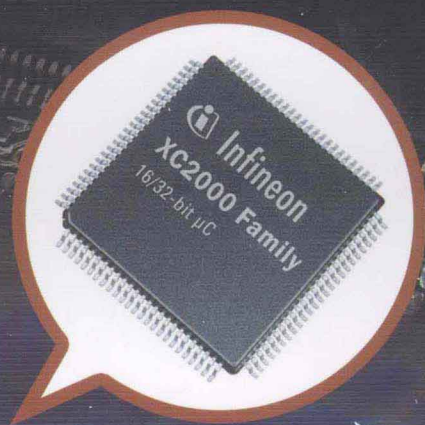


汽车嵌入式微控制器 原理及应用

——英飞凌XC2000家族MCU

Embedded Microcontroller Unit for
Automotive Applications
Infineon XC2000 Family MCU

◎ 程夕明 编著



Infineon
XC2000
MCU



汽车嵌入式微控制器原理及应用

——英飞凌 XC2000 家族 MCU

程夕明 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是作者根据多年的实际开发经验,在英飞凌科技公司相关数据手册的基础上编写而成的,以帮助读者快速进入实际设计流程进行开发实践。本书详细介绍 16 位/32 位微控制器 XC2000 家族的工作原理及其使用方法;以 XC2200N 系列微控制器为例设计了满足实际工程开发的最小硬件系统,并给出永磁无刷直流电机的应用例程;同时,从工程开发的角度,介绍汽车嵌入式实时控制系统的开发方法、流程和工具。

本书可为汽车电子、电子信息等相关行业领域的工程技术人员快速了解并掌握 XC2000 家族微控制器提供实用的理论和实践参考,也可供高等学校汽车、电子等相关专业作为教材使用。

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

汽车嵌入式微控制器原理及应用:英飞凌 XC2000 家族 MCU/程夕明编著. —北京:电子工业出版社,2013.9
ISBN 978-7-121-21415-8

I. ①汽… II. ①程… III. ①汽车—微控制器—研究 IV. ①U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 211083 号

策划编辑:王羽佳

责任编辑:周宏敏

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

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

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编:100036

开 本:787×1092 1/16 印张:31 字数:900 千字

印 次:2013 年 9 月第 1 次印刷

印 数:2000 册 定价:75.00 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 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

序

英飞凌专注于迎接现代社会的三大科技挑战：高能效、移动性和安全性，为汽车和工业电子装置、芯片卡和安全应用以及各种通信应用提供半导体和系统解决方案。英飞凌根据目标市场，分为四大业务部门：汽车电子事业部、工业功率控制事业部、电源管理及多元化市场事业部、智能卡与安全事业部。英飞凌的产品素以高可靠性、卓越的质量和创新性著称，并在模拟和混合信号、射频、功率以及嵌入式控制装置领域掌握着尖端技术。英飞凌依靠强大的科技实力，业务遍及全球，截至 2013 年 6 月，英飞凌在全球 80 多个国家拥有 26 000 多名员工，到 2012 年 9 月为止，拥有 20 多个研发中心及 17 250 多项专利。2012 财年，公司实现销售额超过 39 亿欧元的业绩。

英飞凌在汽车电子领域一直保持全球领先的地位。世界各地销售的每辆新车中平均装配了 25 枚英飞凌芯片。之所以能够取得持续的成功，归功于公司对各种车载应用及其需求的一贯重视，立足于近 40 年经验之上的对汽车市场及电子系统的深入理解，以及范围广泛、品质超群的创新产品组合。英飞凌的产品线涵盖传感器、微处理器和执行器。全球出产的新车中，有一半采用英飞凌 TriCore™ 系列单片机对电机和传动箱进行控制。迄今为止，英飞凌已经售出 1 亿片以上的 32 位单片机。在发动机控制领域占有绝对的市场主导地位。严格的质量体系以及英飞凌的质量零缺陷晋级计划，使得英飞凌汽车电子产品品质成为行业标杆。

