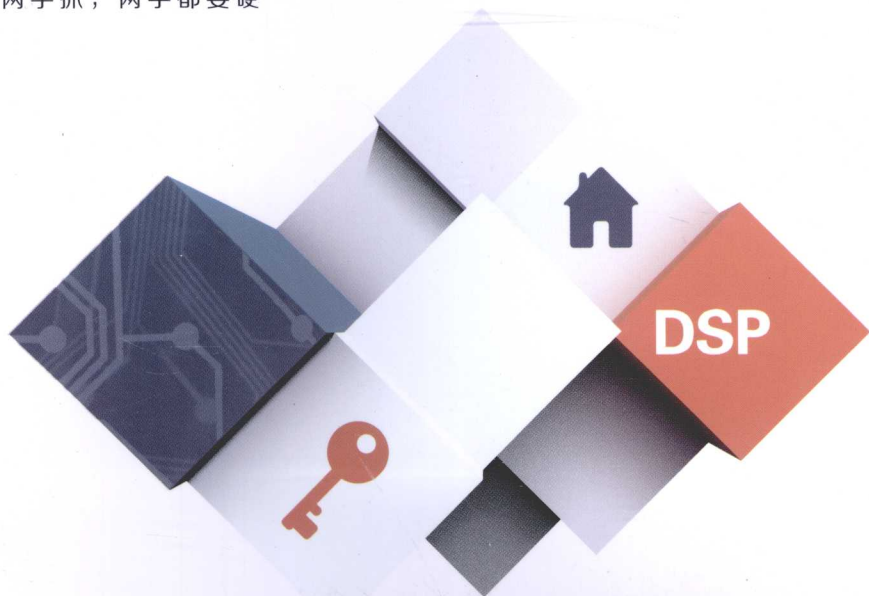


 电子设计与嵌入式开发实践丛书

资深工程师以实际经验精讲TMS320F2833x DSP的各个模块开发
带着疑问去学习，实践为先，循序渐进
软件和硬件两手抓，两手都要硬



TMS320F28335 DSP开发实战

——模块精讲

刘向宇 编著



清华大学出版社

 电子设计与嵌入式开发实践丛书



TMS320F28335 DSP开发实战

——模块精讲

刘向宇 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书以 TMS320F2833x DSP 的开发为主线,注重“实践为先”、“由感性到理性”等创新教学方法,引导初学者循序渐进、有序有效地学习 TI 公司新型的浮点 DSP: F2833x 系列。本书讲述了 CCS 开发环境的搭建、仿真器的配置和链接以及如何使用 CCS,最小系统的设计和调试,并基于最小系统进一步讲解 DSP 的各个外设,包括 SCI、时钟、定时器、看门狗、中断等。每个模块都以一个实例作为引子,引导读者思考,带着疑问和求知欲望去寻找答案,讲述模块的构架、寄存器和理论知识,并最终用这些理论来实践引子所讲述的实例。讲解实例的硬件设计、软件流程图、代码编写以及电路板的调试和改进,从而达到理论与实践相结合、软件硬件俱到的效果。

本书配套了海量的资料,包括所有实例的源代码、常用的调试工具和电路图,还自建了大容量的 FTP 服务器: <ftp://ftp.52kfb.com:2100>。服务器上有海量的资料、文献、教学视频、开发工具等,服务器 24 小时运行,为读者服务。

本书可供高等院校电子、通信、计算机、自动化控制、测控技术和电力电子专业的本科生和研究生作为“数字信号处理原理和应用”的相关教材和实验指导书,也可作为数字信号处理器应用开发工程师的参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

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

TMS320F28335 DSP 开发实战: 模块精讲/刘向宇编著. —北京: 清华大学出版社, 2016
(电子设计与嵌入式开发实践丛书)

ISBN 978-7-302-40310-4

I. ①T… II. ①刘… III. ①数字信号处理 IV. ①TN911.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 113298 号

责任编辑: 刘 星

封面设计: 迷底书装

责任校对: 梁 毅

责任印制: 杨 艳

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

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

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: 22.5 字 数: 562 千字

版 次: 2016 年 1 月第 1 版 印 次: 2016 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 1~2500

定 价: 59.00 元

前言

亲爱的读者朋友,相信您是带着对 DSP 的好奇、求知甚至热爱来翻开这本书的。DSP 为何物?有着什么样的特点?在这个日新月异的信息社会,应该如何学习 DSP,从而可以快速入门 DSP,掌握 DSP 并应用 DSP 呢?

