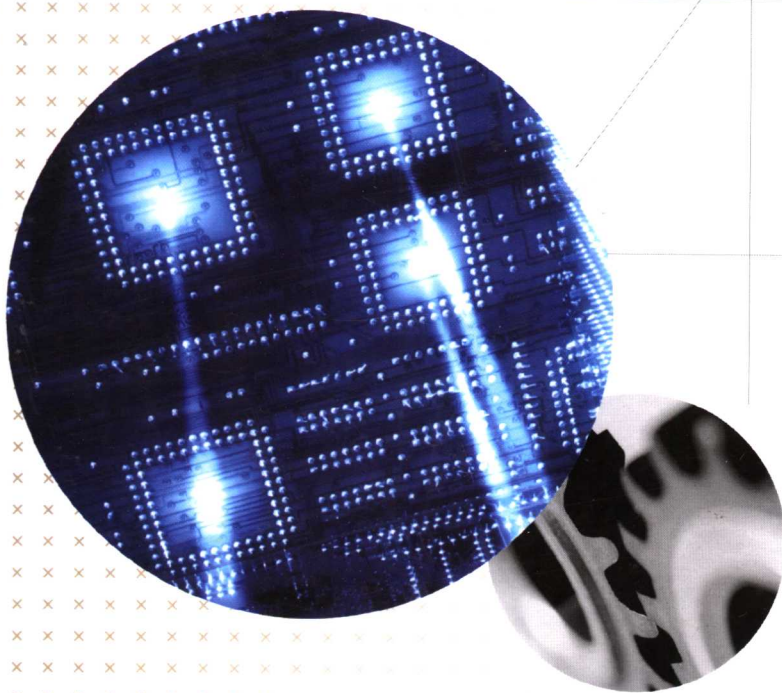


MSP430

单片机C语言应用程序设计

实例精讲

秦 龙 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

实例丰富
即学即用



电子工程应用
精讲系列

MSP430

单片机C语言应用程序设计

实例精讲

秦龙 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书通过大量的典型实例形式,详细介绍了MSP430单片机各种C语言应用专题程序设计的流程、方法、技巧及设计理念。全书共分31章,其中第1章简单介绍了开发MSP430的C语言的基础知识,第2章至第31章为本书的重点,通过30个典型的C语言专题应用实例,详细介绍了MSP430单片机的各种应用开发和使用技术。实例丰富,代表性强,涉及领域广,每个例子都有具体的硬件电路设计和程序设计,对读者有较高的学习和参考价值。

全书语言简洁,层次清晰,本书的所有程序代码都使用C语言实现,简单易学、易懂。本书比较适合计算机、自动化、电子及硬件等相关专业的院校学生进行学习,同时也可供从事单片机开发的科研设计人员参考使用。

本书配有一张光盘,光盘里包括了书中所有的程序代码,读者可参考借鉴,物超所值。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

MSP430单片机C语言应用程序设计实例精讲 / 秦龙编著. —北京:电子工业出版社, 2006.5

(电子工程应用精讲系列)

ISBN 7-121-02371-7

I. M… II. 秦… III. ①单片微型计算机, MSP430 ②C语言—程序设计 IV. ①TP368.1 ②TP312

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第018858号

责任编辑:张毅 葛娜

印刷:北京智力达印刷有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编100036

经销:各地新华书店

开本:787×1092 1/16 印张:24.75 字数:519千字

印次:2006年5月第1次印刷

印数:5000册 定价:42.00元(含光盘1张)

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010) 68279077。质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

丛书说明

工程技术的电子化、集成化和系统化促进了电子工程技术的发展，同时也促进了电子工程技术在社会各行业中的广泛应用，从近年的人才招聘市场来看，电子工程师的人才需求更是一路走高。

