



秦 龙

飞思科技产品研发中心

编著

监制

十八个实用且易学的基础模块实例
三个综合实例可提升系统设计能力

MSP

430 单片机 常用模块与综合系统 实例精讲

采用实例形式精讲流行单片机系列
关注常用模块与综合应用系统开发
详细介绍各种开发技术和使用技巧
提供硬件原理图和程序源代码下载



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

 秦 龙
飞思科技产品研发中心 编著
监制

MSP

430 单片机

常用模块与综合系统

实例精讲



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书针对目前流行的 MSP430 单片机系列, 通过以实例精讲的形式, 详细介绍 MSP430 单片机常用模块与综合应用系统设计的方法与技巧。全书共分 3 篇, 第 1 篇为基础知识篇, 简要介绍 MSP430 单片机的硬件内部结构、C 语言基础, 以及 MSP430 的开发调试环境; 第 2 篇为 MSP430 单片机常用模块设计实例篇, 通过 18 个模块实例, 详细介绍 MSP430 单片机的各种开发技术和使用技巧, 这些模块实例典型、实用, 易学易懂, 几乎涵盖了 MSP430 单片机所有的开发技术; 第 3 篇通过两个综合系统设计实例, 对前面 MSP430 单片机的常用模块进行了综合应用设计, 经过此篇的学习, 读者对 MSP430 单片机综合系统设计的能力将迅速提升, 产生质的飞跃。

书中实例的程序源代码、实例插图和实例电路图, 请读者到 <http://www.fecit.com.cn> 的“下载专区”下载。

本书适合高校计算机、自动化、电子及硬件等相关专业的学生, 以及从事 MSP430 单片机的科研人员使用。

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 单片机常用模块与综合系统实例精讲 / 秦龙编著. —北京: 电子工业出版社, 2007.7

ISBN 978-7-121-04057-3

I. M… II. 秦… III. 单片微型计算机 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 086371 号

责任编辑: 裴杰

印 刷: 北京智力达印刷有限公司

装 订: 北京中新伟业印刷有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 31.5 字数: 907.2 千字

印 次: 2007 年 7 月第 1 次印刷

印 数: 5 000 册 定价: 49.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

编写本书的目的

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，以及超低功耗等优点，因此在许多领域内得到了广泛的应用。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，MSP430F 系列单片机具有非常强的处理能力，因此非常适合一些对处理要求比较高的嵌入式系统。

MSP430 系列单片机支持 C 语言开发。采用 C 语言开发可以大大提高开发效率，缩短开发周期，并且开发的程序具有较好的可读性和移植性，因此本书的程序都是采用 C 语言进行开发的。

目前市场上虽然有一些 MSP430 单片机的书籍，但介绍编程语言和基础原理的较多，而对常用模块的开发实例涉及甚少，从常用模块到综合应用系统的实例提升更是处于空白。本书正是为了弥补这种空白而编写的。

本书内容安排

本书从工程实用的角度出发，针对目前流行的 MSP430 单片机系列，通过以实例精讲的形式，详细介绍 MSP430 单片机常用模块与综合应用系统设计的方法与技巧。全书共分 3 篇，第 1 篇为基础知识篇，简要介绍 MSP430 单片机的硬件内部结构、C 语言基础，以及 MSP430 的开发调试环境，读者经过学习，可以了解一些基本的 MSP430 单片机知识；第 2 篇为 MSP430 单片机常用模块设计实例篇，重点通过 18 个模块实例，详细介绍 MSP430 单片机的各种开发技术、使用技巧与设计思想，这些模块实例典型、实用，读者易学易懂；第 3 篇安排了两个综合系统设计实例，对前面的 MSP430 单片机常用模块进行了综合应用，这两个例子功能比较完善，应用性广，具有很强的参考价值，并附有详细的程序代码。经过此篇学习，读者可以快速提高对 MSP430 单片机综合系统设计的能力。

本书优势和特色

与同类型书相比，本书主要具备如下的一些优势和特色：

(1) 本书内容安排合理，由易到难，基础知识与大量实例相结合，边讲边练。使读者学习轻松、上手容易。

(2) 本书介绍了丰富的 MSP430 单片机常用模块实例，这些实例实用、典型，易学易

懂，并且全部调试通过，涵盖了几乎所有的 MSP430 单片机开发技术。为读者提供了难得的学习途径。

(3) 最后安排了两个综合系统设计实例，对 MSP430 单片机的基本知识和常用模块进行了综合应用，有利于读者举一反三，实现从入门到精通的学习目的。

(4) 本书不但详细介绍了 MSP430 单片机的硬件接口设计和模块化编程，而且提供了综合系统设计思路，对实例的所有程序代码进行了详细注释，利于读者理解和巩固知识点。

