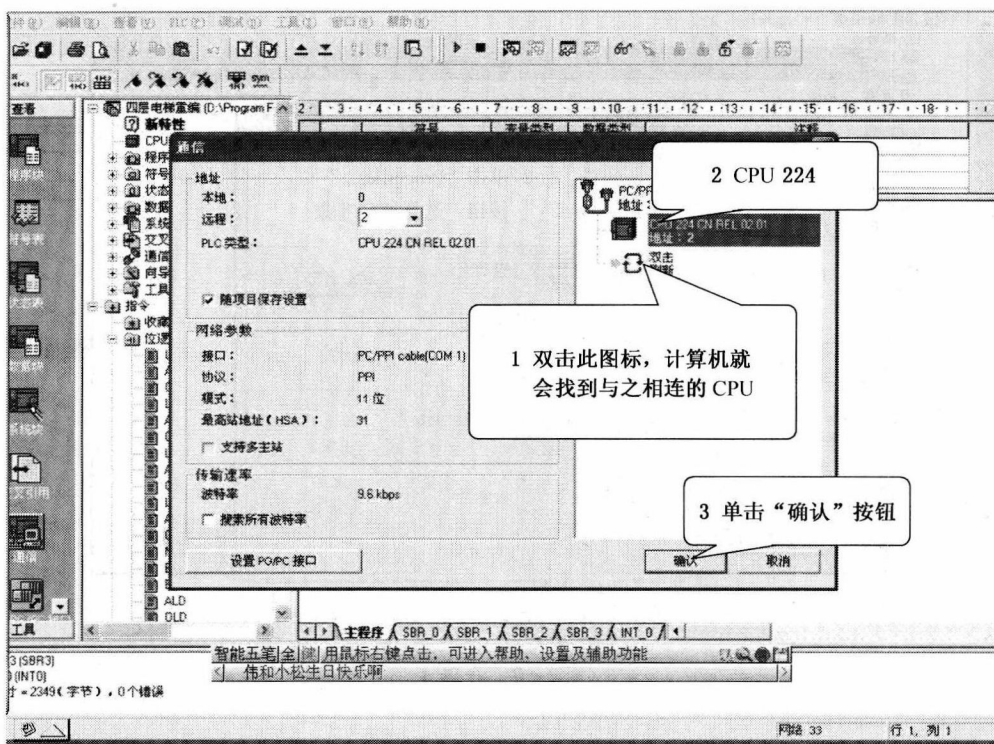


图 1-9 步骤 6

单击“Download/下载”按钮即可，如图 1-23 所示。注意，在下载时单击“Download/下载”按钮后必须给单片机断电，之后上电才能下载。

1.4.2 硬件接口及开关设置

(1) KB6: 通信选择开关，SYS-C 为系统通信，EXT-C 为扩展通信。

(2) SW1: 程序空间选择开关，SW1→IP 表示选择 CPU 内部（出场模式），SW1→UP 表示选择 CPU 外部。

(3) SW2: 仿真器选择开关，SW2→SM 表示选择仿真联机运行（出厂模式），SW2→OFL 表示选择脱机运行。

(4) SW3、SW4、SW5: 键盘显示开关，开关置 ON，键盘显示控制选择系统配置的 8155 接口芯片，反之，由用户选择自定义的 I/O 接口芯片控制，在本机实验中，除 8279 实验外，键盘显示均采用系统配置的 8255 接口控制。

(5) JS 为键扫接口，JR 为键入接口，JLED 为字形代码接口。

开关设置默认为出场模式，连接通信电缆，开启实验仪电源开关，指示灯 ML 如正常闪动，说明实验仪处于仿真联机状态，运行 Keil 仿真软件，通过参数设置，对用户程序进行软、硬件调试。