英飞凌强大的 XC2000 家族单片机经过精心的设计以满足汽车应用的要求。它的三个子系列分别覆盖了汽车车身、汽车安全、动力总成及新能源汽车电控单元应用领域。车联网的发展、能源效率的提高以及人们对汽车安全的关注都对单片机的功能和外设模块有了更多的要求。XC2000 家族单片机产品系列广泛，给应用工程师们提供了更多的选择——总能找到一款单片机，以满足应用和性能要求。

本书对 XC2000 家族单片机进行了详细的介绍。针对 XC2000 家族单片机的所有外设模块都一一做了具体的阐述，从模块的整体构架到模块的每一个寄存器的各个位的含义以及实现的功能。此外，本书还介绍了 XC2000 家族单片机的开发环境，如底层代码生成工具、编译器等。在本书的最后一章，还列举了一些应用的实例来阐述如何通过 XC2000 家族单片机的开发环境对单片机进行编程，使得单片机正常工作。本书深入浅出、浅显易懂，特别是通过一些实例来帮助读者更好地理解如何对 XC2000 家族单片机进行编程。通过阅读本书，相信读者能够更好、更快地掌握 XC2000 家族单片机，并以此开发出相应的汽车电子应用。

英飞凌科技（中国）有限公司 汽车电子事业部高级总监 徐辉

前 言

在汽车电子化和电气化的发展浪潮中，汽车的电子控制单元（Electronic Control Unit，ECU）是汽车控制的核心部件，最早应用于发动机控制和传动控制，目前在底盘系统、车身系统、安全系统、信息娱乐系统中得到广泛应用，极大地改善了汽车的节能性、环保性和安全性。微控制器是 ECU 的“大脑”，汽车级微控制器在气候和振动等方面的测试必须满足复杂的车载环境，保证汽车一致的安全性、可靠性、耐久性和零部件供应可持续性。

英飞凌科技公司是世界前 10 名的半导体公司，是第一大汽车级半导体供应商，在发动机控制、变速器控制、电动汽车驱动电机控制等领域的汽车微控制器份额保持领先地位。16 位/32 位微控制器 XC2000 家族系列产品是英飞凌科技公司的重点发展产品，嵌入了 DSP 硬件运算功能，不仅在传统汽车电子的底盘控制、车身控制和安全控制上得到广泛应用，而且完全适用于电动汽车的驱动电机控制、充电机控制、DC/DC 控制。

目前，中国的汽车市场庞大，自主创新产品不断涌现，汽车电子人才需求旺盛，对汽车电子的先进产品有迫切需求。本书全面介绍了 16 位/32 位微控制器 XC2000 家族产品的性能特点、组织架构、工作原理和使用方法，并以 XC2200N 系列产品为例说明 XC2000 家族微控制器产品应用的设计方法和开发工具链。XC2000 家族微控制器集成了颇具汽车功能特色的外设模块，如数据保护、SCU、ADC、USIC、GPT、CAPCOM、MultiCAN 等，这些外设模块的功能寄存器配置与汽车零部件功能的实现紧密联系。

本书结构

第 1 章 绪论。介绍 16 位/32 位英飞凌微控制器 XC2000 家族产品的类型、特点及应用领域，此外还介绍了 32 位英飞凌 TriCore™ 系列的特性。

第 2 章 系统架构和中央处理单元。介绍 XC2000 家族微控制器的体系结构、CPU 和 DSP 数据处理单元 MAC，描述了它们的功能寄存器。

第 3 章 存储器组织与保护。详细介绍 XC2000 家族微控制器的数据/代码存储方式及其功能寄存器、数据保护、外部总线及其接口控制。

第 4 章 系统中断与事件控制。介绍 XC2000 家族微控制器的中断类型、结构与过程，详细描述了中断与事件控制的寄存器。

第 5 章 系统控制单元。包括系统的时钟产生、复位、定时、外设模式控制和外部请求控制等功能，详细描述了系统控制寄存器的功能。

第 6 章 输入/输出端口、系统调试与启动配置。介绍通用输入/输出端口（GPIO）及其寄存器和片上调试系统（OCDS），详细描述了 XC2000 家族微控制器启动的软硬件配置和引导程序加载方法。