(5) 本书安排了大量的思考练习题，帮助读者解决学习中遇到的种种问题，加深和巩固所学知识点。

(6) 本书附随书光盘，光盘中储存有实例中硬件接口的原理图和程序源代码，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，物超所值。

本书适合高校计算机、自动化、电子及硬件等相关专业的学生，以及从事 MSP430 单片机的科研人员使用。

本书主要由秦龙编写，另外参与编写的人有：田莉、钱林杰、张晓平、王渝梅、金成江、李志江、肖毅、刘轶、刘云志、路莺、廖小军、张振宇、顾军、黄磊、周杰、廖济林、庞丽梅、邱远彬、黄乘传、黄小欢等，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。

编 著 者

飞思科技产品研发中心

联系方式

咨询电话：(010) 68134545 88254160

电子邮件：support@fecit.com.cn

服务网址：http://www.fecit.com.cn http://www.fecit.net

通用网址：计算机图书、飞思、飞思教育、飞思科技、FECIT

第 1 篇 基础知识篇

第 1 章	MSP430 单片机的硬件内部结构	3
1.1	MSP430 的 CPU	3
1.2	存储器组织结构	4
1.3	基础时钟与低功耗	12
1.4	I/O 端口	16
1.5	定时器	26
1.6	比较器	41
1.7	FLASH 模块	44
1.8	USART 模块	46
1.9	ADC 模块	52
1.10	本章小结	58
1.11	思考练习题	58
第 2 章	MSP430 单片机开发的 C 语言基础	61
2.1	C 语言基本知识	61
2.1.1	标识符与关键字	61
2.1.2	数据的基本类型	62
2.1.3	C 语言的运算符	64
2.1.4	程序设计的基本结构	67
2.1.5	函数	72
2.1.6	数组	76
2.1.7	指针	78
2.1.8	结构	79
2.1.9	预处理功能	82
2.2	MSP430 的 C 语言扩展特性	84
2.2.1	MSP430 的 C 语言的扩展概述	84
2.2.2	MSP430 的 C 语言的关键字扩展	86
2.2.3	MSP430 的 #pragma 编译命令	89
2.2.4	MSP430 的预定义符号	93
2.2.5	MSP430 的本征函数	94

2.2.6	MSP430 的段定义.....	96
2.3	本章小结	99
2.4	思考练习题	99
第 3 章	MSP430 单片机的开发调试环境	101
3.1	Embedded Workbench 概述.....	101
3.2	Embedded Workbench 的安装.....	102
3.3	Embedded Workbench 的具体使用.....	104
3.3.1	开始创建	104
3.3.2	程序调试	111
3.3.3	程序举例	114
3.4	本章小结	117
3.5	思考练习题	117

第 2 篇 常用模块设计实例篇

第 4 章	通用 I/O 模块: 扫描键盘设计实例.....	121
4.1	实例内容说明	121
4.2	硬件电路设计	122
4.2.1	电源电路	122
4.2.2	复位电路	122
4.2.3	键盘电路	122
4.2.4	单片机电路	123
4.3	软件设计	124
4.3.1	查询方式	124
4.3.2	中断方式	127
4.4	实例总结	129
4.5	思考练习题	129
第 5 章	通用 I/O 模块: 电视遥控器的设计实例.....	131
5.1	实例内容说明	131
5.2	硬件电路设计	131
5.2.1	电源电路	132
5.2.2	键盘电路	132
5.2.3	红外发送电路	132
5.2.4	单片机电路	133
5.3	软件设计	134
5.3.1	初始化	134
5.3.2	键盘处理程序	134
5.3.3	发送程序	137
5.3.4	测试程序	140
5.4	实例总结	141
5.5	思考练习题	141

