

高职高专电气自动化技术专业规划教材

GAOZHI GAOZHUAN DIANQI ZIDONGHUA JISHU ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI



单片机 实用教程

李 珍 韩彬彬 孙惠芹 主 编
李 莉 副主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

高职高专电气自动化技术专业规划教材

GAOZHI GAOZHUAN DIANQI ZIDONGHUA JISHU ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI



单片机 实用教程

主 编 孙惠芹
副主编 李 珍
编 写 王 翔
主 审 丁 辉

韩彬彬 李 莉
刘 松 王淑文



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>



中国电力出版社出版、发行
GAOSHU DIANGUAN ZIDONGHUA JISHU ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI

内 容 提 要

本书为高职高专电气自动化技术专业规划教材。

全书共 10 章, 主要内容包括单片机发展与应用概述、MCS-51 系列单片机结构与工作原理、MCS-51 系列单片机的指令系统、汇编语言程序设计、并行输入输出接口、中断系统、MCS-51 系列单片机的定时器/计数器、串行口与串行通信、单片机的系统扩展、MCS-51 系列单片机的接口技术。

本书可作为高职高专院校电气自动化技术、机电一体化技术、电子信息工程技术、通信技术等专业单片机项目教学课程教材, 还可供相关专业师生与工程技术人员学习、参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机实用教程/孙惠芹主编. —北京: 中国电力出版社, 2009

高职高专电气自动化技术专业规划教材

ISBN 978-7-5083-8691-1

I. 单… II. 孙… III. 单片微型计算机—高等学校: 技术学校—教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 053269 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2009 年 6 月第一版 2009 年 6 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 12.25 印张 293 千字

定价 19.60 元

敬 告 读 者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

高职高专电气自动化技术专业规划教材

编 委 会

主 任 吕景泉

副主任 狄建雄 凌艺春 谭有广 周乐挺 郝汉琪

秘书长 李兆春

委 员 (按姓氏笔画排序)

丁学恭 马伯华 王 燕 王 薇 王永红

刘玉娟 刘玉梅 刘保录 孙成普 孙忠献

何 颖 何首贤 张 池 张永飞 张学亮

张跃东 李方园 陆锦军 陈 赵 姚永刚

姚庆文 郭 健 钱金法 常文平 韩 莉

前言

MCS-51 系列单片机是学习单片机技术的系统平台，也是单片机应用系统开发的一个重要系列。本书以“理论和实践紧密结合，理论与实践教学一体化，培养学生动手能力”作为编写的主要出发点，用丰富的实例讲解 MCS-51 系列单片机原理和软硬件开发技术。

本书系统地介绍了单片机的结构、单片机编程语言以及单片机开发的技巧，由浅入深地介绍了单片机控制的编程技巧，对读者系统掌握单片机应用系统的设计思想及解决实际问题具有重要的引导作用。

本书第 1、4、5 章由天津职业大学李珍编写；第 2、3、8 章由天津职业大学孙惠芹编写；第 6 章由天津职业技术学院韩彬彬编写，第 7 和 9 章由天津职业大学李莉编写；第 10 章由天津职业大学王翔编写。全书由孙惠芹统稿。参加编写、校对工作的还有天津电子信息学院刘松教授、天津师范大学刘南平副教授等。

本书编写过程中，得到了天津大学戴居丰教授、沈宝锁教授的关心和帮助，亦得到了天津职业大学李雅轩教授的大力支持；本书由常州轻工职业技术学院丁辉主审，提出了宝贵的修改意见，在此一并表示衷心的感谢。