您也许是一位在校学生,也许是一位在职工程师,或者是一位老师、教授。您也许正在计划如何使用 DSP 来完成课程设计/毕业设计,却苦于没有基础,身边的同学朋友也不懂;也许正苦于如何完成领导布置下来的任务,要用 DSP 来完成某种产品的设计,却受困于没有接触过,不懂如何下手;或者正准备学习一门新技术,以便以后跳槽,寻求更好的发展,却不知如何学习 DSP;又或者接触 DSP 已有一段时间,却没什么进展,总是在门口徘徊。上述情节是笔者见过的众多 DSP 初学者所面临的几种典型困扰,总结起来有以下几点:

- 身边没有 DSP 高手,无法请教别人。就算有高手,却由于时间、空间的限制,请教不便,若是有某种好的请教方式、讨论方式就完美了。
- 自学又不知道怎么下手,从哪里突破,总觉得毫无头绪。
- 资料、文献、视频不好找,在网上找的论坛,帖子太零散,没有系统地讲述某个模块;TI 官网的文档基本是英文的,自己英文水平太差,专业术语很多,几乎看不懂;本土的中文文档又比较少,满足不了求知欲。
- 想做硬件实验,想调试程序,找来一个开发板,却发现开发板的文档不全,仅仅是简单的步骤说明,却没有模块的详细解说。而找来一本书,想学习模块知识、寄存器,却发现介绍得太理论化,不知如何用于实践。实践和理论严重脱节,无法对接!

本书致力于解除 DSP 初学者的入门烦恼,它不仅仅是一本书,几百页纸,更是一个网站、一个论坛、一个圈子、一群爱好 DSP 的工程师,不仅配套了开发板、学习板、仿真器,也配套了学习文档、资料、视频等。正如那句话所说:想走得快,一个人;想走得远,一群人。来吧,加入这个学习 DSP 的圈子,有了你的加入,我们将会走得更远!

DSP 技术简介

DSP 英文全称为 Digital Signal Processing,中文意思是“数字信号处理”,是电子科学、计算机科学里的一个热门领域。另外,DSP 也是 Digital Signal Processor 的简称,中文意思是“数字信号处理器”,广泛用于工控、医疗仪器、航天科技、军事、视频/音频、通信、电力控制

Foreword

等领域。DSP 不仅是实际产品的应用,在学校也有对应的课程,相关的课程包括信号与系统、数字信号处理(讲述理论为主)和数字信号处理器(以实践为主)、通信原理等。

对比其他系列的 MCU,比如 ARM 系列、STM 系列,可能大家都有一种感觉: DSP 价格贵,且主频比不上别的产品。但深入了解之后,就会发现, DSP 才是最适合工控的。

首先,算法基本可以归结为加和乘。针对这类算法应用, DSP 专门优化了硬件和软件支持库,拥有硬件乘法器、加法器、桶形移位器等, F2833x 更支持硬件浮点。 TI 公司开发了大量的算法库,可以方便移植使用。使用现成的方案和算法库,有助于大大加快产品研发的速度,缩短产品上市时间。

其他类型的 CPU 就算主频再快,也仅仅是 CPU 内部运算可以快一点而已,外部功率器件(包括 IGBT 等)的响应速度一般也就为 20kHz,再快的主频也控制不了慢速的功率器件。另外, DSP 有着其他 CPU 所不具备的硬件资源: 高分辨率多通道 PWM、QEP、CAP、高速多通道 A/D 等,这些外设都是工控领域的绝佳搭配。例如, F2833x 的 PWM、A/D 是高分辨率、高速、多通道的,并拥有硬件上的斩波功能,这是软件无法比拟的,可以媲美模拟电路的电流调配效果。

C2000 系列 DSP 属于 TI 公司经营多年的成熟产品,其稳定性久经考验,有目共睹。综合看来,虽然 DSP 主频并不起眼,但丰富的外设综合起来的强劲性能让 DSP 在工控领域独领风骚!