电子工程师如此紧俏，除需求不断走高，人才供不应求外，另一重要原因则是电子工程师的门槛相对而言比较高，这个高门槛则来自于工程师的“经验”和“实践”！

因此，为了满足读者学习和工作需要，解决各种工作中的专业问题，我们紧紧围绕“经验”和“实践”，精心策划组织了此套丛书。

1. 丛书范围

现代电子科学技术的一个特点是多学科交叉，因此，工程师应当了解、掌握 2 门以上的相关学科，知识既精深又广博是优秀的工程师成长为某领域专家的重要标志。本丛书内容涉及软件开发、研发电子以及嵌入式项目开发等，包括单片机、USB 接口、ARM、CPLD/FPGA、DSP、移动通信系统等。

2. 读者对象

本套书面向各领域的初、中级用户。具体为高校计算机、电子信息、通信工程、自动化控制专业在校大学生，以及从事电子开发和应用行业的科研人员。

3. 内容组织形式

本套书紧紧围绕“经验”和“实践”，首先介绍一些相关的基础知识，然后根据不同

的模块或应用领域，分篇安排应用程序实例的精讲。基础知识用来为一些初级读者打下一定的知识功底；基础好一点的读者则可以跳过这一部分，直接进入实例的学习。

4. 实例特色

在应用实例的安排上，着重突出“应用”和“实用”两个基本原则，安排具有代表性、技术领先性，以及应用广泛的典型实例，让读者学习借鉴。这些实例是从作者多年程序开发项目中挑选出的，也是经验的归纳与总结。

在应用实例的讲解上，既介绍了设计原理、基本步骤和流程，也穿插了一些经验、技巧与注意事项。特别在程序设计思路上，在决定项目开发的质量和成功与否的细节上，尽可能地用简洁的语言来清晰阐述大众易于理解的概念和思想；同时，程序代码部分做了很详细的中文注释，有利于读者举一反三，快速应用和提高。

5. 光盘内容

本套书的光盘中包含了丰富的实例原图文件和程序源代码，读者稍加修改便可应用于自己的工作中或者完成自己的课题（毕业设计），物超所值。读者使用之前，最好先将光盘内容全部复制到电脑硬盘中，以便于以后可以直接调用，而不需要反复使用光盘，提高操作速度和学习效率。

6. 学习指南

对于有一定基础的读者，建议直接从实例部分入手，边看边上机练习，这样印象会比较深，效果更好。基础差一点的读者请先详细学习书中基础部分的理论知识，然后再进行应用实例的学习。在学习中，尽量做到反复理解和演练，以达到融会贯通、举一反三的功效；特别希望尽量和自己的工作设计联系起来，以达到“即学即会，学以致用”的最大化境界。

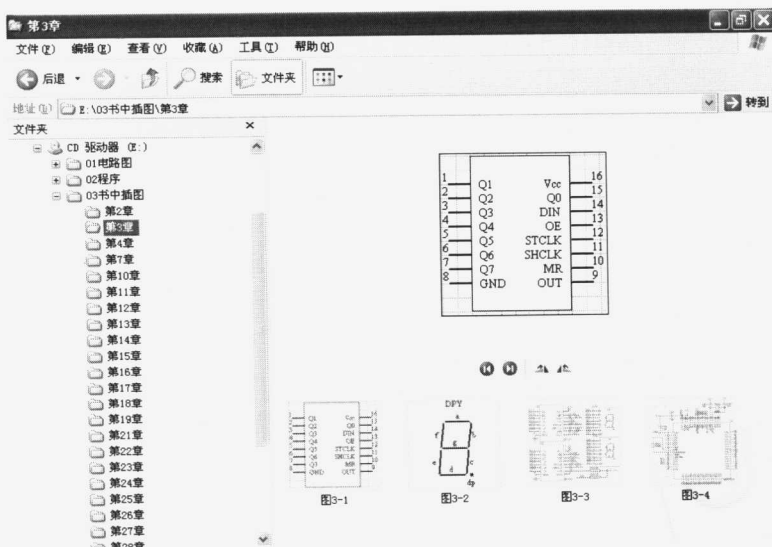
本套书主要偏重于实用性，具有很强的工程实践指导性。期望读者在学习中顺利、如意！

光盘说明

1. 光盘的内容说明

该光盘包括 3 个文件夹：“电路图”、“程序”、“书中插图”。

- ✓ “电路图”文件夹里面的内容为各章的电路图，由 Prote199 软件制成。
- ✓ “程序”文件夹里面的内容为各章的程序代码。
- ✓ “书中插图”文件夹里面的内容为各章的插图，bmp 格式。



