

普通高等教育“十一五”规划教材

16 位单片机原理及应用 学习与实验指导 (凌阳系列)

杜 刚 张东霞 编



中国电力出版社

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

普通高等教育“十一五”规划教材

16 位单片机原理及应用 学习与实验指导 (凌阳系列)

杜 刚 张东霞 编



中国电力出版社

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

内 容 提 要

本书是凌阳 16 位单片机的学习与实践教程,是与主教材《16 位单片机原理及应用(凌阳系列)》配套的学习与实验指导书。全书分两部分,第一部分是与教学实践密切相关的课程学习指导和习题解答;第二部分是针对凌阳 16 位单片机(SPCE061A)实验箱的实验指导。本书可作为高校“凌阳 16 位单片机”课程的学习与实验教材,还可作为广大单片机爱好者实践操作的自学指导书。

图书在版编目(CIP)数据

16 位单片机原理及应用学习与实验指导:凌阳系列 / 杜刚, 张东霞编. —北京:中国电力出版社, 2008
普通高等教育“十一五”规划教材
ISBN 978-7-5083-8111-4

I. 1… II. ①杜… ②张… III. 单片微型计算机—高等学校—教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 178033 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>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2008 年 12 月第一版 2008 年 12 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 15 印张 363 千字

定价 23.00 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

前言

为贯彻落实教育部《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》和《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》的精神,加强教材建设,确保教材质量,中国电力教育协会组织制订了普通高等教育“十一五”教材规划。该规划强调适应不同层次、不同类型院校,满足学科发展和人才培养的需求,坚持专业基础课教材与教育急需的专业教材并重、新编与修订相结合。本书为新编教材。

本书是凌阳 16 位单片机的学习与实践教程,是与中国电力出版社普通高等教育“十一五”规划教材——《16 位单片机原理及应用(凌阳系列)》配套的学习与实验指导书。

全书分两部分,第 1 部分是与教学密切相关的课程学习指导和习题解答。这一部分是与主教材对应的 10 章内容中每章的知识要点复习和习题解答。

第 2 部分是实验指导,此部分本着结合实际、提高学生动手能力的原则,使学生通过实验,加深对基本理论的理解,进一步增长知识,增加兴趣,增强技能。其中有基础性的验证实验,也有综合性与设计性的实验。这部分为 5 章。

第 11 章介绍了凌阳 16 位单片机(SPCE061A)实验箱的硬件组成结构、在线调试器的使用和 $\mu'nSPTM$ IDE 集成开发环境及基本操作。

第 12 章是 SPCE061A 基础应用实验,共有 23 个实验题目,这些实验是配合凌阳 16 位单片机学习的基础教学实验(主要对应于主教材中第 1 章到第 8 章的相关内容)。

第 13 章是语音实验,共有 5 个实验题目,这些实验体现了凌阳单片机语音控制的特色(对应于主教材中第 9 章的相关内容)。

第 14 章是分立模块实验,共有 6 个实验题目,主要针对 LCD 显示和 USB 通信的模块实验(对应于主教材中第 10 章的相关内容)。

第 15 章是综合实验,共有 12 个实验题目,涉及了键盘、显示、串行通信等相关常用单片机接口,每个实验题目均有一定的综合性,对提高学习者的综合实践能力很有帮助。这些实验可在对凌阳 16 位单片机(SPCE061A)有一定掌握的前提下选做。

本书内容丰富,可读性、可操作性和实用性强,强调理论与实践应用的结合和学生动手能力的培养与考察。融入了作者多年的教学和实践经验,书中的程序经过上机验证,可从中国电力出版社网站上免费下载程序的源代码,网址为 <http://jc.cepp.com.cn>。本书可作为高校“凌阳 16 位单片机”课程的学习与实验教材,也可作为凌阳 16 位单片机(SPCE061A)培训班的实验教材,还可作为广大单片机爱好者实践操作的自学指导书。

