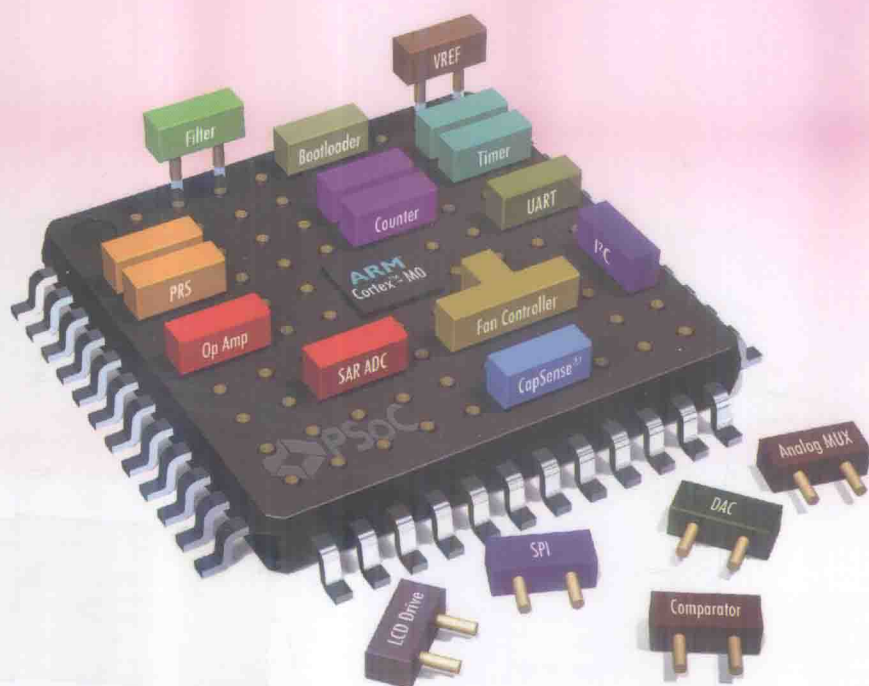


PSoC4 技术与应用

王广君 主编



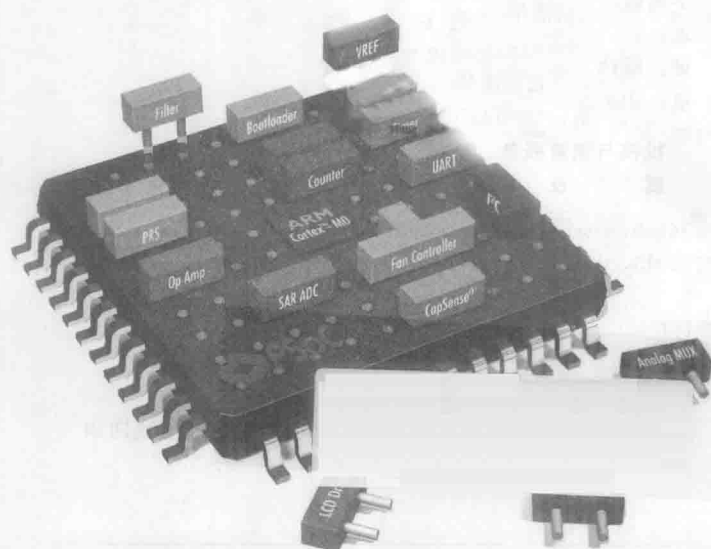
清华大学出版社

PSoC4

技术与应用

王广君 主 编

冀连杰 李东明 张 怀 副主编
曾旭明 向常州 陈晓梦



清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

PSoC 是集成了模拟可编程电路、数字可编程电路、CPU 和外围设备的可编程片上系统(Programmable System on Chip)。PSoC4 是 Cypress 公司 2013 年 4 月新推出的一款成本低廉的片上系统,主要资源包括高性能的 32 位 ARM Cortex-M0 微处理器内核、高性能的模拟模块、高度可编程的数字模块、1.71~5.5V 的低电源工作范围、电容传感器、LCD 驱动、串行通信接口、时钟和 PWM 模块,高达 36 个可编程通用 IO 口,并支持串行线调试和编程,可广泛应用于工业控制、仪器仪表、触摸屏设计等领域,也是大学生学习单片机、嵌入式系统等相关课程、进行电子设计竞赛、科技创新的首选方案。

本书可作为大学 PSoC 课程的理论和实验教材,同时也可作为利用 PSoC 技术从事产品开发的工程技术人员参考用书。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