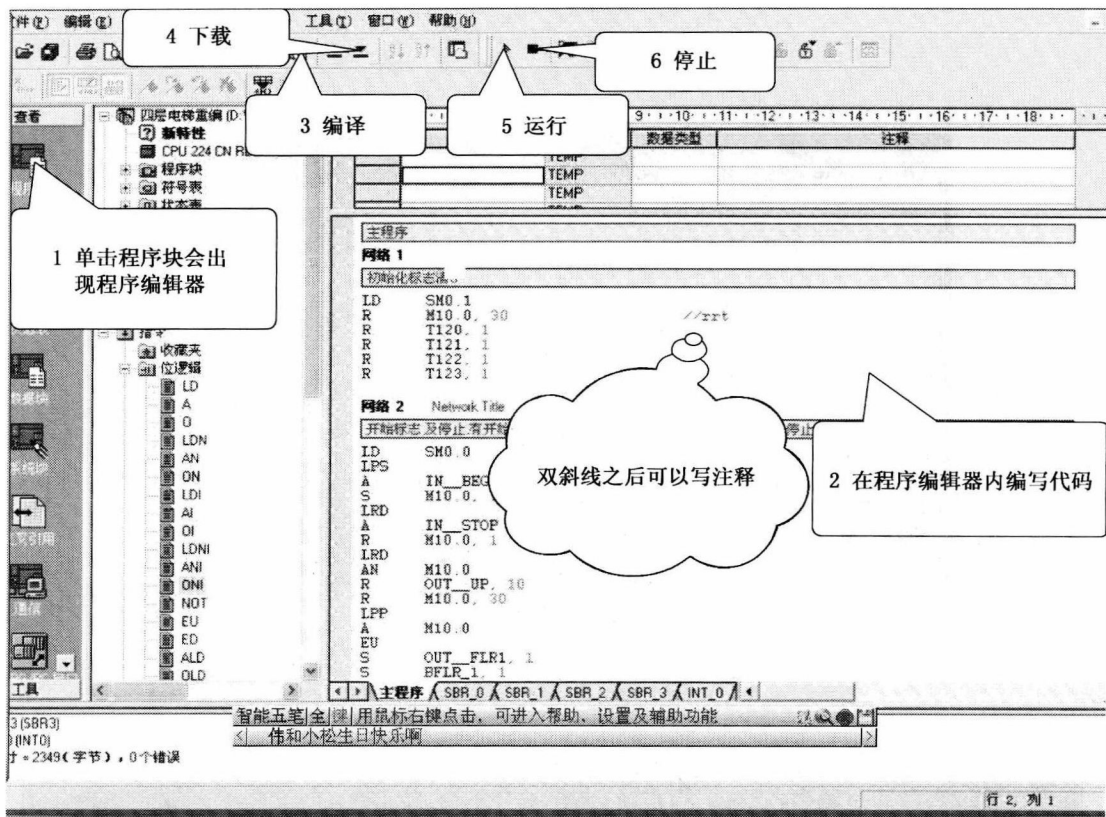


图 1-10 软件操作基本流程

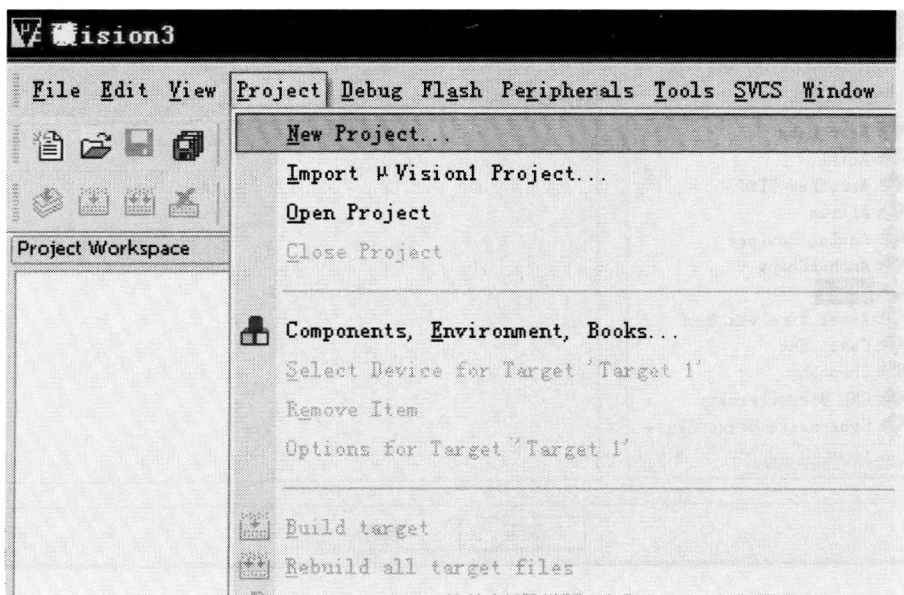
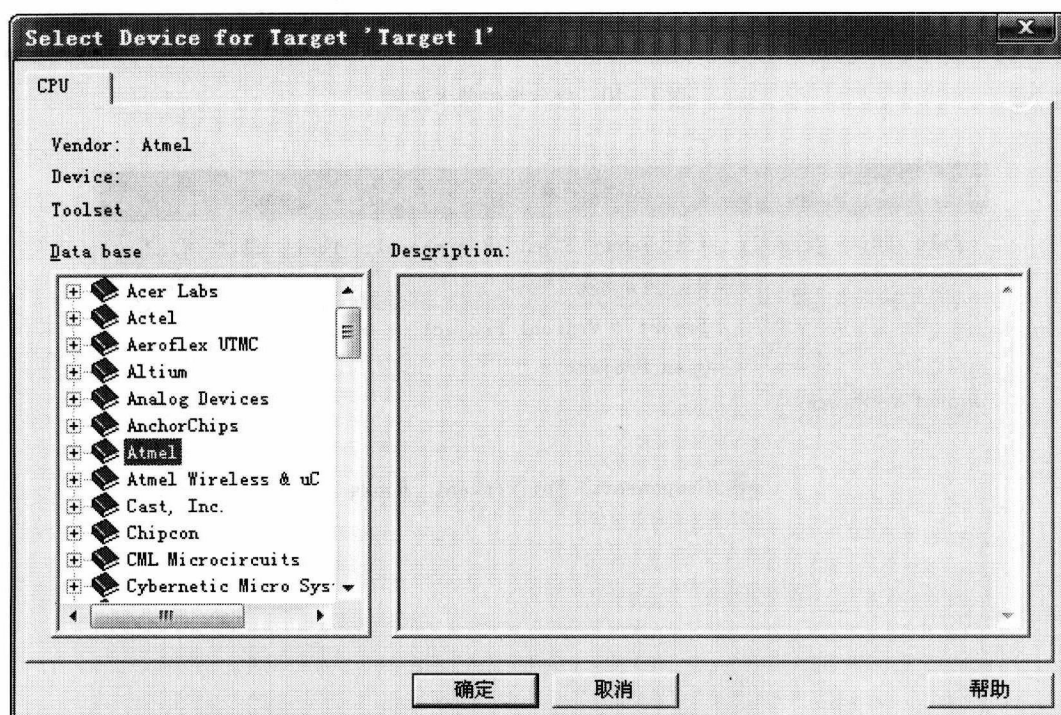