本书第一部分由中国地质大学（北京）杜刚副教授编写，第二部分由北京农业职业学院的张东霞副教授编写，全书由杜刚统稿审核。中国地质大学（北京）的卫晓娜、张楠、宋明磊、任杰、钟柯佳、闫天瑜、刘敏等在书稿的电路原理图绘制、编辑校对和实验程序调试等方面也付出了辛勤的劳动，在此表示衷心的感谢。本书在编写过程还得到北京北阳电子技术有限公司的袁军、李兆伟、王涛、刘学等工程师的大力支持，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免存在不足和错误之处，敬请广大读者批评指正。

编 者
2008 年 10 月

目 录

前 言

第 1 部分 学习辅导与习题解答

第 1 章 SPCE061A 单片机简介	1
1.1 学习辅导	1
1.2 习题解答	1
第 2 章 SPCE061A 单片机基本硬件结构	3
2.1 学习辅导	3
2.2 习题解答	5
第 3 章 指令系统	7
3.1 学习辅导	7
3.2 习题解答	7
第 4 章 程序设计	11
4.1 学习辅导	11
4.2 习题解答	13
第 5 章 集成开发环境 IDE	21
5.1 学习辅导	21
5.2 习题解答	21
第 6 章 时钟与定时/计数器	23
6.1 学习辅导	23
6.2 习题解答	24
第 7 章 中断系统	27
7.1 学习辅导	27
7.2 习题解答	28
第 8 章 SPCE061A 的其他片内资源	32
8.1 学习辅导	32
8.2 习题解答	38
第 9 章 凌阳语音技术	48
9.1 学习辅导	48
9.2 习题解答	52
第 10 章 SPCE061A 单片机接口电路与设计	61
10.1 学习辅导	61
10.2 习题解答	68

第 2 部分 实 验 指 导

第 11 章 凌阳 16 位单片机 (SPCE061A) 实验箱系统组成概述	73
11.1 实验箱各功能区域	73
11.2 在线调试器简介	76
11.3 $\mu'nSP^TM$ IDE 集成开发环境及基本操作	77
第 12 章 SPCE061A 基础应用实验	84
实验一 熟悉 $\mu'nSP^TM$ IDE 集成开发环境下汇编语言程序的编写	84
实验二 熟悉 $\mu'nSP^TM$ IDE 集成开发环境下 C 语言程序的编写	85
实验三 使用汇编语言实现 A 口的输出	86
实验四 使用 C 语言实现 A 口的输出	89
实验五 使用汇编语言实现 A 口作为输入口、B 口作为输出口	90
实验六 使用 C 语言实现 A 口作为输入口、B 口作为输出口	93
实验七 定时器 Timer A/B	95
实验八 系统时钟	96
实验九 FIQ 中断	98
实验十 IRQ0/IRQ1/IRQ2 中断	101
实验十一 IRQ4 中断	104
实验十二 IRQ5 中断	107
实验十三 IRQ6 中断	109
实验十四 外部中断 EXT1、EXT2	111
实验十五 键唤醒	114
实验十六 UART	116
实验十七 A/D 转换	117
实验十八 双通道 D/A	119
实验十九 一路输入的录音	120
实验二十 片内 2K SRAM 读写	122
实验二十一 32K FLASH 读写	124
实验二十二 SPR4096A FLASH 的擦除及其读写	125
实验二十三 SPR4096 SRAM 的读写	128
第 13 章 语音实验	130
实验一 SACM_A2000 自动播放	130
实验二 SACM_A2000 手动播放	140
实验三 SACM_A2000 与 SACM_S480 混合播放	142
实验四 SACM_DVR	147
实验五 SACM_MS01	150
第 14 章 分立模块实验	154
实验一 LCD 字符显示	154