2. 光盘的使用说明

光盘里面的程序需要采用 C 语言的编译软件进行打开阅读，也可以使用“UltraEdit”

等软件打开阅读或者编辑。但是这些程序必须使用“Embedded Workbench”集成开发环境进行编译调试。如果需要硬件支持的，则必须有硬件支持，才能进行运行。

光盘里面的电路图是用 Protel99 软件制成的，所以必须使用该软件打开。

3. 系统要求

该光盘需要的硬件系统只需要一般的 PC 机就可以，但考虑到 Word 软件比较耗资源，内存最好在 128MB 以上。操作系统需要是 Windows 98 或者 Windows 98 以上，但不能是 Linux 或者 UNIX 系统。

前言

MSP430 系列单片机是一种 16 位的单片机。由于它具有集成度高、外围设备丰富、超低功耗等优点，因此在许多领域内除超低功耗外，得到了广泛的应用。特别是它的超低功耗特性是目前其他单片机不可比拟的。另外，由于 MSP430F 系列单片机具有非常强的处理能力，最高可以达到 2MIPS，因此非常适合一些对处理速度要求比较高的嵌入式系统。

MSP430 系列单片机可采用汇编语言和 C 语言进行开发。由于采用 C 语言开发可以大大提高开发效率，缩短开发周期，并且采用 C 语言开发的程序具有非常好的可读性和移植性，因此使用 C 语言开发 MSP430 系列单片机就非常简单；由于适用于 MSP430 系列单片机的 C 语言与标准 C 语言兼容度高，并且 IAR 公司提供的 Embedded Workbench 集成开发环境人机界面友好，能很好地支持 C 语言开发，因此**本书的程序都是采用 C 语言进行开发的**。

本书内容

本书首先介绍了 C 语言的基本知识，使读者能使用 C 语言进行程序设计；然后介绍了 30 个开发例子。全书主要通过实例的形式来介绍 MSP430 单片机在不同领域中的应用，从而使读者掌握 MSP430 单片机开发的流程、方法、技巧及设计思想。第 1 章介绍了 MSP430 开发的 C 语言的基础，对开发 MSP430 单片机有着非常重要的作用。第 2 章至第 31 章重点介绍一些具体的开发实例，包括硬件设计和程序设计。

本书特色

(1) 全书实例涉及的应用领域比较广，有一定的代表性。针对每一个例子，都有详细的程序代码，读者可以直接借鉴使用。

(2) 本书的例子全部采用 C 语言实现。对于本书的程序，有的只是实现了一个基本框架或者只介绍了关键代码，读者可以根据自己的情况，举一反三，丰富程序功能，实现自己的更为完整的系统。

(3) 本书配套光盘里面包含了本书中用到的所有程序代码，方便读者的学习和使用。通过对本书实例的学习，相信读者能循序渐进地掌握 MSP430 单片机的开发技术，并且能够做到触类旁通，在自己的开发设计中灵活运用。

本书主要由秦龙编写，另外，参与编写的人还有田莉、钱林杰、张晓平、王渝梅、金成江、李志江、肖毅、刘轶、刘云志、路鸢等，他们在资料收集与整理、硬件设计与程序调试和技术支持方面做了大量的工作，在此一并向他们表示感谢！