第 6 章 定时器模块：充电器设计实例	143
6.1 实例内容说明	143
6.2 硬件电路设计	144
6.2.1 BUCK 转换电路	144
6.2.2 单片机电路	145
6.3 软件设计	145
6.3.1 初始化程序	146
6.3.2 采集程序	149
6.3.3 主程序	150
6.4 实例总结	152
6.5 思考练习题	152
第 7 章 定时器模块：电机控制设计实例	153
7.1 实例内容说明	153
7.2 硬件电路设计	154
7.2.1 电源电路	154
7.2.2 驱动电路	154
7.2.3 单片机电路	155
7.3 软件设计	156
7.3.1 初始化程序	156
7.3.2 电机驱动程序	158
7.3.3 主处理程序	164
7.4 实例总结	164
7.5 思考练习题	167
第 8 章 I²C 模块：串行存储器接口设计实例	169
8.1 实例内容说明	169
8.2 硬件电路设计	169
8.2.1 24LC02B 芯片介绍	170
8.2.2 串行存储器电路	170
8.3 软件设计	171
8.3.1 I ² C 协议	171
8.3.2 初始化程序	173
8.3.3 24LC02B 的操作实现	175
8.3.4 测试程序	179
8.4 实例总结	181
8.5 思考练习题	181
第 9 章 I²C 模块：利用 I²C 实现的多机系统实例	183
9.1 实例内容说明	183
9.2 硬件电路设计	183
9.3 软件设计	184
9.3.1 多机通信介绍	185
9.3.2 程序设计	189

9.4	实例总结	197
9.5	思考练习题	197
第 10 章	A/D 模块: 电阻测量系统设计实例	199
10.1	实例内容说明	199
10.2	硬件电路设计	199
10.2.1	电流源电路	200
10.2.2	放大器电路	200
10.2.3	跟随器电路	201
10.3	软件设计	201
10.3.1	初始化程序	202
10.3.2	A/D 采集程序	204
10.3.3	测试程序	205
10.4	实例总结	208
10.5	思考练习题	208
第 11 章	A/D 模块: 称重系统设计实例	209
11.1	实例内容说明	209
11.2	硬件电路设计	210
11.2.1	全桥传感器电路	210
11.2.2	单片机电路	211
11.3	软件设计	211
11.3.1	测量分析	211
11.3.2	初始化程序	212
11.3.3	测量程序	213
11.3.4	测试程序	215
11.4	实例总结	216
11.5	思考练习题	216
第 12 章	比较器模块: 风扇控制系统设计实例	217
12.1	实例内容说明	217
12.2	硬件电路设计	217
12.2.1	风扇接口电路	218
12.2.2	单片机电路	218
12.3	软件设计	219
12.3.1	温度采集的原理分析	219
12.3.2	温度采集程序实现	220
12.3.3	风扇控制的程序实现	224
12.3.4	测试程序	227
12.4	实例总结	228
12.5	思考练习题	228
第 13 章	电压检测模块: SVS 设计实例	231
13.1	实例内容说明	231

13.2	硬件电路设计.....	231
13.2.1	告警电路.....	232
13.2.2	单片机电路.....	232
13.3	软件设计.....	233
13.3.1	SVS 模块介绍.....	233
13.3.2	串行存储器操作.....	234
13.3.3	告警处理.....	238
13.4	实例总结.....	240
13.5	思考练习题.....	240
第 14 章	通用串口模块: PC 通信系统设计实例.....	241
14.1	实例内容说明.....	241
14.2	硬件电路设计.....	241
14.2.1	SP3220 芯片介绍.....	241
14.2.2	串口电路设计.....	242
14.3	软件设计.....	243
14.3.1	初始化程序.....	243
14.3.2	中断服务程序.....	244
14.3.3	测试程序.....	246
14.4	实例总结.....	249
14.5	思考练习题.....	249
第 15 章	通用串口模块: MMC 接口设计实例.....	251
15.1	实例内容说明.....	251
15.2	硬件电路设计.....	251
15.2.1	MMC 介绍.....	252
15.2.2	接口电路设计.....	253
15.3	软件设计.....	253
15.3.1	MMC 卡操作介绍.....	253
15.3.2	SPI 的实现.....	254
15.3.3	MMC 卡操作程序实现.....	255
15.3.4	测试程序.....	261
15.4	实例总结.....	262
15.5	思考练习题.....	262
第 16 章	液晶显示模块: 温度测量系统设计实例.....	263
16.1	实例内容说明.....	263
16.2	硬件电路设计.....	263
16.2.1	AD7416 介绍.....	264
16.2.2	温度测量电路.....	264
16.2.3	LCD 电路.....	265
16.2.4	单片机电路.....	265
16.3	软件设计.....	266
16.3.1	温度测量程序.....	266