PSoC4 技术与应用/王广君主编.--北京:清华大学出版社,2014

ISBN 978-7-302-37395-7

I. ①P… II. ①王… III. ①现场可编程门阵列—程序设计 IV. ①TP331.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 163350 号

责任编辑:孙 坚 赵从棉

封面设计:傅瑞学

责任校对:王淑云

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:28.5

字 数:689 千字

版 次:2014 年 11 月第 1 版

印 次:2014 年 11 月第 1 次印刷

印 数:1~2500

定 价:58.00 元

产品编号:058522-01



PSoC 是可编程片上系统(Programmable System on Chip),它把一般系统设计需要的模拟可编程电路、数字可编程电路、CPU 和外围设备巧妙地集成在一个芯片上,实现一个单片可编程应用系统。PSoC 4 是 Cypress(赛普拉斯)公司 2013 年 4 月新推出的一款成本低廉的片上系统,主要资源包括高性能的 32 位 ARM Cortex-M0 微处理器内核、高性能的模拟模块、高度可编程的数字模块、1.71 ~ 5.5 V 的低电源工作范围、电容传感器、LCD 驱动、串行通信接口、时钟和 PWM 模块。高达 36 个可编程通用 I/O 口,并支持串行线调试和编程,可广泛应用于工业控制、仪器仪表、触摸屏设计等领域,也是大学生学习单片机、嵌入式系统等相关课程、进行电子设计竞赛、科技创新的首选方案。

本书共分三部分,第一部分是基础知识篇,首先简要介绍了 PSoC 3/5 芯片的原理和内部资源,在此基础上详细介绍了 PSoC 4 的原理和内部资源,并介绍了 PSoC 开发工具的操作使用方法。第二部分是基础实践篇,详细介绍了 PSoC 4 每个模块的开发过程,给出了具体的实验实例。本书的实验与一般翻译厂家 PDF 的内容不同,书中每个实验实例都是作者自己设计,并且都在开发板上调试通过。书中给出的所有实验代码都是可执行代码,用户可以直接使用。第三部分是高级实践篇,以超声波测距、MP3 音乐播放器为例介绍了利用 PSoC 4 进行系统开发过程。由于 PSoC 3/5 和 PSoC 4 的软件开发工具是一样的,本书所有内容基本上适用于 PSoC 3/5 的开发应用。

为配合本书的发行,作者研制了 PSoC 的系列开发板,包括 PSoC 3/5 系列和 PSoC 4 系列的开发平台和对应的 Mini 板,第二篇和第三篇所有实验内容都是在 PSoC 4 的开发平台 CFDP-042 上面调试完成的。书中详细介绍了 CFDP-042 开发平台的结构和资源。

参加本书编写的主要有李东明博士、向常州博士和我的几个研究生。冀连杰同学参加了 PSoC 开发板的设计与调试工作,参与了整个教材的校对工作,并执笔编写了第 5、26~28 章,参与修订了 6~10 章;向常州博士执笔编写了第 1~4 章;李东明博士参与编写了 6~10 章;陈晓梦同学参与编写了第 11~15 章;曾旭明博士生参与编写了 16~20 章;张怀同学执笔编写了 21~25 章。

本书可作为大学 PSoC 课程的理论和实验教材,也可供工程技术人员开发使用。本书对应的 PSoC 系列开发平台可以作为大学 PSoC 实验室的实验教学设备,也可以供工程技术人员进行二次开发。对应的 Mini 板可以作为大学生电子设计竞赛和科技创新活动的核心控制板使用。

本书是在赛普拉斯公司中国区大学计划经理魏荣博士的指导下完成的。魏博士为本书

的编写提供了基本的素材,并对本书的编写给出了很多具体建议,在此,对魏博士表示衷心的感谢!本书的编写得到了华中地区 EDA 研究会同仁的支持,也得到了中国地质大学(武汉)资产与实验室设备处的大力支持,在此一并表示感谢!