由于时间仓促，再加之作者的水平有限，书中难免存在一些不足之处，欢迎广大读者批评和指正。

作 者

作者简介

本书作者具有多年从事 DSP 和单片机的开发经验。在 DSP 方面，先后使用 TMS320C54XX 系列芯片从事语音信号处理和数字信号处理等相关项目的开发。在单片机方面，先后使用了 Cygnal 的 C8051F0XX 系列、Microchip 的 PIC 系列、TI 的 MSP430 系列等多种单片机，在无线通信传输、电子医疗、自动控制等领域进行项目开发，并取得过不错的成绩。另外，本书作者先后在《声学学报》、《计算机工程与设计》、《微计算机信息》、《工业控制计算机》等杂志及“全国数据通信会议”等学术会议上发表过多篇论文。

目

录

第 1 章 MSP430 开发的 C 语言基础 1

1.1 C 语言基本知识 1

1.1.1 标志符与关键字 1

1.1.2 数据的基本类型 2

1.1.3 C 语言的运算符 5

1.1.4 程序设计的基本结构 8

1.1.5 函数 14

1.1.6 数组 19

1.1.7 指针 20

1.1.8 结构 22

1.1.9 预处理功能 25

1.2 MSP430 的 C 语言扩展特性 28

1.2.1 MSP430 的 C 语言的 扩展概述 28

1.2.2 MSP430 的 C 语言的扩展 关键字 31

1.2.3 MSP430 的 #pragma 编译命令 34

1.2.4 MSP430 的预定义符号 39

1.2.5 MSP430 的本征函数 40

1.2.6 MSP430 的段定义 43

附录 A 相关头文件 46

1.3 MSP430 的开发调试环境 53

1.3.1 Embedded Workbench 概述 53

1.3.2 Embedded Workbench 的安装 54

1.3.3 Embedded Workbench 的使用 57

第一篇 输入显示

第 2 章 4×4 键盘设计 74

2.1 键盘电路设计及原理 74

2.1.1 键盘电路 74

2.1.2 单片机电路 75

2.1.3 电源电路及复位电路 76

2.2 一般 I/O 口方式的程序设计 77

2.3 中断功能方式的程序设计 81

2.4 实例总结 82

第 3 章 LED 数码管显示电路的设计 83

3.1 LED 显示电路设计 83

3.1.1 74HC595 芯片 83

3.1.2 LED 数码管 84

3.1.3 LED 显示电路设计 84

3.1.4 单片机电路 85

3.2 显示电路的程序设计 86

3.3	实例总结	90
第4章	单片机与液晶模块的	
	接口设计与程序	91
4.1	硬件设计	91
4.1.1	驱动芯片	91
4.1.2	接口电路设计	92
4.2	软件设计	93
4.2.1	液晶模块操作	93
4.2.2	软件设计	94
4.3	实例总结	102
 第二篇 算法实现		
第5章	MSP430 的 CRC	
	程序设计实现	104
5.1	CRC 的原理与算法	104
5.1.1	CRC 算法的原理	104
5.1.2	CRC 算法的实现	105
5.2	CRC 的程序实现	107
5.2.1	位运算算法的程序实现	107
5.2.2	查表法的程序实现	109
5.3	实例总结	112
第6章	基于单片机的中文	
	输入法程序的实现	113
6.1	实现原理	113
6.2	软件设计	114
6.2.1	汉字内码获得	115
6.2.2	点阵数据获取	117
6.3	实例总结	119
第7章	基于单片机的数据	
	压缩算法的实现	120

7.1	压缩算法原理	120
7.1.1	Huffman 算法原理	120
7.1.2	Huffman 树	121
7.1.3	使用 Huffman 算法	
	压缩数据	122
7.2	程序介绍	122
7.2.1	队列处理	123
7.2.2	Huffman 树的生成	124
7.2.3	Huffman 编码	125
7.3	实例总结	127