第 7 章 实时时钟。介绍 RTC 模块的基本功能及其功能寄存器，描述日历设置方法。



第 8 章 通用定时器。介绍 GPT1 和 GPT2 两个定时模块的基本工作原理及其功能寄存器，它们完全能够满足微控制器对对象的准确计数和定时要求。

第 9 章 模数转换器。详细介绍适应车载控制需求的 ADC 的结构和功能，主要包括扫描、中断、触发和结果转换控制。

第 10 章 捕获与比较单元 2。介绍 CAPCOM2 的功能结构、工作原理及其寄存器操作，灵活设置对外部事件的捕获或者定时触发，完全能够满足精确定时以及 PWM 功能的实现。

第 11 章 捕获与比较单元 6。CCU6 模块轻松实现三相交流电机控制所需的 PWM 功能。

第 12 章 通用串行接口。介绍通用串行接口 (USIC) 的结构和功能，灵活设置配置寄存器，实现异步串行通道 (UART)、同步串行通道 (SPI)、I2C 总线等协议和接口。

第 13 章 局域网控制器 (MultiCAN)。介绍 MultiCAN 模块的特性、结构和功能，详细描述了满足高速 CAN 和低速 CAN 的寄存器操作。

第 14 章 汇编指令系统。简要叙述 XC2000 家族微控制器的寻址模式、数据类型和汇编指令。

第 15 章 最小系统的硬件设计。以 XC2238N 为例介绍 XC2000 家族微控制器的最小系统设计方法，主要包括电源电路、复位电路、晶体振荡电路、启动配置电路和调试接口。

第 16 章 嵌入式 C 程序开发方法。介绍 XC2000 家族微控制器的开发流程和方法，重点描述了数字影院虚拟工程师 (DAvE) 和集成开发环境 (IDE) 的下载、安装与应用。

第 17 章 嵌入式 C 语言代码设计。重点描述了集成开发环境 TASKING 的数据类型和变量、存储器/函数的使用规则、修饰符/预处理命令及工程的创建，并介绍了汽车嵌入式实时系统的 C 语言 MISRA 规则。

第 18 章 汽车嵌入式实时系统应用。基于 XC2265N 微控制器产品，通过 DAvE 软件对 XC2000 家族微控制器的 GPT 模块、MultiCAN 模块、ADC 模块、USIC 模块和 CCU6 模块进行底层代码的配置，并给出了应用示例。

本书特色

基于英飞凌科技公司的有关数据手册，结合编著者的汽车嵌入式实时系统设计开发经验，阐述了 16 位/32 位微控制器 XC2000 家族的工作原理及其使用方法，并且以 XC2200N 系列微控制器 (XC2238N) 为例设计了满足实际工程开发的最小硬件系统，同时应用 EASYKIT XC2265N 开发板给出了永磁无刷直流电机的应用例程。另外，从工程开发的角度，介绍了汽车嵌入式实时控制系统的开发方法、流程和工具，以帮助读者快速进入实际设计流程进行开发实践。

致谢

本书在编写过程中得到北京理工大学——英飞凌首选合作伙伴项目的支持，获得了英飞凌科技中国公司的徐辉女士、苏莉女士、陈骥先生、刘蒙先生、周皓女士、张晓娟女士等同仁大力支持和帮助，获得了北京理工大学电动汽车国家工程实验室王志福老师的协助，同时还得到了北京乾勤科技发展有限公司王冬先生的帮助。编著者在此表示衷心的感谢。