实验二	LCD 汉字显示	156
实验三	LCD 图片显示	163
实验四	LCD 动态图片显示	167
实验五	LCD 几何图形显示	169
实验六	USB 通信	172
第 15 章	综合实验	179
实验一	6 位 8 段 LED 数码管显示	179
实验二	4×4 键盘输入在 LED 数码管上的显示	182
实验三	电子时钟	187
实验四	LED 点阵模块	194
实验五	4×4 键盘在 8×8LED 点阵上的应用	198
实验六	4×4 键盘播放语音	201
实验七	语音识别和 LCD 显示	204
实验八	带有背景音乐的动态图片	210
实验九	UART 控制液晶显示	212
实验十	0~3V 电压测量表	215
实验十一	录音笔	218
实验十二	USB 实现语音录放及其上传下载	222
参考文献		231

第1部分 学习辅导与习题解答

第1章 SPCE061A 单片机简介

1.1 学习辅导

1. SPCE061A 单片机简介

随着单片机功能集成化的发展,其应用领域也逐渐由传统的控制扩展到控制处理、数据处理以及数字信号处理(Digital Signal Processing, DSP)等领域,凌阳16位单片机就是为适应这种发展而设计的,它的CPU内核采用凌阳推出的 $\mu'nSP^{TM}$ (Microcontroller and Signal Processor)16位微处理器芯片。围绕 $\mu'nSP^{TM}$ 为内核所形成的不同型号16位 $\mu'nSP^{TM}$ 系列单片机(以下简称 $\mu'nSP^{TM}$ 家族)采用模块式集成结构,以 $\mu'nSP^{TM}$ 内核为中心集成不同规模的ROM、RAM和功能丰富的各种外设接口部件。

2. SPCE061A 单片机的特点

(1) 中断处理能力强。具有较强的中断处理能力,支持 $\mu'nSP^{TM}$ 家族中断系统的10个中断向量及10余个中断源,比较适合实时应用领域。

(2) 高性能价格比。 $\mu'nSP^{TM}$ 家族片内带有高寻址能力的ROM、静态RAM和多功能的I/O口。另外, $\mu'nSP^{TM}$ 的指令系统提供具有较快运算速度的16位 $\times$ 16位的乘法运算指令和内积运算指令,为其应用增添了DSP功能,使得 $\mu'nSP^{TM}$ 家族应用在复杂的数字信号处理方面既很便利,又比专用的DSP芯片廉价。

(3) 功能强、效率高的指令系统。 $\mu'nSP^{TM}$ 指令系统的指令格式紧凑、执行迅速,并且其指令结构提供了对高级语言的支持,这可以大大缩短产品的开发时间。

(4) 低功耗、低电压。 $\mu'nSP^{TM}$ 家族采用CMOS制造工艺,同时增加了软件激发的弱振方式、空闲方式和掉电方式,极大地降低了功耗。另外, $\mu'nSP^{TM}$ 家族的工作电压范围大,能在低电压供电时正常工作,且能用电池供电。这对于其在野外作业等领域中的应用具有特殊的意义。

1.2 习题解答

1. 什么是单片机?单片机的特性有哪些?如何分类?

单片机是利用半导体集成技术,将CPU、一定容量的随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、定时器/计数器、并行输入/输出接口和串行通信接口等多个功能部件集成在一个芯片上,具有完整计算机的结构和功能。单片机可以按CPU的字长进行分类,例如,4位机、8位机、16位机或32位机;也可以按指令系统分为复杂指令系统和精简指令系统。

2. $\mu'nSP^{TM}$ 系列单片机有哪些特点?