第8章	基于 MSP430 实现的	
	FIR 滤波器	128

8.1	FIR 滤波器原理和	
	设计方法	128
8.1.1	FIR 滤波器的原理	128
8.1.2	FIR 滤波器的设计	129
8.2	定点程序实现	130
8.2.1	运算的定点模拟	130
8.2.2	定点程序实现	131
8.3	实例总结	133

第9章	基于 MSP430 实现的	
	FFT 算法	134

9.1	算法原理	134
9.2	定点程序实现	136
9.2.1	定点运算的基本操作	136
9.2.2	程序实现	138
9.3	实例总结	143

第10章	MSP430 串口通信的	
	波特率自动识别	144

10.1	实现原理	144
------	------------	-----

10.1.1	系统组成	144
10.1.2	识别原理	145
10.2	程序实现	146
10.2.1	初始化设置	146
10.2.2	速率自动识别	147
10.2.3	串口通信程序	150
10.3	实例总结	151

第三篇 存储应用

第 11 章	串行存储器 24LC02B 的设计与应用	154
11.1	硬件接口设计	154
11.1.1	24LC02B 芯片	154
11.1.2	串行存储器电路	155
11.2	软件设计	156
11.2.1	I ² C 协议	156
11.2.2	I ² C 协议的程序实现	158
11.2.3	24LC02B 的读写操作	163
11.3	实例总结	167
第 12 章	MSP430 单片机与 NAND FLASH 的接口设计	168
12.1	硬件设计	168
12.1.1	K9F1208U0M 芯片	168
12.1.2	接口电路设计	170
12.1.3	单片机电路	171
12.2	软件设计	172
12.2.1	K9F1208U0M 芯片操作	172
12.2.2	控制线模拟程序	174
12.2.3	数据读操作程序	175
12.2.4	数据写操作程序	176
12.2.5	擦除程序	178

12.2.6	测试程序	179
12.3	实例总结	181

第四篇 采集与测量

第 13 章	A/D 转换器 TLV2541 的设计与应用	184
13.1	硬件接口电路设计	184
13.1.1	TLV2541 芯片	184
13.1.2	接口电路设计	185
13.1.3	单片机电路	186
13.2	软件设计	187
13.3	实例总结	191
第 14 章	D/A 转换器 DAC8830 接口设计与应用	192
14.1	硬件接口电路设计	192
14.1.1	DAC8830 芯片	192
14.1.2	接口电路设计	193
14.1.3	电源电路	194
14.2	软件设计	195
14.3	实例总结	200
第 15 章	ADS1241 的接口设计与实现	201
15.1	硬件接口电路设计	201
15.1.1	ADS1241 芯片	201
15.1.2	接口设计	203
15.1.3	单片机电路	205
15.2	软件设计	206
15.2.1	寄存器及控制命令	206
15.2.2	ADS1241 的操作实现	207
15.2.3	测试程序	212

15.3 实例总结	213	18.3 实例总结	240
第 16 章 基于 MSP430 实现的 数字温度测量系统	214	第 19 章 基于 MSP430 单片机 实现的交流电压测量	241
16.1 硬件设计	214	19.1 电路设计	241
16.1.1 TMP100 芯片	214	19.1.1 MCP601 芯片	241
16.1.2 接口电路设计	215	19.1.2 极性转换电路设计	242
16.2 软件设计	216	19.1.3 输入处理电路设计	242
16.2.1 TMP100 操作	216	19.2 程序设计	244
16.2.2 TMP100 操作的实现	218	19.2.1 初始化程序	244
16.3 实例总结	221	19.2.2 采集程序	245
第 17 章 基于 MSP430 定时器实现的 DAC	222	19.3 实例总结	246
17.1 硬件设计	222	第 20 章 基于 MSP430 单片机 实现的车速里程表	248
17.1.1 实现原理	222	20.1 硬件设计	248
17.1.2 滤波器设计	223	20.1.1 显示电路	249
17.1.3 电路设计	224	20.1.2 存储器电路	249
17.2 软件设计	225	20.1.3 单片机电路	250
17.2.1 DAC 分辨率	225	20.2 软件设计	250
17.2.2 信号的频率	225	20.2.1 初始化	250
17.2.3 程序设计	226	20.2.2 中断处理	252
17.3 实例总结	228	20.2.3 主处理	252
第 18 章 数据采集系统的 设计与实现	230	20.3 实例总结	256
18.1 硬件电路设计	230	第 21 章 MSP430 单片机与 DS1820 的接口设计与程序	257
18.1.1 接口电路设计	230	21.1 硬件设计	257
18.1.2 单片机电路	231	21.1.1 DS1820 芯片	257
18.2 软件设计	232	21.1.2 接口电路设计	258
18.2.1 初始化设置	233	21.2 软件设计	259
18.2.2 中断服务程序	234	21.2.1 单总线协议	259
18.2.3 主处理程序	235	21.2.2 DS1820 操作	261