由于编著者学识有限，书中难免疏漏和错误之处，殷切希望研读本书的读者批评指正。



有关英飞凌微控制器开发的更详细和完整的资料，读者可以从以下网页上获取。

英飞凌科技公司主页：<http://www.infineon.com>

英飞凌汽车电子生态圈：<http://www.infineon-ecosystem.org>

本书编著者邮箱：CXM2004@bit.edu.cn

编著者

2013年9月



目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 英飞凌嵌入式微控制器的类型	1
1.2 英飞凌 XC2000 家族汽车嵌入式微控制器的主要特点及应用领域	2
1.2.1 基本特性	2
1.2.2 功能延展性	4
1.2.3 开发工具	6
1.2.4 应用领域	7
1.3 英飞凌 TriCore™ 系列汽车嵌入式微控制器的特性简介	12
1.3.1 TriCore™ TC1.6 内核	13
1.3.2 外设控制处理器 (PCP2)	14
1.3.3 存储器及其保护	14
1.3.4 一般外设模块	14
1.3.5 新型外设模块	15
第 2 章 系统架构和中央处理单元	17
2.1 体系结构	17
2.1.1 系统架构	17
2.1.2 系统内核	18
2.1.3 资源接口	18
2.2 中央处理单元 (CPU)	19
2.2.1 CPU 组成	19
2.2.2 标准特殊功能寄存器 (CSFR)	21
2.2.3 通用寄存器 (GPR) 及其使用	30
2.2.4 指令读取与流水线处理	32
2.2.5 标准数据处理	33
2.3 DSP 数据处理单元 MAC	36
2.3.1 MAC 单元概述	36
2.3.2 MAC 单元的功能模块	37
2.3.3 MAC 单元状态字 MSW	38
第 3 章 存储器组织与保护	40
3.1 存储器概述	40
3.2 数据及代码的存储方式	41
3.2.1 寄存器区	41
3.2.2 SFR 区	42
3.2.3 全局 GPR 组区	42



3.2.4	IMB 寄存器区	43
3.2.5	PEC 指针	43
3.3	I/O 区	43
3.4	数据存储区	44
3.4.1	DRPAM	44
3.4.2	DSRAM	44
3.4.3	数据保持存储器	44
3.4.4	系统堆栈	44
3.5	内部程序存储器区	45
3.5.1	PSRAM	45
3.5.2	非易失性程序存储器 (Flash/ROM)	46
3.5.3	Flash 程序存储器	46
3.6	外部存储空间及其接口控制	49
3.6.1	外部存储器概述	49
3.6.2	外部总线控制器	49
3.6.3	外部总线访问接口	50
3.6.4	地址窗	50
3.6.5	LxBUS 访问	52
3.6.6	EBC 的关闭	52
3.6.7	存储器边界越界	52
3.7	存储器保护与校验	53
3.7.1	存储器的数据保护	53
3.7.2	存储器的数据校验	54
3.7.3	RAM 保护	54
3.7.4	寄存器保护	55
3.8	存储器寄存器	55
3.8.1	IMB 寄存器	55
3.8.2	SBRAM 寄存器	61
第 4 章	系统中断与事件控制	66
4.1	中断类型与结构	66
4.1.1	中断系统的类型	66
4.1.2	中断系统的结构	66
4.2	中断与事件寄存器	67
4.2.1	中断控制寄存器	67
4.2.2	PEC 寄存器	70
4.3	中断仲裁	72
4.4	中断控制	73
4.4.1	中断优先级与组优先级	74
4.4.2	全局中断控制功能	74



4.4.3	中断类管理	75
4.4.4	中断向量表	75
4.4.5	快速中断	75
4.4.6	CPU 状态保存	76
4.4.7	CPU 上下文切换	76
4.4.8	软件强制中断	77
4.4.9	硬件强制中断	77
4.5	PEC	79
4.5.1	PEC 介绍	79
4.5.2	PEC 源和目的指针	80
4.5.3	PEC 通道控制	81
4.5.4	PEC 中断	81
4.6	外部中断及 OCDS 请求	82
4.6.1	外部中断	82
4.6.2	OCDS 请求	82
第 5 章	系统控制单元	83
5.1	SCU 寄存器	83
5.1.1	时钟配置寄存器	83
5.1.2	PLL 寄存器	84
5.1.3	系统时钟控制寄存器	87
5.1.4	STM 寄存器	89
5.1.5	WUT 寄存器	89
5.1.6	复位控制器寄存器	90
5.1.7	ESR 寄存器	93
5.1.8	电源电压寄存器	96
5.1.9	GSC 寄存器	100
5.1.10	启动寄存器	103
5.1.11	ERU 寄存器	103
5.1.12	中断及强制中断控制寄存器	105
5.1.13	WDT 内核寄存器	114
5.1.14	存储器保护寄存器	115
5.1.15	寄存器保护寄存器	119
5.1.16	其他寄存器	119
5.2	时钟产生	122
5.2.1	结构与功能	122
5.2.2	振荡器输入	123
5.2.3	锁相环	124
5.2.4	时钟输出控制	127
5.2.5	系统时钟紧急处理	128