若干年前, TI 公司 C2000 系列 DSP 的主打产品是 F240x,之后升级成 F281x,可能大家听说过 F2407 和 F2812 这两个型号。 F2833x 是 TI 重磅推出的新一代 DSP,不仅添加了 DMA、硬件浮点单元等功能,对于上一代 DSP 已有的外设也做了很多加强措施,包括将 PWM 升级为 HRPWM。 F2833x 代表以后 TI C2000 系列 DSP 的发展新方向,也是 TI 重点推广的芯片。

本书倡导的学习方法

当笔者提笔编写本书时,陷入了深思: 到底要写什么内容? 说明什么道理? 是否描述工程技术即可? 还是要讲述一些别的内容? 深思之后,笔者觉得本书描述的不只是一种技术、一门知识,更是一种学习的方法,如何快速地掌握计算机科学之中的某一门知识。有了疑问,就去查找。注重查找的方法、学习的方式、解决问题的思路,而不只是具体问题的答案。学一通百才是真正的学习目的; 无师自通才是人们孜孜以求的境地。

本书将会用通俗易懂的语言来讲述 F28335 的构架、组成、模块、寄存器等理论内容,并安排了经典的、常见的实践内容,帮助读者更好地理解知识,快速地将 DSP 技术应用于实践。

1. 带着问题去找答案

回想起笔者自学 DSP、单片机、ARM 时,总会不自觉地先看看实例内容,看看实验的现象是什么,再带着问题去看理论,这样更容易透过现象看本质,或者说由感性认识变为理性认识。

若是直接讲述抽象的理论,读者会觉得很枯燥,估计也没有很大的实用价值,很容易看不下去。所以本书的模块章节中,也尽量采用“带着问题去找答案”的方式。先简单说说本

章实验的现象,之后再顺着现象去探寻理论的支持,然后再回到现象,详细讲述现象和理论的对比印证,从而帮助读者加深理解,这样理论知识和实践经验都能得到提高。我们倡导实践为先,配合理论交替学习。本书按照模块来划分章节,每个模块提出一个应用命题,这样读者朋友可以带着疑问、带着思考去寻找答案,理论和实践皆巧妙镶嵌其中,达到寓教于乐的效果。

2. 注重实践

嵌入式设计不像 PC 编程,教读者单击“新建工程”,再输入“hello, world”,然后编译运行,就能看到效果。嵌入式是跨越硬件和软件的跨界组合,不仅需要讲述软件编写,也要讲述硬件设计,还要讲述底层驱动,讲述软件和硬件之间的驱动。

本书详细描述了与所做实验电路板相关的硬件设计、软件编写,在必要的工具、设计能力具备的情况下,读者完全可以自行设计实验板,从而学习到完整的 DSP 硬件设计和软件编写、调试知识。市面上有些嵌入式类型的图书,虽然配套了开发板,但书中只是简单地讲解如何使用开发板,却没有指导读者如何去设计电路,如何制作电路板,如何调试电路,如何改善设计,因此读者没有学到全面的知识。有些图书甚至连程序运行结果、运行界面都没有,只是纯粹讲代码,读者看完之后,还是没法用到实际,让人觉得没学到什么知识。本书配套的开发板、学习板,是为了方便部分读者,有些读者由于条件不具备,工具不完善(比如无法焊接 QFP 封装的芯片),无法自行设计、制造电路板时,可以选择配套的开发板、学习板和开发工具,和书中所描述的功能、设计图完全一致。条件具备的读者朋友,可以按照书中所描述的设计方法、设计步骤来自行设计实验板,从而更深入地理解知识。