21.2.3 DS1820 操作的 程序实现	262
21.3 实例总结	265
第 22 章 实时时钟芯片 DS1302 的设计与应用	266
22.1 硬件设计	266
22.1.1 DS1302 芯片	266
22.1.2 接口电路设计	267
22.2 软件设计	268
22.2.1 DS1302 的操作	268
22.2.2 程序设计	269
22.3 实例总结	274
第 23 章 基于 BQ26500 实现的 电源监测系统	275
23.1 硬件设计	275
23.1.1 BQ26500 芯片	275
23.1.2 接口电路设计	276
23.2 软件设计	277
23.2.1 HDQ 总线	277
23.2.2 HDQ 协议的实现	278
23.2.3 BQ26500 操作的实现	281
23.3 实例总结	284

第五篇 通信应用

第 24 章 基于 MSP430 实现的 红外传输系统	286
24.1 硬件设计	286
24.1.1 HDSL-7001 芯片	287
24.1.2 HDSL-3201 芯片	288
24.1.3 接口电路设计	289

24.2 软件设计	290
24.2.1 初始化设置	290
24.2.2 中断服务程序	291
24.2.3 主处理程序	292
24.3 实例总结	294

第 25 章 MSP430 与 PC 机 通信的设计与实现	295
25.1 硬件设计	295
25.1.1 SP3220 芯片	295
25.1.2 接口设计	296
25.2 软件设计	297
25.2.1 初始化设置	297
25.2.2 串口中断服务程序	299
25.2.3 主处理程序	300
25.3 实例总结	302

第 26 章 基于 MSP430 单片机 实现的无线 MODEM	303
26.1 硬件设计	303
26.1.1 CMX469A 芯片	304
26.1.2 CMX469A 芯片 接口设计	305
26.1.3 串口设计	305
26.2 软件设计	306
26.2.1 初始化及管脚模拟	307
26.2.2 CMX469A 操作	309
26.2.3 UART 串口通信	311
26.3 实例总结	315

第 27 章 基于 MSP430 实现的 楼宇对讲系统	316
27.1 硬件设计	316

27.1.1	主机设计	317
27.1.2	楼层译码器设计	317
27.2	软件设计	318
27.2.1	发送编码数据处理	319
27.2.2	拨号处理	320
27.3	实例总结	324
第 28 章 MSP430 单片机与 DSP 的 HPI 接口的设计与实现		
28.1	硬件设计	325
28.1.1	HPI 口	325
28.1.2	DSP 的 HPI 接口设计	327
28.1.3	单片机电路	327
28.2	软件设计	328
28.2.1	HPI 口的寄存器	329
28.2.2	单片机程序	329
28.2.3	DSP 程序	333
28.3	实例总结	338
第 29 章 基于 MSP430 单片机实现的无线传输模块		
29.1	硬件设计	339
29.1.1	nRF2401 芯片	339
29.1.2	接口电路	341
29.1.3	单片机电路	342
29.2	软件设计	343
29.2.1	nRF2401 芯片操作	343
29.2.2	软件设计	345
29.3	实例总结	349