5.3	定时控制	128
5.3.1	系统定时器	128
5.3.2	唤醒定时器	128
5.3.3	看门狗定时器	129
5.4	电源管理	131
5.4.1	电源域	131
5.4.2	电源电压及控制功能	131
5.4.3	电压看门狗	131
5.4.4	省电机制	132
5.5	系统复位	132
5.5.1	复位架构	132
5.5.2	复位类型	132
5.5.3	一般复位操作	133
5.5.4	复位寄存器	134
5.5.5	复位请求触发源	134
5.5.6	ESR 引脚的复位功能	134
5.6	外设模式控制	134
5.6.1	GSC 控制流	135
5.6.2	请求源仲裁	135
5.6.3	命令的使用	135
5.6.4	挂起控制流	135
5.7	外部请求控制	136
5.7.1	概述	136
5.7.2	输入连接	137
5.7.3	功能模块	137
5.7.4	触发组合及其中断产生	138
5.7.5	序列检测及其中断产生	139
5.8	SCU 中断	139
5.8.1	一般中断	139
5.8.2	强制中断	140
第 6 章	输入/输出端口、系统调试与启动配置	141
6.1	通用输入/输出端口	141
6.1.1	GPIO 概述	141
6.1.2	GPIO 的寄存器	141
6.1.3	端口描述	144
6.2	片上调试系统	145
6.2.1	OCDS 概述	145
6.2.2	调试接口	146
6.3	启动配置和引导程序加载	148



6.3.1	启动模式配置与选择	148
6.3.2	存储器启动模式	150
6.3.3	引导程序加载	150
第 7 章	实时时钟	152
7.1	RTC 功能描述	152
7.2	RTC 寄存器	152
7.2.1	RTC 控制寄存器	152
7.2.2	RTC 中断寄存器	154
7.2.3	RTC 计数寄存器及其重载寄存器	154
7.3	RTC 工作原理	156
7.3.1	概述	156
7.3.2	时钟模式	156
7.3.3	复位状态	156
7.3.4	运行控制	157
7.3.5	RTC 中断	157
7.3.6	48 位定时器	157
7.3.7	RTC 定时器校准	157
7.3.8	RTC 寄存器读写访问	158
第 8 章	通用定时器	159
8.1	GPT 的基本功能	159
8.2	GPT 的寄存器	159
8.2.1	GPT 控制寄存器	159
8.3	定时器模块 GPT1 的工作原理	164
8.3.1	GPT1 定时器模块结构与功能描述	164
8.3.2	运行控制	165
8.3.3	计数方向控制	165
8.3.4	定时器 T3 输出翻转锁存	166
8.3.5	工作模式	166
8.4	定时器模块 GPT2 的工作原理	170
8.4.1	GPT2 的结构与功能描述	170
8.4.2	寄存器 CAPREL 的工作模式	171
8.4.3	组合捕获模式	173
8.4.4	GPT12 的中断控制	173
8.5	GPT12 的时钟信号控制	173
8.5.1	GPT1 定时器模块的时钟信号控制	173
8.5.2	GPT2 定时器模块的时钟信号控制	174
第 9 章	模数转换器	175
9.1	ADC 的结构与功能	175