3. 由已知到未知

本书注重 F28335 的入门和基本模块的使用。优先讲述 GPIO、I²C、SPI、SCI 等常见内容和易于入门理解的模块,而不是立刻就讲述很高深的理论。相信很多读者朋友都接触过单片机或者 ARM,包括 51、AVR、PIC、STM32 等型号,或多或少都知道一些有关 GPIO、I²C 之类的知识,所以,在讲述 DSP 时,先从这些简单、易理解的模块开始,读者在理解之后再尝试理解抽象的模块(DSP 内部结构),循序渐进地理解 DSP。

很多读者视 DSP 为畏途,其实大可不必。初学时,可以把 DSP 看成一个高级的单片机,一个集成了很多外设的单片机,一个运行速度很快的单片机,一个完全可以通过 C 语言来操作的单片机。等初步掌握 DSP 的编程技巧后,再去深入了解 DSP 的 DMA、运算单元、CMD 文件分配内存等更深层的内容,之后再去了解 DSP 的算法编写,以及如何某个型号的 DSP 上面移植算法、优化算法,甚至如何移植一个嵌入式 RTOS。

如何查找资料

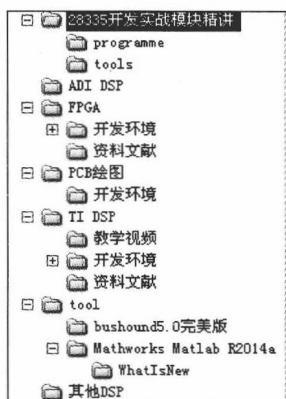
笔者强烈建议到 TI 的官网上查找资料: www.ti.com。资料官方权威,但需要读者英语水平过硬。

很多初学者不知道如何在 TI 的官方网站上找资料,为了让读者朋友快速地下载数据手册,节约宝贵的学习时间,提供三种方式来下载这些海量资料,包括文档、数据手册、教学视频、程序及电路图。

1. 自建 FTP 服务器

我们在自建的 FTP 服务器上放置了 F28xxx 相关的文档，并在书中讲述到某个文档的地方，给出了下载地址，这样，读者可以直接将这些文件地址加载到 FLASHGET、迅雷等各种下载工具进行下载。自建的 FTP 服务器地址是 <ftp://ftp.52kfb.com:2100/>。服务器上的文件夹结构如图所示，资料会不断更新，不断添加，欢迎访问。

自建的自主的 FTP 大容量服务器，地址永不失效，服务器上资料众多，有教学视频、资料、文献等海量资料。为了方便读者下载，自建的这个 FTP 服务器将会 24 小时运行。但毕竟下载带宽有限，若是遇到连接人数过多，网络繁忙导致连接不上、拥堵、下载速度慢等故障，请耐心等待，或者换个时段下载。



2. 百度云

百度的访问地址是 <http://pan.baidu.com/s/1bnkvpU3>。

3. 360 云盘

360 云盘的访问地址是 <http://yunpan.cn/QTK36LtXGI7yG>。提取码：9da7。

欢迎加入我们学习 DSP 的大家庭——我爱开发板 (www.52kfb.com)，有了你的加入，我们将会走得更远！

感谢参与本书编写的刘庆春、颜雪明、张静、钟伟辉、尹欣、张真、邓秀红、吴宇燕，大家共同的努力，才有了本书的出版。

由于笔者水平有限，资历尚浅，书中难免有错误和不当之处，恳请大家斧正。笔者的联系方式：

电话：13715145158

QQ：2793292481

E-mail：2793292481@qq.com

新浪微博：



微信：



人人网：



扫描二维码，添加好友

刘向宇
2015 年 10 月

目 录

第 1 章 纵观 F2833x	1
1.1 DSP 的典型应用	1
1.2 2833x/2823x 和 281x 的对比	5
1.2.1 对比引脚和封装	6
1.2.2 对比供电	6
1.2.3 对比存储器	6
1.2.4 对比 Flash 和 OTP	7
1.2.5 对比引导启动	8
1.2.6 对比时钟和系统控制	8
1.2.7 对比 GPIO	9
1.2.8 对比外设	9
1.2.9 对比中断	13
1.3 F2833x 和 F2823x 的对比	14
1.3.1 特性	14
1.3.2 同系列对比	16
1.3.3 引脚说明	18
1.4 如何开始 DSP 学习和应用	34
1.4.1 硬件开发工具	34
1.4.2 软件开发工具	37
1.4.3 参考资料及文献	38
1.5 本章小结	39
第 2 章 最小系统设计	40
2.1 引子	41
2.2 DSP 及附属电路	41
2.3 引导模式跳线设计	43
2.4 复位模块设计	44