教材编写力求清晰、详细。由于我们的能力和水平有限,书中定有不妥之处,恳请读者给予批评指正。编者 Email: gjwang@cug.edu.cn。

编者

于中国地质大学(武汉)

2014 年 7 月

第一篇 基础知识篇

第 1 章 PSoC 概述	3
1.1 PSoC 历史	3
1.2 赛普拉斯 PSoC	4
第 2 章 PSoC 4 系列	5
2.1 PSoC 4 系列概述	5
2.2 Cortex-M0 处理器	6
2.3 中断	7
2.3.1 中断的特性	7
2.3.2 中断的工作原理	7
2.4 存储器	9
2.5 系统资源	10
2.5.1 输入/输出系统	10
2.5.2 时钟系统	10
2.5.3 电源系统	11
2.5.4 运行模式	13
2.5.5 电源模式	13
2.5.6 看门狗定时器	15
2.5.7 复位	15
2.6 模拟系统	17
2.6.1 精确基准源	17
2.6.2 SAR ADC 模块	17
2.6.3 低功耗比较器	19
2.6.4 CTBm	20
2.6.5 LCD 段直接驱动	21
2.6.6 CapSense 技术	23
2.6.7 温度传感器	24

2.7 数字系统	25
2.7.1 通用数字模块	25
2.7.2 定时器/计数器/PWM 模块	31
2.7.3 串行通信模块	33
第3章 PSoC 3/5 系列	39
3.1 PSoC 3 系列简介	39
3.2 PSoC 5 系列简介	41
3.3 芯片选型	43
第4章 编程及调试	45
4.1 PSoC Creator 简介	45
4.2 创建工程和编程	46
4.3 调试	49
第5章 CFDP-042 平台简介	51
5.1 CFDP-042 平台概述	51
5.2 CFDP-042 平台的系统组成	52
5.3 CFDP-042 平台硬件电路介绍	53
5.3.1 系统供电电源	53
5.3.2 下载仿真电路	54
5.3.3 RGB 七彩 LED 电路	54
5.3.4 独立按键电路	55
5.3.5 蜂鸣器驱动电路	55
5.3.6 CapSense 电容触摸电路	55
5.3.7 LCD 显示接口电路	56
5.3.8 SD 卡接口电路	56
5.3.9 网口电路	57
5.3.10 串口通信电路	58
5.3.11 TMP05 温度传感器电路	58
5.3.12 MPU6050 姿态传感器电路	59
5.3.13 音频 VS1053 电路	59
5.4 CFDP-042 平台硬件 PCB 实现	60
5.5 CFDP-042 平台典型实验	61

第二篇 基础实践篇

第6章 运算放大器	65
6.1 运算放大器说明	65
6.1.1 CTBm 概述	65

6.1.2	CTBm 工作原理	65
6.1.3	寄存器列表	70
6.2	实例 1: 高阻抗缓冲器设计	70
6.2.1	设计目标	71
6.2.2	设计过程	71
6.2.3	调试及结果	74
6.3	实例 2: 同相增益放大电路设计	74
6.3.1	设计目标	76
6.3.2	设计过程	76
6.3.3	调试及结果	81
6.4	实例 3: 有源低通滤波器设计	82
6.4.1	设计目标	83
6.4.2	设计过程	83
6.4.3	调试及结果	90
6.5	实例 4: 积分电路设计	91
6.5.1	设计目标	92
6.5.2	设计过程	93
6.5.3	调试及结果	100
第 7 章	模数转换器	101
7.1	ADC 说明	101
7.1.1	ADC 组件概述	101
7.1.2	SARADC 核	102
7.1.3	多路模拟选择开关	105
7.1.4	SAR ADC 寄存器及其描述	109
7.1.5	SAR ADC 组件的 API 接口函数	110
7.2	实例: 单通道电压采集	111
7.2.1	设计目标	111
7.2.2	设计过程	111
7.2.3	调试及结果	118
第 8 章	数模转换器	119
8.1	DAC 说明	119
8.1.1	DAC 组件概述	119
8.1.2	DAC 直流电器特性	120
8.1.3	DAC 组件的 API 接口函数	120
8.2	实例: IDAC 实验	121
8.2.1	设计目标	121
8.2.2	设计过程	121

8.2.3 调试及结果	127
第9章 低功耗比较器	129
9.1 低功耗比较器说明	129
9.1.1 低功耗比较器概述	129
9.1.2 比较器的配置	130
9.1.3 比较器的寄存器列表	132
9.1.4 低功耗比较器的 API 接口函数	132
9.2 实例：低功耗比较器实验	133
9.2.1 设计目标	133
9.2.2 设计过程	133
9.2.3 调试及结果	141
第10章 内核温度传感器	142
10.1 内核温度传感器说明	142
10.1.1 内核温度传感器概述	142
10.1.2 工作原理	142
10.1.3 内核温度传感器配置	143
10.1.4 内核温度传感器使用方法	144
10.2 实例：内核温度采集	144
10.2.1 设计目标	144
10.2.2 设计过程	145
10.2.3 调试及结果	150
第11章 GPIO	151
11.1 GPIO 说明	151
11.1.1 GPIO 模块框图	151
11.1.2 GPIO 特性	151
11.1.3 引脚组件	151
11.1.4 驱动方式	154
11.1.5 应用程序编程接口	156
11.2 实例：LED 跑马灯	156
11.2.1 设计目标	156
11.2.2 设计过程	156
11.2.3 调试及结果	160
第12章 中断	162
12.1 中断说明	162
12.1.1 特性	162