9.1.1	ADC 结构	175
9.1.2	基本功能	176
9.2	ADC 寄存器	177
9.2.1	ADC 的一般寄存器	177
9.2.2	ADC 的仲裁器寄存器	179
9.2.3	ADC 的通道寄存器	180
9.2.4	ADC 的结果寄存器	182
9.2.5	ADC 的请求源寄存器	185
9.2.6	队列寄存器	186
9.2.7	ADC 的附加特性寄存器	189
9.3	ADC 的工作原理	191
9.3.1	模式控制	191
9.3.2	模块激活和省电模式	192
9.3.3	ADC 模块时钟	193
9.3.4	请求源	193
9.3.5	请求源仲裁器	194
9.3.6	扫描请求源处理	196
9.3.7	通道转换控制	199
9.3.8	转换结果处理	201
9.3.9	ADC 事件中断	205
9.3.10	外部复用器控制	208
9.3.11	同步转换	209
9.3.12	等间隔采样	210
9.3.13	断线检测	211
第 10 章	捕获与比较单元 2	212
10.1	CAPCOM2 的结构与功能	212
10.1.1	CAPCOM2 的结构	212
10.1.2	CAPCOM2 的基本功能	213
10.2	CAPCOM2 的寄存器	213
10.2.1	CAPCOM2 的控制寄存器	213
10.2.2	CAPCOM2 的中断控制寄存器	216
10.2.3	CAPCOM2 的数据寄存器	216
10.3	CAPCOM2 的工作原理	217
10.3.1	比较输出的时序工作模式	217
10.3.2	定时器的工作模式	217
10.3.3	捕获/比较通道	218
10.3.4	捕获模式操作	219
10.3.5	比较模式操作	219
10.3.6	双寄存器比较模式操作	223



10.3.7	比较输出信号的产生	225
10.3.8	单次事件操作	225
10.3.9	对外部输入信号的要求	226
10.3.10	CAPCOM2 模块的中断	226
第 11 章	捕获与比较单元 6	227
11.1	CCU6 的结构与功能	227
11.1.1	CCU6 的结构	227
11.1.2	CCU6 的基本功能	228
11.1.3	模式控制	228
11.2	CCU6 的寄存器	230
11.2.1	通用控制寄存器	230
11.2.2	捕获/比较控制寄存器	231
11.2.3	调制功能寄存器	235
11.2.4	多通道模式输出映射寄存器	237
11.2.5	中断控制/状态寄存器	238
11.2.6	T12 数据寄存器	243
11.2.7	T13 数据寄存器	244
11.3	定时器 T12 的工作原理	245
11.3.1	结构和功能	245
11.3.2	工作模式	247
11.3.3	比较模式输出路径	253
11.3.4	捕获模式	256
11.3.5	映射寄存器传送	258
11.4	定时器 T13 的工作原理	259
11.4.1	结构与功能	259
11.4.2	计数操作	261
11.4.3	比较模式	262
11.4.4	比较模式输出路径	264
11.4.5	映射寄存器传送	265
11.5	霍尔传感器模式	265
11.5.1	功能描述	266
11.5.2	霍尔序列评估	266
11.5.3	霍尔序列比较逻辑	267
11.5.4	霍尔模式标志位	268
11.5.5	实现无刷直流电机控制的霍尔模式	268
11.6	中断处理	269
11.6.1	中断结构	269
11.6.2	中断请求源和中断事件	270





第 12 章 通用串行接口	271
12.1 结构与功能	271
12.1.1 USIC 功能	271
12.1.2 USIC 结构	272
12.2 USIC 的寄存器	276
12.2.1 模块寄存器	276
12.2.2 通道寄存器	277
12.2.3 波特率发生器寄存器	279
12.2.4 输入控制寄存器	280
12.2.5 传送控制和状态寄存器	281
12.2.6 协议相关寄存器	284
12.2.7 数据缓存寄存器	285
12.2.8 FIFO 缓存寄存器	288
12.3 USIC 的工作原理	295
12.3.1 USIC 通道的操作	295
12.3.2 通道事件和中断	296
12.3.3 USIC 的输入级	298
12.3.4 波特率发生器	299
12.3.5 发送数据通路	302
12.3.6 接收数据通路	305
12.3.7 FIFO 数据缓存	305
12.3.8 FIFO 缓存事件和中断	309
12.4 异步串行通道 (UART) 及其 USIC 操作	310
12.4.1 信号描述	310
12.4.2 UART 帧格式	311
12.4.3 UART 协议寄存器	313
12.4.4 UART 协议的 USIC 操作	315
12.4.5 LIN 的硬件支持	319
12.5 同步串行通道 (SPI/SSC) 及其 USIC 操作	320
12.5.1 信号描述	320
12.5.2 SPI/SSC 协议寄存器	323
12.5.3 SPI/SSC 协议的 USIC 操作	325
12.5.4 SPI/SSC 的主控模式	327
12.5.5 SPI/SSC 的从控模式	330
12.5.6 SPI/SSC 协议事件中断	330
12.6 I2C 总线协议及其 USIC 操作	331
12.6.1 信号描述	331
12.6.2 帧格式及符号时序	332
12.6.3 I2C 协议寄存器	335