Contents

2.4.1	手动复位	44
2.4.2	仿真器重启	46
2.4.3	复位时序	47
2.5	时钟设计	47
2.6	总线扩展内存设计	49
2.7	电源设计	52
2.7.1	所需的电源类型	52
2.7.2	上电顺序	52
2.7.3	供电模块	54
2.8	JTAG 接口设计	56
2.9	A/D 模块设计	59
2.10	GPIO 及引脚扩展设计	60
2.11	串行通信模块设计	61
2.12	PCB 布局布线	63
2.12.1	PCB 板的选择	63
2.12.2	布局要点	64
2.12.3	电源的处理	64
2.12.4	布线要点	65
2.13	板子焊接和调试	66
2.13.1	电源模块	66
2.13.2	复位模块	68
2.13.3	焊接 DSP 芯片	69
2.13.4	下载程序并运行	70
2.13.5	外部存储器的焊接	71
2.13.6	串行通信模块的焊接	71
2.14	本章小结	72
第 3 章	CCS 操作入门	73
3.1	安装配置 CCS	73
3.1.1	CCS 3.3	73
3.1.2	CCS 5.1	79
3.2	安装配置仿真器	82
3.2.1	510 系列	82
3.2.2	XDS100	90
3.3	示例工程	93
3.3.1	官方示例包	93
3.3.2	使用示例、快速入门	96
3.4	如何新建工程	100
3.5	编译并下载程序	104

3.6	仿真调试程序	107
3.6.1	基本操作	107
3.6.2	读/写内存	108
3.6.3	观察寄存器	110
3.6.4	观察变量	110
3.7	如何固化程序	111
3.7.1	CCS 3.3 的操作方法	111
3.7.2	CCS 5.x 的操作方法	113
3.8	本章小结	115
第4章	F28xxx 内部构架综述	116
4.1	总览	116
4.2	BOOT ROM	118
4.3	CSM 模块	119
4.3.1	功能描述	119
4.3.2	受 CSM 保护的其他片上资源	121
4.3.3	CSM 寄存器	122
4.3.4	需要使用代码解锁的情况	123
4.3.5	密码核对流程	123
4.3.6	使用 CSM 的注意事项	125
4.4	实时 JTAG 和分析	126
4.5	中断	128
4.6	看门狗模块	133
4.7	低功耗模式模块	134
4.7.1	低功耗模式寄存器	135
4.7.2	唤醒时序图	135
4.8	EALLOW 功能	138
4.8.1	受保护的器件仿真寄存器	139
4.8.2	受保护的 Flash/OTP 配置寄存器	139
4.8.3	受 EALLOW 保护的 CSM 寄存器	140
4.8.4	受 EALLOW 保护的 PIE 向量表	140
4.8.5	受保护的系统控制寄存器	141
4.8.6	受 EALLOW 保护的 GPIO 寄存器	141
4.8.7	受 EALLOW 保护的 eCAN 寄存器	142
4.8.8	受 EALLOW 保护的 ePWM 寄存器	143
4.8.9	如何使用 EALLOW	143
4.9	外设	143
4.9.1	DMA 模块	145
4.9.2	CPU 定时器	146