由于时间仓促，加之作者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

编者

2008 年 12 月于天津职业大学

目 录

前言

第1章 单片机发展与应用概述	1
实训一 单片机应用系统的演示	1
1.1 单片机的发展概况	4
1.2 单片机的主要生产厂家和机型	5
1.3 单片机的特点和应用领域	6
思考题与习题	6
实训二 单片机仿真软件的使用	7
第2章 MCS-51 系列单片机结构与工作原理	19
2.1 单片机的内部结构	19
2.2 单片机的引脚及其功能	19
2.3 单片机的中央处理器	21
2.4 存储器的结构	23
2.5 单片机的时钟电路与时序	27
2.6 单片机的堆栈	29
2.7 单片机的复位操作及复位电路	29
思考题与习题	29
实训三 单片机存储器地址空间的观察与内容修改	30
实训四 单片机的指令仿真	37
第3章 MCS-51 系列单片机的指令系统	39
3.1 汇编语言指令格式	39
3.2 指令的寻址方式	41
3.3 MCS-51 系列单片机的指令系统	45
思考题与习题	65
实训五 MCS-51 系列单片机指令系统的简单应用	68
第4章 汇编语言程序设计	70
4.1 汇编语言程序设计概述	70
4.2 汇编语言实用程序设计	73
思考题与习题	85
实训六 MCS-51 系列单片机指令系统的综合应用 1	86
实训七 MCS-51 系列单片机指令系统的综合应用 2	88

第5章 并行输入输出接口	91
实训八 应用单片机控制的彩灯设计	91
5.1 MCS-51 系列单片机并行端口的结构与功能	92
5.2 并行口的驱动能力	95
5.3 并行口的输出功能	96
5.4 并行口的输入功能	97
思考题与习题	97
实训九 MCS-51 系列单片机并行口输入功能应用设计	97
第6章 中断系统	100
实训十 MCS-51 系列单片机外中断控制的彩灯	100
6.1 中断的概述	101
6.2 中断系统结构及中断控制	103
6.3 中断响应	108
6.4 中断服务程序的设计	109
6.5 外部中断源的扩展	110
思考题与习题	111
实训十一 MCS-51 系列单片机中断优先级控制	112
第7章 MCS-51 系列单片机的定时器/计数器	115
实训十二 定时器/计数器的软件仿真	115
7.1 定时器/计数器结构和工作原理	117
7.2 定时器/计数器控制寄存器	118
7.3 定时器/计数器的工作方式及应用	119
7.4 定时器/计数器的综合应用举例	126
思考题与习题	130
实训十三 MCS-51 系列单片机定时器控制的彩灯	130
第8章 串行口与串行通信	132
8.1 串行通信概述	132
8.2 单片机的串行口	133
8.3 串行通信工作方式	136
8.4 串行口通信的应用举例	138
思考题与习题	143
实训十四 串行口通信应用	144
第9章 单片机的系统扩展	146
9.1 存储器的扩展	146
9.2 并行 I/O 口的扩展	152
9.3 键盘接口	160
9.4 LED 显示器接口	165

思考题与习题	170
实训十五 MCS-51 系列单片机存储器的扩展	171
实训十六 MCS-51 系列单片机并行接口的扩展	173
第 10 章 MCS-51 系列单片机的接口技术	175
实训十七 ADC0809 芯片与单片机接口设计	175
实训十八 DAC0832 芯片与单片机接口设计	176
10.1 系统前向通道的配置及接口技术	177
10.2 系统后向通道的配置及其接口技术	180
思考题与习题	184
参考文献	186

第 1 章

单片机发展与应用概述

实训一 单片机应用系统的演示

单片机自诞生起就步入了人们的生活，如洗衣机、电冰箱、电子玩具等家用电器配上单片机后，增加了功能，提高了智能化程度，备受人们喜爱。

1. 实训内容

通过单片机控制的模拟交通灯系统，熟悉一下单片机的控制功能。

首先了解实际交通灯的变化规律。假设一个十字路口为东西南北走向。初始状态东西南北四个方向均为红灯。然后，东西方向绿灯通车，南北方向红灯，20s 后，东西方向黄灯闪 3 次，南北方向仍然红灯；然后转南北方向绿灯通车，东西方向红灯，20s 后南北方向黄灯闪 3 次，东西方向仍然红灯，往复循环。有急救车通过时，两个方向交通信号灯全变成红灯，以便让急救车通过。设急救车通过路口时间为 10s，急救车通过后，交通恢复正常。

控制模拟交通灯的硬件电路如图 1-1 所示。

2. 实训内容分析

系统中使用的 MCS-51 系列单片机中的 80C51，有 4 个 8 位并行口 P0、P1、P2、P3 可以分别连接输入/输出设备。使用其中的 P1 口作为输出口，连接发光二极管，控制 6 个 LED 灯（红，绿，黄），模拟交通灯管理。P3 口的 P3.2 位为输入，连接按键，按键按下，表示有紧急情况发生。对控制程序来说，这一输入信号称为外部中断申请信号。红、黄、绿灯分配情况如下：