12.6.4	I2C 协议的 USIC 操作	337
12.6.5	数据流处理	340
12.6.6	I2C 协议中断事件	342
第 13 章	局域网控制器 (MultiCAN)	343
13.1	结构与功能	343
13.1.1	MultiCAN 特性	343
13.1.2	模块结构与频率控制	344
13.1.3	模式控制	346
13.1.4	中断结构	348
13.2	MultiCAN 的寄存器	348
13.2.1	寄存器类型及其相对地址	348
13.2.2	通用模块控制寄存器	350
13.2.3	面板命令控制寄存器	352
13.2.4	模块设置寄存器	353
13.2.5	节点寄存器	356
13.2.6	报文对象寄存器	361
13.3	MultiCAN 模块的操作	368
13.3.1	CAN 节点控制	368
13.3.2	报文对象列表结构	370
13.3.3	CAN 节点分析模式	373
13.3.4	报文后处理接口	375
13.3.5	报文对象数据处理	376
13.3.6	报文对象功能	380
第 14 章	汇编指令系统	385
14.1	寻址模式	385
14.1.1	寻址模式概述	385
14.1.2	操作数类型	385
14.2	指令的数据类型及条件码	385
14.2.1	数据类型	385
14.2.2	数字的表示和舍入	386
14.2.3	条件码	386
14.3	汇编指令	386
14.3.1	指令格式	386
14.3.2	算术运算指令	387
14.3.3	逻辑运算指令	388
14.3.4	比较和循环控制指令	388
14.3.5	布尔位操作指令	388
14.3.6	移位指令	389





14.3.7	数据传送指令	389
14.3.8	系统堆栈指令	389
14.3.9	跳转指令	390
14.3.10	子程序调用指令	390
14.3.11	子程序返回指令	390
14.3.12	系统控制指令	391
14.3.13	优化指令	391
第 15 章	最小系统的硬件设计	392
15.1	XC2238N 微控制器概述	392
15.1.1	基本特性	392
15.1.2	XC2238N 的芯片引脚	393
15.1.3	电气特性	394
15.2	电源、复位与时钟电路设计	396
15.2.1	电源电路	396
15.2.2	复位电路	397
15.2.3	外部振荡器电路	397
15.3	调试系统电路接口与配置	398
15.3.1	JTAG 调试接口	398
15.3.2	DAP 调试接口	399
15.3.3	启动模式接口电路配置	400
15.4	SCH 和 PCB 设计概要	401
15.4.1	XC2238N 最小系统原理图	401
15.4.2	空引脚处理	401
15.4.3	电源和晶振 PCB 布置	403
第 16 章	嵌入式 C 程序开发方法	404
16.1	开发流程	404
16.2	数字应用虚拟工程师 (DAvE)	405
16.2.1	DAvE 的安装	405
16.2.2	DAvE 的应用简介	406
16.2.3	目标系统扫描	409
16.3	集成开发环境 (IDE)	410
16.3.1	TASKING 编译器简介	410
16.3.2	TASKING VX-toolset 的安装与应用简介	411
16.3.3	KEIL 编译器	414
16.4	调试器/仿真器	414
16.4.1	iSYSTEM	415
16.4.2	LAUTERBACH	424
16.4.3	其他调试开发工具	426