12.1.2	中断实现	162
12.1.3	中断工作原理	163
12.1.4	中断源	163
12.1.5	中断使能/禁止	165
12.1.6	中断组件	166
12.2	实例：按键中断实验	167
12.2.1	设计目标	167
12.2.2	设计过程	167
12.2.3	调试及结果	171
第 13 章	寄存器	172
13.1	寄存器说明	172
13.1.1	控制寄存器	172
13.1.2	状态寄存器	173
13.1.3	移位寄存器	175
13.2	实例 1：控制寄存器控制 LED 闪烁	178
13.2.1	设计目标	178
13.2.2	设计过程	178
13.2.3	调试及结果	181
13.3	实例 2：数据移位	181
13.3.1	设计目标	181
13.3.2	设计过程	181
13.3.3	调试及结果	186
第 14 章	定时器	188
14.1	定时器说明	188
14.1.1	看门狗定时器	188
14.1.2	定时器组件	189
14.2	实例 1：定时器实验	193
14.2.1	设计目标	193
14.2.2	设计过程	193
14.2.3	调试及结果	199
第 15 章	计数器	200
15.1	计数器说明	200
15.1.1	特性	200
15.1.2	组件参数配置	200
15.1.3	应用程序编程接口	203
15.2	实例：秒表设计	203

15.2.1	设计目标	203
15.2.2	设计过程	203
15.2.3	调试及结果	212
第 16 章	PWM 模块	213
16.1	PWM 说明	213
16.1.1	PWM 模块说明	213
16.1.2	带死区模式的 PWM	214
16.1.3	TCPWM 寄存器及操作	215
16.1.4	PWM 的 API 接口函数	217
16.2	实例: PWM 控制 LED 闪烁	218
16.2.1	设计目标	218
16.2.2	设计过程	218
16.2.3	调试及结果	222
第 17 章	正交解码器	223
17.1	正交解码器说明	223
17.1.1	正交解码器模块概述	223
17.1.2	QuadDec 操作配置	224
17.1.3	QuadDec 的 API 接口函数	225
17.2	实例: 正交编码信号解码	225
17.2.1	设计目标	225
17.2.2	设计过程	225
17.2.3	调试及结果	230
第 18 章	伪随机序列发生器	231
18.1	伪随机序列说明	231
18.1.1	伪随机序列模块概述	231
18.1.2	伪随机序列的生成方式	232
18.1.3	伪随机模式的配置	232
18.1.4	PRS 的 API 接口函数	233
18.2	实例: 伪随机序列发生器	234
18.2.1	设计目标	234
18.2.2	设计过程	234
18.2.3	调试及结果	237
第 19 章	循环冗余校验	238
19.1	循环冗余校验说明	238
19.1.1	循环冗余校验模块	238

19.1.2	常用标准多项式	239
19.1.3	CRC 的 API 接口函数	240
19.2	实例 1: 循环冗余校验码的生成及显示	240
19.2.1	设计目标	240
19.2.2	设计过程	241
19.2.3	调试及结果	246
19.3	实例 2: 带循环冗余校验码的 UART 数据发送	246
19.3.1	设计目标	246
19.3.2	设计过程	246
19.3.3	调试及结果	251
第 20 章	精确照明信号调制	253
20.1	精确照明信号调制说明	253
20.1.1	精确照明信号调制模块	253
20.1.2	PrISM 的顶层架构	253
20.1.3	PrISM 寄存器	254
20.1.4	PrISM 的 API 接口函数	255
20.2	实例: PrISM 模块精准调制 LED	256
20.2.1	设计目标	256
20.2.2	设计过程	256
20.2.3	调试及结果	262
第 21 章	UART 通信	263
21.1	UART 组件说明	263
21.1.1	UART 总线组件概述	263
21.1.2	UART 总线协议简介	264
21.1.3	UART 寄存器及初始化操作	265
21.1.4	UART 的中断	267
21.1.5	UART 的 API 接口函数	267
21.2	实例 1: PC 串口通信实验	268
21.2.1	设计目标	268
21.2.2	设计过程	268
21.2.3	调试及结果	271
21.3	实例 2: 串口中断发送接收实验	271
21.3.1	设计目标	271
21.3.2	设计过程	272
21.3.3	调试及结果	275