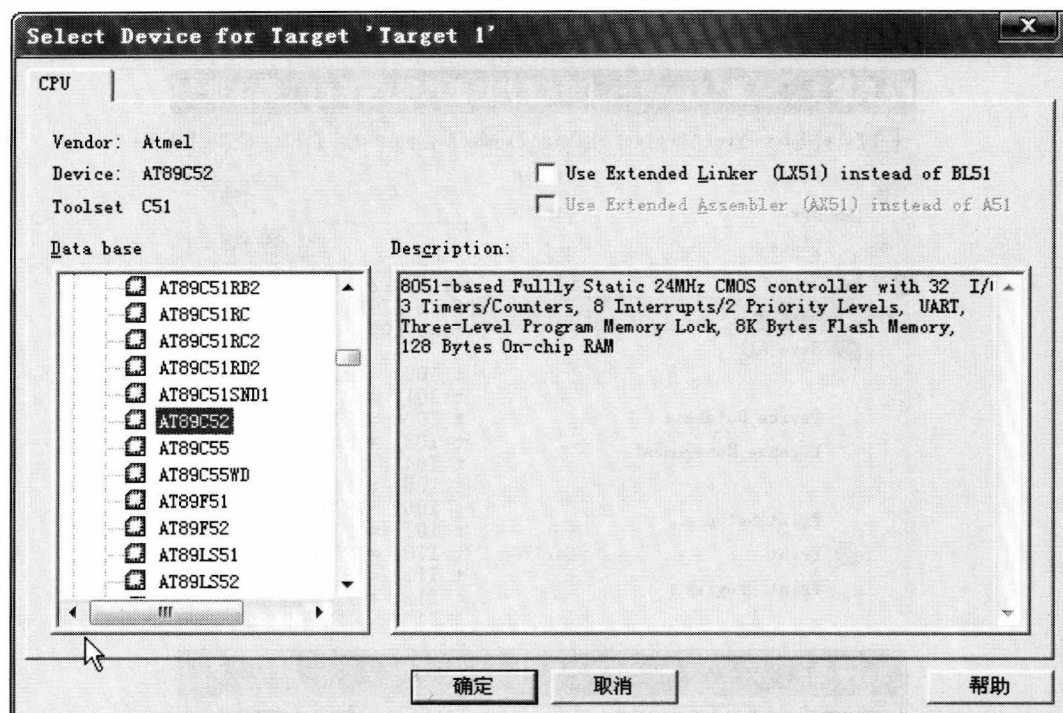
图 1-11 建立工程



图 1-12 建立文件



(a)



(b)

图 1-13 选择目标器件

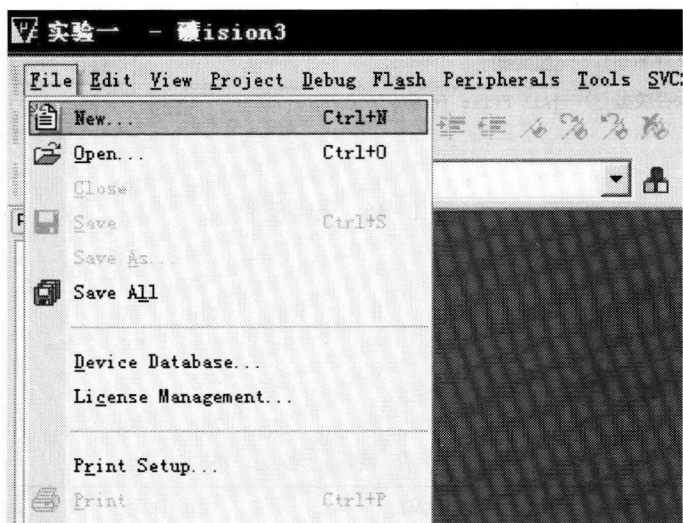


图 1-14 打开/建立程序文件