参见本章学习辅导。

3. SPCE061A 的结构特点是什么？它与一般单片机的区别是什么？

SPCE061A 采用现代电子技术、片上系统 SOC 技术设计而成，内部集成有 ADC、DAC、PLL、AGC、DTMF 和 LCD DRIVER 等电路。采用精简指令集，指令周期均以 CPU 时钟数为单位，另外兼有 DSP 芯片功能，内置有 16 位硬件乘法和加法器，具有 16 位×16 位的乘法运算指令和内积运算指令，大大加快了各种算法的运行速度。

4. SPCE061A 共有多少个并行 I/O 引脚？

32 个并行 I/O 引脚。

5. 开发 SPCE061A 单片机的基本过程？

SPCE061A 单片机学习开发系统将集成开发软件、下载线、编程器和仿真器结合了起来，整合了在线编程模块的功能，可轻松实现在线编程，开发过程简单。

SPCE061A 的在线仿真开发过程可以通过在线调试器 PROBE 实现。它既是一个编程器（即程序烧写器），又是一个实时在线调试器，用它可以替代在单片机应用项目的开发过程中常用的软件工具——硬件在线实时仿真器和程序烧写器。它运用了 SPCE061A 内置的 ICE 接口和凌阳公司的在线串行编程技术。

6. 试画出 SPCE061A 最小系统的电路图。

参见配套教材图 1-7。

第2章 SPCE061A 单片机基本硬件结构

2.1 学 习 辅 导

1. I/O 端口设置

SPCE061A 有 32 个可编程 I/O 端口, 分为两组: IOA0~15 口和 IOB0~15 口, 其中每一个端口都可以被单独设置为输入或者输出口。SPCE061A 的 I/O 口的输入输出方式是通过方向控制向量 Dir、属性向量 Attrib 和数据向量 Data 3 个向量组合控制的。I/O 口的组合控制设置见表 2-1。

表 2-1 I/O 端口的组合控制设置

Dir	Attrib	Data	功 能	功 能 描 述
0	0	0	下拉	带下拉电阻的输入方式
0	0	1	上拉	带上拉电阻的输入方式
0	1	0	悬浮	悬浮式输入方式
0	1	1	悬浮	悬浮式输入方式
1	0	X	反相输出	Data 数据位反相输出方式
1	1	X	同相输出	Data 数据位同相输出方式

注 端口位默认为带下拉电阻的输入管脚。

例如: 当要把 IOA 的低 8 位设置为同相低电平输出口时, Dir、Attrib 和 Data 3 个向量的设置见表 2-2, 在 SPCE061A 的 I/O 口被设置为输出口时, 当 Data 寄存器中的某一位写入“1”时, 该位所对应的端口输出高电平; 写入“0”时, 该位所对应的端口输出低电平。

表 2-2 IOA 的低 8 位设置为同相低电平输出口

向量	b15	b14	b13	b12	b11	b10	b9	b8	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
Dir	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Attrib	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Data	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

SPCE061A 单片机 C 语言编程设置端口的操作是通过指针来实现的, $\mu'nSPTM$ IDE 集成开发环境编译器所认可的指针是 16 位的, 例如对上述 IOA 的指针设置, 可以通过下面的语句来实现。

```
#define P_IOA_Data      (volatile unsigned int *)0x7000
#define P_IOA_Dir       (volatile unsigned int *)0x7002
#define P_IOA_Attrib    (volatile unsigned int *)0x7003
* P_IOA_Dir=0xffff;
* P_IOA_Attrib=0xffff;
* P_IOA_Data=0x0000;
```

其中,前面 3 条语句是定义指向 0x7000 (IOA 数据向量单元)、0x7002 (IOA 方向控制向量单元)和 0x7003 (IOA 属性向量单元)这 3 个向量单元的指针;后面 3 条语句用来给前面的 3 个向量单元送数据。例如, `#define P_IOA_Data(volatile unsigned int *)0x7000` 和 `*P_IOA_Data=0x0000` 两条语句表示 P_IOA_Data 指向 0x7000 这个地址单元,然后通过指针操作的方式把 0x0000 数据送到 0x7000 地址单元。