第六篇 控制应用

第 30 章 基于 MSP430 单片机的步进电机控制器的设计与实现		352
30.1	控制器电路设计	352
30.1.1	电机驱动电路	352
30.1.2	串口通信电路	353
30.1.3	单片机电路	354
30.1.4	电源电路	356
30.2	控制器软件设计	356
30.2.1	初始化模块	356
30.2.2	电机驱动模块	357
30.2.3	串口通信模块	362
30.2.4	主处理模块	363
30.3	实例总结	365
附录 A 其他程序模块		365
第 31 章 基于 MSP430 单片机实现的 CAN 通信系统		
31.1	硬件设计	369
31.1.1	MCP2510 芯片	370
31.1.2	硬件接口电路设计	371
31.2	软件设计	372
31.2.1	MCP2510 芯片操作	372
31.2.2	SPI 数据传输模块的实现	373
31.2.3	MCP2510 操作模块的实现	375
31.3	实例总结	380

第 1 章

MSP430 开发的 C 语言基础

MSP430 系列单片机是一种 16 位的单片机。它集成功能丰富，内存也比较大，适合开发比较复杂的系统，C 语言是其开发的首选程序设计语言。采用 C 语言开发主要有以下优点：大大提高软件开发的工作效率；提高程序的可靠性、可读性和可移植性。本章用较短的篇幅来介绍一下 C 语言程序设计的基本概念，同时也介绍一下 MSP430 的 C 语言的扩展特性。

1.1 C 语言基本知识

MSP430 系列支持标准的 C 语言，在标准的 C 语言基础上进行了扩展，因此掌握标准 C 语言对开发 MSP430 系列单片机有着非常重要的作用。下面针对 MSP430 开发介绍一些 C 语言的开发基础。

1.1.1 标志符与关键字

1. 标志符

C 语言中的标志符可以作为变量名、函数名、数组名、类型名及文件名。它可以是一个字符，也可以是多个字符。标志符必须以字母或者下划线开始，后面可以跟字母、数字或者下划线。例如：_Data、nIndex 是正确的形式，而 2Index、n%则是错误的形式。在 C 语言中，标志符要求区分大小写，也就是说大写和小写的标志符被当做不同的标志符。例

如: Index 和 index 是两个不同的标志符,所以在这一点上需要特别引起注意,这就要求在写程序时要有良好的习惯。

2. 关键字

关键字是一种含有特殊意义的标志符。关键字又称保留字。关键字在编译器中已经有了定义,所以不能再进行重新定义,需要加以保留。用户在定义自己的变量或者函数的时候千万不要使用关键字,否则就会出现一些错误。在 C 语言的编译系统中主要有以下几种类型的关键字。

- 数据类型关键字: auto, char, const, double, enum, extern, float, int, long, register, sizeof, short, static, struct, typedef, union, unsigned, void, volatile 等。该类型关键字主要用于定义一些变量或者函数。例如: `int nIndex`;该语句就是定义一个 int 类型的数据。这里不同的关键字有不同含义,需要在使用的時候加以区分。
- 程序控制关键字: break, case, continue, default, do, else, for, goto, if, return, switch, while 等。该类型的关键字主要用于程序的控制。例如:

```
int n = 9;
int m;
if(n < 10)
{
    m=10;
}
else
{
    m = 11;
}
```

该代码运行后的结果就为: m=10。

- 预处理功能关键字: define, endif, ifdef, ifndef, include, undef 等。该类型的关键字主要用于进行预处理。例如: `#include <msp430x14x.h>`表示包括 msp430x14x.h 头文件。

1.1.2 数据的基本类型

标准 C 语言中主要有整数型、实型和字符型。下面就这几种类型进行具体的介绍。

1. 整型数据

整型数据里面主要包括 int、short、long 等。不同类型的整数类型的变量具有不同的整