P1.0	LED0 红	} 南北方向红、黄、绿灯
P1.1	LED1 黄	
P1.2	LED2 绿	
P1.3	LED3 红	} 东西方向红、黄、绿灯
P1.4	LED4 黄	
P1.5	LED5 绿	

交通灯的状态见表 1-1。

表 1-1

交通灯状态表

P1.5	P1.4	P1.3	P1.2	P1.1	P1.0	控制码	状态说明
东西绿灯	东西黄灯	东西红灯	南北绿灯	南北黄灯	南北红灯		
0	0	1	0	0	1	09H	东西红灯 南北红灯

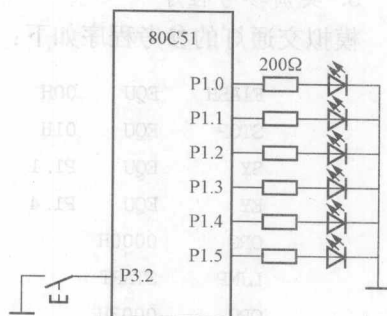


图 1-1 控制模拟交通灯的硬件电路图

续表

P1.5	P1.4	P1.3	P1.2	P1.1	P1.0	控制码	状态说明
东西绿灯	东西黄灯	东西红灯	南北绿灯	南北黄灯	南北红灯		
1	0	0	0	0	1	21H	东西绿灯 南北红灯
0	1	0	0	0	1	11H	东西黄灯闪南北红灯
0	0	1	1	0	0	0CH	南北绿灯 东西红灯
0	0	1	0	1	0	0AH	南北黄灯闪东西红灯

注 高电平点亮发光二极管。

3. 实训参考程序

模拟交通灯的参考程序如下：

	FLASH	EQU	00H	;黄灯闪烁标志
	STOP	EQU	01H	;救护车通过标志
	SY	EQU	P1.1	;南北黄灯
	EY	EQU	P1.4	;东西黄灯
	ORG		0000H	
	LJMP		START	;主程序
	ORG		0003H	;中断服务程序
	SETB		STOP	;设置南北、东西均红灯标志
	RETI			
	ORG		0030H	
START:	MOV		SP, #70H	;设置堆栈指针
	SETB		ITO	;中断设置
	SETB		EA	
	SETB		EX0	
	MOV		P1, #00001001B	;南北、东西均红灯
	CLR		STOP	;清除救护车通过标志
LOOP:	JB		STOP, ALLRED	;查询中断标志
	MOV		P1, #00100001B	;南北红灯, 东西绿灯
	MOV		R2, #80	;延时 20s
	ACALL		DELAY	
	JB		STOP, ALLRED	
	MOV		P1, #00000001B	;南北红灯, 东西黄灯闪
	CLR		FLASH	
	MOV		R7, #9	
LOOP1:	MOV		C, FLASH	
	MOV		EY, C	;东西黄灯闪
	MOV		R2, #02	
	ACALL		DELAY	
	CPL		FLASH	

```

DJNZ    R7,LOOP1
JB      STOP,ALLRED
MOV     P1,#00001100B           ;南北绿灯,东西红灯
MOV     R2,#80                  ;延时 20s
ACALL   DELAY
JB      STOP,ALLRED
MOV     P1,#00001010B          ;东西红灯,南北黄灯闪
CLR     FLASH
MOV     R7,#9
LOOP2:  MOV     C,FLASH
        MOV     SY,C            ;南北黄灯闪
        MOV     R2,#02
        ACALL   DELAY
        CPL     FLASH
        DJNZ    R7,LOOP2
        LJMP    LOOP           ;程序循环
ALLRED: MOV     P1,#00001001B   ;东西、南北红灯
        CLR     STOP
        MOV     R2,#40          ;延时 10s
        ACALL   DELAY
        LJMP    LOOP
DELAY:   MOV     R1,#00H        ;延时 0.25s 子程序
DELAY2:  MOV     R0,#00H
DELAY1:  JB      STOP,DEALY3
        DJNZ    R0,DEALY1
        DJNZ    R1,DELAY2
        DJNZ    R2,DELAY
DELAY3:  RET
END

```

4. 实训步骤

系统操作步骤如下:

- (1) 按照图 1-1 所示硬件电路图连接发光二极管和按键。
- (2) 把程序烧入到单片机中。
- (3) 开启电源,观察交通灯变化。

5. 实训总结

在烧入单片机的软件程序中,除主程序外还调用了延时子程序和中断服务程序,使用了单片机伪指令、寄存器指令、位指令等多种指令形式和简单程序、循环程序等多种编程方法。通过这个简单的单片机应用系统的演示,可以看到单片机应用系统是由硬件电路和程序构成的,只有把二者结合起来,才能达到控制目的。因此,必须掌握单片机系统的软、硬件构成,以后各章将逐步学习这些软硬件知识。

1.1 单片机的发展概况

1.1.1 计算机的发展

计算机的发展经历了从电子管、晶体管、集成电路到超大规模集成电路四个阶段,即通常所说的第一代、第二代、第三代、第四代计算机。现在广泛使用的微型计算机是大规模集成电路技术发展的产物,属于第四代计算机。由于实际应用的需要,微型计算机向着两个不同的方向发展:一个是高速度、大容量、高性能的高档微机方向发展,另一个是稳定可靠、体积小、价格低廉的单片机方向发展,形成了通用计算机系统和嵌入式计算机系统(即单片机系统)两大分支。

通用计算机系统主要用于大型科学研究和试验以及超高速数学计算,它的研究水平标志着一个国家的科学技术和工业发展的程度,象征着一个国家的实力。通用计算机系统的数据总线宽度从8位、16位、32位发展到了64位,操作系统不断完善,突出发展其高速计算能力,并在数据处理、模拟仿真、人工智能、图像处理、多媒体及网络通信中得到广泛应用。

通用计算机的高成本和大体积使其无法嵌入到大多数仪器仪表、家用电器、汽车、机器人等智能化仪器中。20世纪70年代嵌入式微型计算机诞生之后,把计算机的应用领域推向了全社会。嵌入式微型计算机不断增强控制能力,降低成本,减小体积,改善开发环境,目前可广泛地嵌入到现代电子系统中,对社会生产力的发展和人类生活的改变起到了极大的促进作用。

1.1.2 什么是单片机

单片机也称为“单片微型计算机”、“微控制器”、“嵌入式微控制器”等。单片机一词源于“Single Chip Microcomputer”,简称SCM,国际上逐渐用MCU(Micro Controller Unit)代替。单片机就是将CPU、RAM、ROM、定时器/计数器和多种接口电路都集成到一块集成电路芯片上的微型计算机,一块芯片就构成了一台小型计算机。它已成为工业控制领域、智能仪器仪表、尖端武器、日常生活中最广泛使用的计算机。

1.1.3 单片机的发展

单片机自诞生以来已发展出上百种系列近千个机种,单片机的发展历史大致分为以下几个阶段:

(1) 第一阶段(1976~1978年):低性能单片机的探索阶段。以Intel公司的MCS-48系列为代表,采用了单芯片结构,即在一块芯片内含有8位CPU、定时器/计数器、并行I/O口、RAM和ROM等,主要用于工业领域。

(2) 第二阶段(1978~1982年):高性能单片机阶段。这一阶段单片机带有串行I/O口,8位数据线、16位地址线、控制总线等,开发了较丰富的指令系统。典型的单片机为MCS-51系列,这类单片机的应用范围较广,并在不断地改进和发展。

(3) 第三阶段(1982~1990年):16位单片机阶段。16位单片机除CPU为16位外,片内RAM和ROM容量进一步增大,实时处理能力更强,体现了微控制器的特征。例如Intel公司生产的MCS-96系列单片机,振荡频率为12MHz,片内RAM为232B,ROM为8KB,中断处理能力为8级,片内带有10位A/D转换器和高速输入/输出部件等。