2. 片内存储器结构和 FLASH 操作

片内存储器采用统一编址形式,依地址从低到高依次分布着 SRAM、I/O 端口和系统端口、FLASH 中断向量。

其中 SPCE061A 片内有 2K 字的 SRAM (包括堆栈区),其地址范围为 0x0000~0x07FF。它的前 64 个字 (0x0000~0x003F 地址)可采用 6 位地址直接地址寻址方式,寻访速度为两个 CPU 时钟周期,其余地址范围内存储器的寻访速度为 3 个 CPU 时钟周期。

SPCE061A 片内还有 32K 字的内嵌式闪存 (FLASH),这 32K 字的闪存被划分为 128 个页 (page,每个页的存储容量为 256 字),第一页的地址范围为 0x8000~0x80ff,最后一页的地址范围为 0xff00~0xffff。它们在 CPU 空闲状态下均可通过编程被设置为只读或读/写工作方式。全部 32K 字闪存均可在 ICE 工作方式下被编程写入或被擦除。

FLASH 的控制端地址为 0x7555(P_Flash_Ctrl=0x7555)。

FLASH 的匹配数据为 0xAAAA(C_FLASH_MATCH=0xAAAA)。

FLASH 的页擦除控制字为 0x5511(C_FLASH_PAGE_ERASE=0x5511)。

FLASH 的字写入控制字为 0x5533(C_FLASH_1WORD_PGM=0x5533)。

FLASH 的顺序写入多字的控制字为 0x5544(C_FLASH_SEQUENT_PGM=0x5544)。

(1) FLASH 的页擦除过程如图 2-1 所示。

图中 Page_Address—擦除页的地址。例如,擦除第 32 页,则页地址可为 0xA0XX (X 可为任意数据)。

(2) FLASH 写入字的过程如图 2-2 所示。

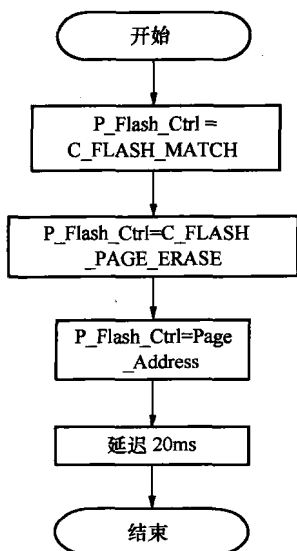


图 2-1 FLASH 的页擦除流程图

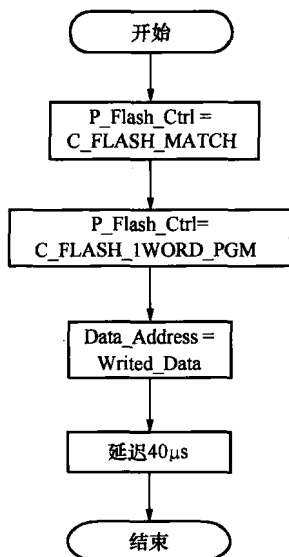


图 2-2 FLASH 写入字的流程图

图中 Data_Address — 被写数据的存储地址 (0x8000~0xffff), Writed_Data 为被写数据。

(3) FLASH 顺序写入多字的过程如图 2-3 所示。

FLASH 按顺序写入多字的程序当中, 在写结束时需要写入一个数据 (可以任意数) 到 P_Flash_Ctrl 寄存器当中, 以结束当前多字写入状态。

以上针对 FLASH 的操作中, 延时由硬件完成, 所以无需在软件当中设置软件的延时。

本章相关可选实验: 基础应用实验三至实验六、实验二十和实验二十一。

2.2 习题解答

1. μ^n SP™的内核主要由哪些部分组成?