16.3.2	LCD 显示程序	272
16.3.3	测试程序	275
16.4	实例总结	276
16.5	思考练习题	276
第 17 章	液晶显示模块: 实时时钟设计实例	277
17.1	实例内容说明	277
17.2	硬件电路设计	278
17.2.1	S-3530A 介绍	278
17.2.2	时钟电路	279
17.2.3	LCD 显示电路	279
17.2.4	单片机电路	280
17.3	软件设计	281
17.3.1	时钟程序	281
17.3.2	LCD 显示程序	285
17.3.3	测试程序	287
17.4	实例总结	288
17.5	思考练习题	288
第 18 章	SCAN IF 模块: 旋转检测设计实例	289
18.1	实例内容说明	289
18.2	硬件设计	290
18.2.1	SCAN IF 介绍	290
18.2.2	硬件电路设计	292
18.3	软件设计	293
18.3.1	寄存器介绍	293
18.3.2	SCAN IF 相关程序实现	298
18.4	实例总结	302
18.5	思考练习题	302
第 19 章	SCAN IF 模块: 水表流量测量系统设计	305
19.1	实例内容说明	305
19.2	硬件设计	306
19.2.1	LCD 显示电路	306
19.2.2	实时时钟电路	306
19.2.3	存储器电路	307
19.2.4	IC 卡电路	307
19.2.5	告警电路	308
19.2.6	单片机电路	309
19.3	软件设计	310
19.3.1	I ² C 模块	310
19.3.2	告警处理模块	317
19.3.3	主处理模块	317
19.4	实例总结	320

19.5 思考练习题	320
第 20 章 存储器模块: FLASH 编程实现	323
20.1 实例内容说明	323
20.2 硬件电路设计	323
20.3 软件设计	324
20.3.1 寄存器介绍	324
20.3.2 FLASH 操作程序	326
20.3.3 串口程序	327
20.3.4 测试程序	329
20.4 实例总结	333
20.5 思考练习题	333
第 21 章 存储器模块: NAND 接口设计实例	335
21.1 实例内容说明	335
21.2 硬件设计	335
21.2.1 K9F1208U0M 芯片介绍	335
21.2.2 接口电路设计	336
21.2.3 单片机电路	337
21.3 软件设计	338
21.3.1 K9F1208U0M 芯片操作介绍	338
21.3.2 NAND 操作程序	340
21.3.3 测试程序	348
21.4 实例总结	349
21.5 思考练习题	349

第 3 篇 综合系统设计实例篇

第 22 章 MODEM 有线采集传输平台设计实例	353
22.1 实例内容说明	353
22.2 硬件设计	354
22.2.1 电源设计	354
22.2.2 串口设计	356
22.2.3 MODEM 接口设计	357
22.2.4 存储接口设计	359
22.2.5 采集模块设计	363
22.2.6 单片机模块设计	363
22.3 软件设计	364
22.3.1 串口程序设计	365
22.3.2 存储程序设计	369
22.3.3 传输程序设计	380
22.3.4 采集设计	392
22.3.5 测试程序	395
22.4 本章总结	405

22.5 思考练习题	416
第 23 章 GSM 无线采集传输平台设计实例	417
23.1 实例内容说明	417
23.2 系统硬件设计	418
23.2.1 电源设计	418
23.2.2 串口设计	419
23.2.3 GSM 模块接口设计	420
23.2.4 串行存储接口设计	422
23.2.5 采集控制模块设计	423
23.2.6 单片机模块	424
23.3 系统软件设计	425
23.3.1 串口程序设计	425
23.3.2 存储程序设计	429
23.3.3 短消息程序设计	433
23.3.4 采集控制程序设计	444
23.3.5 测试程序	446
23.4 本章总结	450
23.5 思考练习题	461
附录 A MSP430F1XX 单片机系列简介	463
A.1 MSP430F11X 系列单片机	463
A.2 MSP430F12X 系列单片机	465
A.3 MSP430F13X 系列单片机	467
A.4 MSP430F14X 系列单片机	471
附录 B 全书思考练习题答案	477

第 1 篇

基础知识篇

第 1 章 MSP430 单片机的硬件内部结构

第 2 章 MSP430 单片机开发的 C 语言基础

第 3 章 MSP430 单片机的开发调试环境

MSP430 单片机的硬件内部结构

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，因此在除超低功耗以外的许多领域内得到了广泛的应用。本章将主要介绍 MSP430 单片机的硬件结构知识。