(4) 第四阶段(1990年至今):微控制器的全面发展阶段。这阶段各公司的产品在尽量

兼容的同时,出现了高速、强运算能力、寻址范围大的8位、16位、32位通用型单片机,以及小型廉价的专用型单片机。

1.2 单片机的主要生产厂家和机型

MCS-51系列单片机是美国Intel公司于1980年推出的产品,典型产品有8031(内部没有程序存储器)、8051(芯片采用HMOS)和8751等通用产品。20世纪80年代中期以后,Intel公司以专利转让的形式把8051内核给了许多半导体厂家,现在占市场份额较大的公司有Philips、Dallas、Atmel、WinBond、ADI、LG、Siemens公司等。这些厂家生产的单片机是MCS-51系列的兼容产品,准确地说是与MCS-51系列指令系统兼容的单片机。这些单片机与8051的系统结构(主要是指令系统)相同,采用CMOS工艺,因而常用80C51来称呼所有具有MCS-51系列指令系统的单片机,他们对8051一般都作了一些扩充,功能更强。但MCS-51系列单片机内核实际上已经成为一个8位单片机的标准。各高校仍用MCS-51系列单片机作为代表进行理论基础学习。

目前我国常用的单片机主要产品有Intel公司的MCS-51系列单片机及其增强型系列,Philips公司的8XC552、89C66X系列,Atmel公司的与MCS-51系列单片机兼容的51系列等。很多其他公司产品型号已无法按统一规律命名。

1. Intel公司系列单片机

Intel公司的单片机每一类芯片的ROM根据型号不同,一般有片内掩膜ROM、片内EPROM和外接EPROM三种形式。片内掩膜ROM的单片机适合已定型的产品,其他型号适合于研制产品和生产样机。MCS-51系列单片机的性能比较见表1-2。MCS-51系列分为51和52两个子系列,52子系列是增强型,这两种系列都采用HMOS工艺,即高密度短沟道工艺,功耗大。80C51系列采用CHMOS工艺,保持HMOS的高速度和高密度,又具有CMOS低功耗的特点。Intel公司还有其他型号单片机,其存储器容量更大。

表1-2 MCS-51系列单片机性能比较表

系列	片内存储器				定时器/ 计数器	并行I/O口	串行口	中断源	制造工艺
	无片内 ROM	片内 ROM	片内 EPROM	片内 EEPROM					
51系列	8031	8051 (4KB)	8751 (4KB)	128B+128B 的SFR	2×16位	4×8位	1	5	HMOS
	80C31	80C51 (4KB)	87C51 (4KB)	128B+128B 的SFR	2×16位	4×8位	1	5	CHMOS
52系列	8032	8052 (8KB)	8752 (8KB)	256B+128B 的SFR	3×16位	4×8位	1	6	HMOS
	80C232	80C252 (8KB)	87C252 (8KB)	256B+128B 的SFR	3×16位	4×8位	1	7	CHMOS

2. Philips公司系列单片机

Philips公司生产的与MCS-51系列单片机兼容的80C51系列单片机,片内具有I²C总线、A/D转换器、定时监视器等丰富的外围部件。其主要产品有80C51、80C52、80C31、

80C528、83C522、83C751 等,其中 83C522 功能最强,83C751 体积最小。

3. Atmel 公司系列单片机

Atmel 公司生产的 CMOS 型 51 系列单片机,具有 MCS-51 系列单片机内核,用 FlashROM 代替 ROM 作为程序存储器,具有价格低、编程方便等优点。其主要产品有 89C51、89F51、89C52、89LV52、89C55 等。

1.3 单片机的特点和应用领域

单片机是微型计算机的一个重要分支,结构上的最大特点是把 CPU、存储器、定时器/计数器和多种输入/输出接口电路集成在一块超大规模电路芯片上,就其组成和功能而言,一块单片机芯片就是一台微型计算机。单片机具有如下显著特点:

(1) 集成度高、体积小、可靠性高。单片机把各功能部件集成在一块芯片上,内部采用总线结构,减少了各芯片间的连线,大大提高了单片机的可靠性与抗干扰能力。另外,其体积小,对于强磁场环境易于采取屏蔽措施,适合恶劣环境工作。