主要有总线、算术逻辑运算单元、寄存器组、中断系统、堆栈等部分组成。

2. SPCE061A 单片机的工作寄存器有哪些? 它们的特点和作用是什么?

首先是通用型寄存器 R1~R4, 它们通常可分别用于数据运算或传送的源及目标寄存器; 而寄存器 R4 和 R3 配对使用还可组成一个 32 位的乘法结果寄存器 MR, 其中 R4 为结果的高字, R3 为结果的低字, 用于存放乘法运算或内积运算结果。堆栈指针寄存器 SP 用于调用/返回指令, 以及进入中断服务子程序或从中断返回时自动减少 (压栈) 或增加 (弹栈), 表示堆栈指针的移动。SP 起着管理堆栈的作用, 而且它始终都是指向堆栈顶部单元, 因此保证堆栈按照先进后出的原则处理数据。使用基址指针寄存器 BP 可直接存取 ROM 与 RAM 中的各种数据。段寄存器 SR 和程序计数器 PC 是管理程序执行次序的特殊功能寄存器。

3. SPCE061A 单片机的存储空间是怎么分配的?

参见配套教材第 18 页。

4. SPCE061A 单片机的内存 RAM 和堆栈是怎样的关系? 它们的空间有多大?

堆栈一般占用内存的一个区域, 用来存放因中断或子函数调用等而需要保存的一些数据。对于 SPCE061A 单片机而言, 这个区域就是 SRAM 的一部分, 只是它有特殊的存取数据的原则, 其地址在从 0x0000 到 0x07FF 的存储器范围中。

5. SPCE061A 单片机的闪存 FLASH 的读写流程是什么?

参见配套教材的第 20~21 页。

6. 简述 SPCE061A 单片机的输入/输出端口的作用和结构。

参见配套教材第 18 页。

7. SPCE061A 并行 I/O 有哪几种工作方式?

参见配套教材第 21 页。

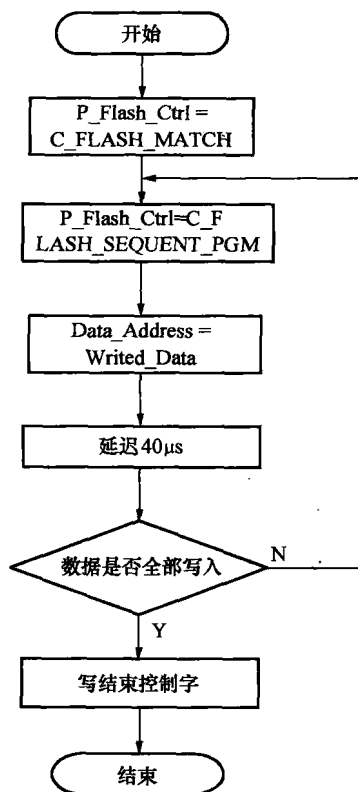


图 2-3 FLASH 顺序写入多字流程图

8. SPCE061A 并行 I/O 的向量控制是如何设置的?

参见本章学习辅导 1。

9. 简述 P_IOA_Data 与 P_IOA_Buffer 的区别。

P_IOA_Buffer (读/写) (7001H) 为 A 口的数据向量单元, 用于向数据向量寄存器写入或从该寄存器读出数据。当 A 口处于输入状态时, 写入是将 A 口的数据向量写入 A 口的数据寄存器; 读出则是从 A 口数据寄存器内读其数值。当 A 口处于输出状态时, 写入输出数据到 A 口的数据寄存器。对输出而言, P_IOA_Data 与 P_IOA_Buffer 是一样的; 但对输入而言, P_IOA_Data 读的是 I/O 管脚的值, P_IOA_Buffer 读的是 Buffer 寄存器的值。例如设 IOA[0] 作为输出, 并外接 LED 阳极 (LED 阴极接地), 若 P_IOA_Data 的 IOA[0] 为 1, 则外接 LED 会亮, 但此时 IOA[0] 管脚会被拉到一个很低的电压值。此时从 P_IOA_Data 读回为 0, 但从 P_IOA_Buffer 读回为 1。