1.1 MSP430 的 CPU

MSP430 的内核 CPU 结构是按照精简指令集和高透明的宗旨来设计的。MSP430 系列采用的是“冯·诺依曼”结构，ROM 和 RAM 在同一地址空间，使用同一组地址数据总线。MSP430 系列单片机采用的是 16 位结构的 CPU，它采用了精简、高透明、高效率的正交设计，包括一个 16 位的算术逻辑单元（ALU）、16 个寄存器和一个指令控制单元。16 个寄存器中有 4 个特殊的功能寄存器和通用寄存器。4 个特殊的功能寄存器分别是：程序计数器（PC）、堆栈指针（SP）、状态寄存器和常数发生器。程序计数器是用来表示下一条即将执行指令的地址，也就是说程序执行的地方，采用 C 语言写程序的时候可以不必关心该寄存器。堆栈指针主要用在系统调用子程序或者进入中断服务程序的时候对程序计数器的保护，就是保护程序的现场情况，采用 C 语言写程序时不必关心该寄存器。常数发生器主要用来产生常数，采用 C 语言写程序时也不必关心该寄存器。状态寄存器用来设置某些比特位来控制 CPU 的行为或者通过某些位来反映 CPU 的状态，在写 C 语言或者汇编语言时都需要用户设置适当的比特位或者读取适当的比特位，从而控制 CPU 的运行行为，因此该寄存器非常重要，图 1-1 给出了该寄存器的结构。

15~9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
保留	V	SCG1	SCG0	OscOff	CPUOff	GIE	N	Z	C

图 1-1 状态寄存器的结构

图 1-1 给出了状态寄存器的具体比特分配，为了理解每个比特的意义，下面对各个比

特的含义进行详细的介绍。

- C：进位标志位。当运算结果产生进位的时候 CPU 将该位设置为 1，否则该位的值为 0。
- Z：零标志位。当运算结果为 0 的时候设置该位为 1，否则该位的值为 0。
- N：负标志位。当运算结果为负的时候 CPU 将该位设置为 1，否则该位的值为 0。
- GIE：中断控制位。该位为中断允许位，将该位设置为 1 的时候，允许中断；如果该位设置为 0 的时候，禁止所有的中断。该位需要用户在写程序的时候根据自己的需要进行设置。
- CPUOff：CPU 控制位。如果将该位设置为 1，则 CPU 进入关闭模式，这时除了 RAM 内容、端口和寄存器保持外，CPU 处于停止状态；可以通过某种中断将 CPU 唤醒。如果将该位设置为 0，则 CPU 处于工作状态。
- OscOff：晶振控制位。如果将该位设置为 1，晶体振荡器处于停止状态；如果将该位设置为 0，则晶体振荡器处于工作状态。如果要设置该位为 1，还必须同时设置 CPUOff 为 1。
- SCG0：该位与 SCG1 结合使用，用来控制系统时钟的 4 种状态。见表 1-1。
- SCG1：该位与 SCG0 结合使用，用来控制系统时钟的 4 种状态。见表 1-1。
- V：溢出标志位。如果运算结果超出范围，则 CPU 将该位设置为 1；否则该位的内容为 0。

表 1-1 系统时钟的状态

SCG1	SCG0	系统时钟的状态
0	0	SMCLK, ACLK
0	1	SMCLK, ACLK
1	0	ACLK
1	1	ACLK

由表 1-1 可以看出，适当设置 SCG1 和 SCG0 两个比特位可以控制系统时钟的状态。

1.2 存储器组织结构

由于 MSP430 系列单片机采用的是“冯·诺依曼”结构，因此它的 ROM 和 RAM 都在同一地址空间，虽然不同型号的单片机具有不同容量的存储器，但是它们都分配在 0000H~FFFFH 范围内，存储器是按线性方式组织的。在 0000H~FFFFH 范围内从低到高分别是：特殊功能寄存器、外围模块寄存器、数据存储器、程序存储器和中断向量表。为了有一个直观的认识，下面给出几种单片机的存储器组织图。

图 1-2 所示为 MSP430F11X 系列单片机的存储器结构图，00H~0FH 为特殊功能寄存器，主要包括 4 个特殊功能寄存器和通用寄存器。10H~FFH 为宽为 8 比特的寄存器，这些寄存器是 8 位外围模块使用的寄存器。100H~1FFH 为宽为 16 比特的寄存器，这些寄存器是 16 位外围模块使用的寄存器。从 200H 到 C00H 这一地址范围是 RAM 存储器，不同型号的单片机具有不同的 RAM 空间，如 MSP430F110 的 RAM 空间为：200H~27FH，而