(2) 控制功能强。一般单片机指令系统中均有丰富的转移指令、逻辑操作以及位处理功能。

(3) 低功耗、低电压、便于生产的便携式产品。

(4) 外部总线增加了 I²C 及 SPI 等串行总线方式,进一步简化了结构。

(5) 专用型单片机可针对某一类产品设计,小封装、低价格,外围器件和外部设备接口电路集成度更高。

单片机广泛应用于工业控制领域、智能仪器仪表、尖端武器、日常生活中。

1. 单片机在智能仪器中的应用

单片机广泛使用于各种仪器仪表中,可以提高仪器仪表的智能化程度,提高测量精度,简化仪器仪表的硬件结构。

2. 单片机在机电一体化中的应用

机电一体化是机械工业的发展方向。单片机作为机电一体产品中的控制器件,能发挥其体积小、功能强的优点,可以大大提高机械产品的自动化、智能化程度。

3. 单片机在实时控制中的应用

单片机广泛使用于各种实时控制系统中,单片机的实时处理能力和控制功能,可使系统保持在最佳工作状态,提高系统的工作效率和产品质量。

4. 单片机在人类生活中的应用

单片机自诞生起,就步入了人们的生活。如洗衣机、电冰箱、电子玩具等家用电器配上单片机后,提高了智能化程度,增加了功能,备受人们喜爱。单片机将使人类生活更加方便、舒适、丰富多彩。

思考题与习题

1. 什么是单片机,它与一般计算机有何区别?

2. 单片机主要应用于哪些领域?

实训二 单片机仿真软件的使用

为了方便单片机产品开发人员、工程技术人员、大中专学生学习使用和尽快掌握单片机技术,许多公司开发了能在 Window 环境下运行的单片机仿真集成开发系统。MedWin 集成开发环境是万利电子有限公司(简称万利公司)的高性能集成开发环境。它是集编辑、编译/汇编、在线仿真调试及模拟仿真调试为一体,Windows 风格的用户窗口,配合该公司的系列仿真器,可以方便地学习和使用 MCS-51 系列单片机。如果不使用该公司的仿真器,也可利用 MedWin 集成开发环境提供的模拟仿真功能,通过计算机模拟调试用汇编语言编写的软件程序,还可以模拟单片机中的定时器/计数器、中断、串口传送数据等,是初学单片机技术和工程技术人员的有效助手。

1. MedWin 集成开发环境的下载

MedWin 集成开发环境的安装程序可向万利公司索取或从 www.Manley.com.cn 下载,下载步骤如下:

(1) 打开“www.Manley.com.cn”网页,如图 1-2 所示。



图 1-2 万利电子网页

(2) 在“客户服务”栏中,双击“资料下载”,打开如图 1-3 所示的对话框。

(3) 双击“MedWinV2.39 中文版”,即可下载该软件。

2. MedWin 集成开发环境的安装

MedWin 集成开发环境的安装步骤如下:

(1) 执行“MedWinV2.39 中文版”的“setup.exe”命令,打开如图 1-4 所示的“安装—MedWinV2.39 中文版”对话框。



图 1-3 资料下载对话框

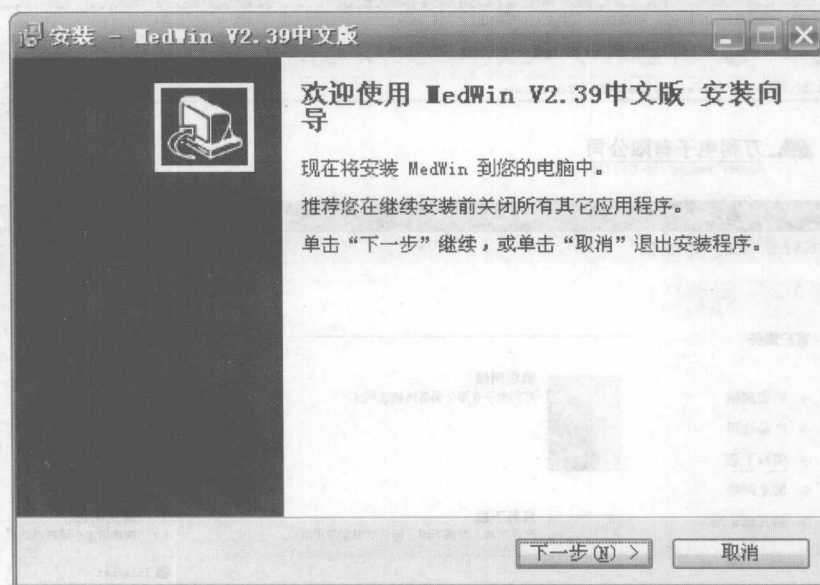


图 1-4 “安装—MedWinV2.39 中文版”对话框（一）

- (2) 单击“下一步”，打开图 1-5 所示的对话框，选择软件安装目录。
- (3) 单击“下一步”，打开图 1-6 所示的对话框，选择在哪儿放置程序快捷方式。
- (4) 单击“下一步”，打开图 1-7 所示的对话框，选择安装程序执行哪些附加任务。
- (5) 单击“下一步”，打开图 1-8 所示的对话框，准备开始安装。
- (6) 单击“安装”按钮，开始安装。安装完毕，打开如图 1-9 所示的 MedWinV2.39 安装完成对话框，单击“完成”按钮，完成安装。