10. SPCE061A 并行 I/O 有哪几种特殊功能?

参见配套教材第 28 页。

11. 利用 IOA 口循环点亮 16 个 LED 灯, 利用软件延时的方式, 时间间隔约为 1s。

```
#include "spce061a.h"
void main()
{
    int i,j;
    * P_IOA_Dir=* P_IOA_Dir|0xffff;           //同向低电平输出
    * P_IOA_Attrib=* P_IOA_Attrib|0xffff;
    * P_IOA_Data=* P_IOA_Buffer&0x0000;
    while(1)
    {
        j=1;
        for(i=0;i<8;i++)
        {
            Delay();
            * P_IOA_Data=j;
            j<<=1;                               //点亮灯的"位"左移
        }
    }
}
void Delay(void )                               //延时程序,约为 1s
{
    int j;
    for(j=0;j<0xffff;j++)
        * P_Watchdog_Clear=0x0001;
}
```

12. 看门狗具有什么功能? 简述 SPCE061A 的看门狗的工作方式。

参见配套教材第 29 页。

第3章 指令系统

3.1 学习辅导

SPCE061A 的汇编指令按其功能主要有数据传送指令、算术指令、逻辑指令、转移指令和控制指令。在程序运行中主要用到 R1~R4 共 4 个通用寄存器和 BP (R5), SP, PC, SR 共 4 个特殊功能寄存器。其中 R1~R4 一般作为目标寄存器或源寄存器, 参与数据传输或算术逻辑运算。

本章相关可选实验: 基础应用实验一和实验二。

3.2 习题解答

1. 指令的作用是什么? 它的特点是什么?

指令是 CPU 执行某种操作的命令, 指令系统是制造厂商在设计 CPU 时赋予它的功能, 用户必须正确地书写和使用, 学习和掌握指令的功能与应用是程序设计的基础, 十分重要。

2. 何为寻址方式? SPCE061A 单片机有哪几种寻址方式?

寻址方式是指令中说明寻找操作数所在地址的方法。SPCE061A 单片机的寻址方式有立即数寻址、寄存器寻址、直接寻址、寄存器间接寻址和变址寻址。

3. 不同的寻址方式的特点是什么? 它们各自适用的范围是什么?

立即数寻址的操作数紧跟在操作码之后。在这种寻址方式中, 操作数以立即数的形式出现, 立即数是一个 6 位或 16 位的常数, 前者范围是 0x00~0x3F, 后者范围是 0x0000~0xFFFF。

寄存器寻址是将要处理的数据放在相应的寄存器中。在这种寻址方式中, 操作数包含在寄存器中, 由指令指定寄存器的名称。

直接寻址是将要处理的数据放在直接指定地址的存储单元中。这种寻址方式在指令格式中直接给出了操作数的存储器地址, 供寻址数据或存取数据。直接寻址地址用方括号 [] 括起来, 表明是存储器操作数。

寄存器间接寻址是将要处理的数据的地址放在寄存器中, 即用寄存器中的数据作为存储单元的地址数值。这种寻址方式的操作数的地址由寄存器给出, 书写指令时, 寄存器需用 [] 括起来, 其格式为 {D:} [R]。省略 D 时, R 指向零页存储单元; D 不省略时, 由 R 和段寄存器 SR 中的数据段 DS 共同指向存储单元, 其中 DS 的值决定了存储器的页码。

变址寻址是将要处理的数据的地址分开放在基址和变址寄存器中, 即用一个寄存器 (称为基址寄存器) 中的数据作为存储单元的基本地址数值, 用另一个寄存器 (称为变址寄存器) 中的数据作为存储单元的偏移地址数值, 实际寻址单元的地址数值为两个寄存器内容之和。这种寻址方式下, 操作数的地址由基址和偏移量共同给出。