第 22 章 I ² C 通信	276
22.1 I ² C 通信模块说明	276
22.1.1 I ² C 总线组件概述	276
22.1.2 I ² C 总线协议简介	277
22.1.3 I ² C 总线寄存器及初始化操作	279
22.1.4 I ² C 的中断	281
22.1.5 I ² C 的 API 接口函数	281
22.2 实例 1: I ² C 接口自通信实验	283
22.2.1 设计目标	283
22.2.2 设计过程	283
22.2.3 调试及结果	292
22.3 实例 2: MPU6050 六轴演示实验	292
22.3.1 设计目标	293
22.3.2 设计过程	293
22.3.3 调试及结果	298
第 23 章 SPI 通信	299
23.1 SPI 通信模块说明	299
23.1.1 SPI 总线组件概述	299
23.1.2 SPI 总线协议简介	300
23.1.3 SPI 寄存器及其初始化操作	301
23.1.4 SPI 的中断	304
23.1.5 SPI 的 API 接口函数	304
23.2 实例 1: SPI 接口自通信实验	304
23.2.1 设计目标	305
23.2.2 设计过程	305
23.2.3 调试及结果	312
23.3 实例 2: SD 卡数据读写实验	312
23.3.1 设计目标	312
23.3.2 设计过程	313
23.3.3 调试及结果	321
第 24 章 LCD 模块	323
24.1 LCD 模块说明	323
24.1.1 LCD 液晶组件概述	323
24.1.2 字符 LCD 液晶接口及功能	324
24.1.3 字符 LCD 自定义字符编辑器	325
24.1.4 字符 LCD 的 API 接口函数	326

24.2	实例 1: 1602 液晶温度显示实验	327
24.2.1	设计目标	327
24.2.2	设计过程	327
24.2.3	调试及结果	332
24.3	实例 2: SPI 接口液晶模块显示实验	333
24.3.1	设计目标	333
24.3.2	设计过程	333
24.3.3	调试及结果	339
第 25 章	CapSense 模块	341
25.1	CapSense 模块说明	341
25.1.1	CapSense 组件概述	341
25.1.2	CapSense 组件的原理及结构	342
25.1.3	CapSense 组件的重要特性	346
25.1.4	CapSense 的 API 接口函数	348
25.2	实例 1: CapSense 滑条基础实验	350
25.2.1	设计目标	350
25.2.2	设计过程	350
25.2.3	调试及结果	359
25.3	实例 2: CapSense 按键与 Bridge Control Panel 通信实验	360
25.3.1	设计目标	360
25.3.2	设计过程	360
25.3.3	调试及结果	367
第三篇 高级实践篇		
第 26 章	PSoC Creator 自定义组件设计	373
26.1	PSoC 自定义组件说明	373
26.1.1	自定义组件概述	373
26.1.2	Schematic 自定义组件设计一般流程	374
26.1.3	SPI 接口 TFT 液晶自定义组件	374
26.2	实例 1: TFT 液晶自定义组件设计	374
26.2.1	设计目标	374
26.2.2	设计流程	375
26.2.3	组件设计完成	396
26.3	实例 2: 自定义组件测试	396
26.3.1	设计目标	396
26.3.2	设计流程	397
26.3.3	调试及结果	401

第 27 章 超声波测距系统设计	402
27.1 超声波测距说明	402
27.1.1 超声波测距原理	402
27.1.2 发射电路介绍	402
27.1.3 接收电路介绍	403
27.1.4 程序框架介绍	404
27.2 实例：超声波测距实验	405
27.2.1 设计目标	405
27.2.2 设计流程	406
27.2.3 调试及结果	419
第 28 章 MP3 音乐播放器设计	420
28.1 MP3 音乐播放器说明	420
28.1.1 MP3 音乐播放器概述	420
28.1.2 SD 卡介绍	420
28.1.3 SD 卡组件说明	423
28.1.4 VS1053 简介	426
28.1.5 VS1033D 组件说明	427
28.2 实例：MP3 音乐播放器设计	429
28.2.1 设计目标	429
28.2.2 设计过程	429
28.2.3 调试及结果	438
参考文献	439

第一篇

基础知识篇