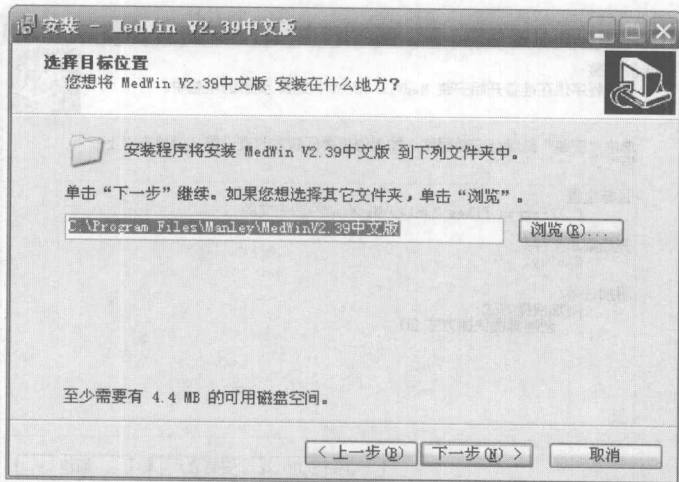


图 1-5 “安装—MedWinV2.39 中文版”对话框（二）

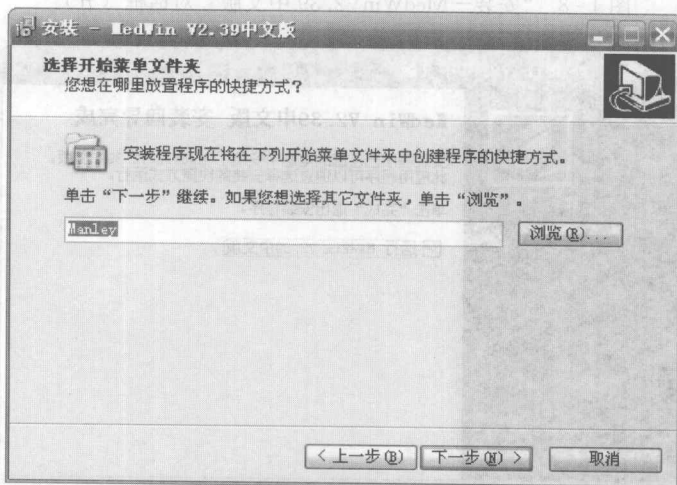


图 1-6 “安装—MedWinV2.39 中文版”对话框（三）

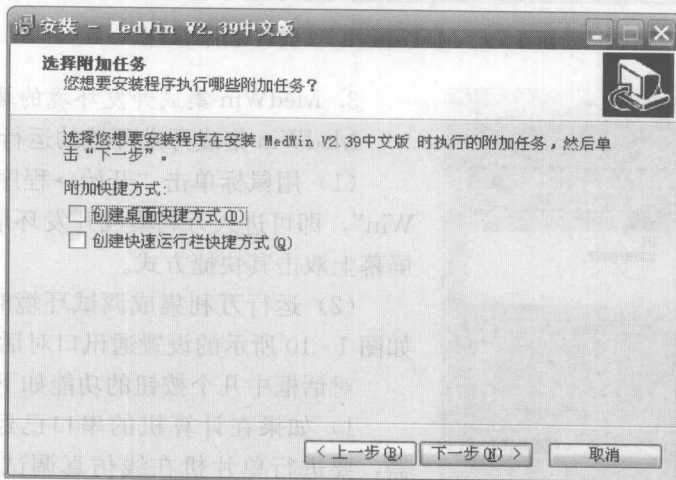


图 1-7 “安装—MedWinV2.39 中文版”对话框（四）