4. 计算数-100 与 0x0100 单元数据的差。

```
R1=-100
```

```
R1-=[0x0100]
```

5. 计算 15×66 , 结果存放于 R4 (高位) 和 R3 (低位) 中。

```
R1=15
R2=66
MR=R1* R2
```

6. 假设标志位的初始状态为: $N = 0, Z = 1, S = 0, C = 1$ 。0x0011 单元中的值为 0xEF0F, R1 = 0x0BD, R2 = 0x0011。执行 $R1 \&= [R2]$ 后, R1、R2、N、Z、S 和 C 分别等于多少?

```
R1=0x0011; R2=0x0011;
N=0; Z=0; S=0; C=1。
```

7. 设存储单元的内容为: (0020H) = 0010H, (0010H) = 0020H, 执行下列指令后 R1、R2、R3、R4 和 0030H 中的内容是多少?

```
R1=0020H
R2=[R1]
[0030H]=R2
R3=[0030H]
R4=[R3]
```

顺序执行上述指令后: R1 = 0020H, R2 = 0010H, R3 = 0010H, R4 = 0020H。

8. 利用不同的寻址方式将 0020H 到 0025H 的存储地址中的数分别存储到 0100H 到 0105H 的存储地址中。

```
R1=[0020H]
[0100H]=R1
R1=[0021H]
[0101H]=R1
R1=[0022H]
[0102H]=R1
R1=[0023H]
[0103H]=R1
R1=[0024H]
[0104H]=R1
R1=[0025H]
[0105H]=R1
```

9. 将地址为 0003H 的 SRAM 数据存储单元中的内容的低 8 位和高 8 位交换。

```
R1=[0X0003]
R2=R1&0x00FF
R3=0x0100
MR=R2* R3
R2=R1&0xFF00
R2=R2 LSR 4
R2=R2 LSR 4
R3|=R2
[0X1003]=R3
```

10. 下列程序执行后, 分析标志位的情况。

(1) R1 = 32767, R2 = 32767, 求两者之和。

```

R1=32767
R2=32767
R1+=R2

```

顺序执行上述指令后: $N=1$; $Z=0$; $S=0$; $C=0$ 。

(2) $R1=-12001$, $R2=-1$, 求两者之和。

```

R1=-12001
R2=-1
R1+=R2

```

顺序执行上述指令后: $N=1$; $Z=0$; $S=1$; $C=1$ 。

11. 编写程序完成下列乘法操作: $243 \times 125 \rightarrow (0100H, 0101H)$ 。

```

R1=243
R2=125
MR=R1* R2
[0100H]=R3
[0101H]=R4

```

顺序执行上述指令后: $N=0$; $Z=0$; $S=0$; $C=1$ 。

12. 已知: $(40H) = 55H$, $(41H) = AAH$, 分别写出执行下列要求的指令, 并写出 42H 单元的内容。

- (1) $(40H) \wedge (41H) \rightarrow (42H)$;
- (2) $(40H) \vee (41H) \rightarrow (42H)$;
- (3) $(40H) \oplus (41H) \rightarrow (42H)$ 。

```

(1) R1=[40H]
    R2=[41H]
    R1&=R2
    [42H]=R1

```

执行上述指令后, 42H 单元的内容为 0H。

```

(2) R1=[40H]
    R2=[41H]
    R1|=R2
    [42H]=R1

```

执行上述指令后, 42H 单元的内容为 FFH。

```

(3) R1=[40H]
    R2=[41H]
    R1^=R2
    [42H]=R1

```

执行上述指令后, 42H 单元的内容为 FFH。

13. 设 $R1 = 0120H$, $R5 = 0130H$, $(0120H) = 0006H$, $(0121H) = 0007H$, $(0122H) = 0008H$, $(0130H) = 000AH$, $(0131H) = 000BH$, $(0132H) = 000CH$, 执行命令 “ $MR = [R1] * [R5]$, us, 3” 后, $R3$ 与 $R4$ 分别等于多少?

执行指令后, $R3 = 0x00E9$, $R4 = 0x0000$ 。