4.9.3	增强型 PWM 模块	147
4.9.4	高分辨率 PWM 模块	150
4.9.5	增强型 CAP 模块	151
4.9.6	增强型 QEP 模块	152
4.9.7	模/数转换模块	154
4.9.8	多通道缓冲串口模块	158
4.9.9	增强型 CAN 模块	160
4.9.10	串行通信接口	164
4.9.11	串行外设接口 SPI	167
4.9.12	I ² C 模块	169
4.9.13	GPIO 模块	171
4.10	器件的命名规则	174
4.11	本章小结	175
第 5 章	时钟模块	176
5.1	引子	176
5.2	总览	177
5.3	晶振和 PLL 模块	178
5.3.1	外接振荡器时钟方案	180
5.3.2	基于 PLL 时钟模块	180
5.3.3	输入时钟的缺失	182
5.4	XCLKOUT 的产生	184
5.5	时钟寄存器	185
5.5.1	PCLKCR0 寄存器	186
5.5.2	PCLKCR1 寄存器	189
5.5.3	PCLKCR3 寄存器	191
5.5.4	HISPCP 和 LOSPCP 寄存器	192
5.5.5	PLLCR 寄存器	193
5.5.6	PLLSTS 寄存器	196
5.6	实例讲解	197
5.6.1	设计思路	197
5.6.2	硬件设计	198
5.6.3	软件流程图	199
5.6.4	代码实例	200
5.6.5	运行效果及改进	202
5.7	本章小结	204
第 6 章	串行通信接口模块	205
6.1	引子	205

6.2	SCI 构架总览	206
6.2.1	SCI 与 CPU 的接口	208
6.2.2	SCI 模块内部构架	208
6.3	SCI 寄存器	210
6.3.1	寄存器总览	211
6.3.2	SCI 通信控制寄存器	213
6.3.3	SCI 控制寄存器 1	214
6.3.4	SCI 控制寄存器 2	216
6.3.5	SCI 接收状态寄存器	218
6.3.6	SCI 接收数据缓冲寄存器	220
6.3.7	SCI 发送数据缓冲寄存器	222
6.3.8	SCI FIFO 发送寄存器	222
6.3.9	SCI FIFO 接收寄存器	223
6.3.10	SCI FIFO 控制寄存器	225
6.3.11	优先级控制寄存器	227
6.4	SCI 的配置和使用	228
6.4.1	配置引脚	228
6.4.2	多处理器和异步通信	229
6.4.3	SCI 通信格式	229
6.4.4	SCI 可编程数据模式	231
6.4.5	配置波特率	232
6.4.6	配置自适应波特率	233
6.5	SCI 中断	234
6.6	SCI 应用实战——单字节/字符串传输	239
6.6.1	RS232 简介	240
6.6.2	设计思路	240
6.6.3	硬件设计	241
6.6.4	软件流程图	241
6.6.5	代码编写	242
6.6.6	运行效果及改进	244
6.7	本章小结	249
第 7 章	定时器模块	250
7.1	引子	250
7.2	定时器总览	251
7.3	定时器模块的寄存器	252
7.3.1	TIMER _x TIM 和 TIMER _x TIMH	254
7.3.2	TIMER _x PRD 和 TIMER _x PRDH	255
7.3.3	TIMER _x TCR	256

7.3.4	TIMERxTPR 和 TIMERxTPRH	258
7.4	实例讲解一——定时执行任务	259
7.4.1	设计思路	260
7.4.2	软件流程图	260
7.4.3	代码实例	261
7.4.4	运行效果及改进	265
7.5	实例讲解二——软件 PWM	266
7.5.1	设计思路	267
7.5.2	软件流程图	268
7.5.3	代码编写	269
7.5.4	运行效果及改进	272
7.6	实例讲解三——软件时钟	274
7.6.1	设计思路	275
7.6.2	软件流程图	275
7.6.3	代码编写	276
7.6.4	运行效果及改进	278
7.7	本章小结	280
第 8 章	看门狗模块	281
8.1	引子	281
8.2	看门狗配置和操作	282
8.2.1	看门狗总览	282
8.2.2	如何“喂狗”	284
8.2.3	看门狗复位和中断	285
8.2.4	低功耗模式下的看门狗	285
8.2.5	仿真器调试下的看门狗	286
8.3	看门狗寄存器	286
8.3.1	系统控制和状态寄存器	286
8.3.2	看门狗计数器寄存器	287
8.3.3	看门狗复位码字寄存器	288
8.3.4	看门狗控制寄存器	288
8.4	实例讲解	289
8.4.1	设计思路	289
8.4.2	软件流程图	290
8.4.3	代码实例	290
8.4.4	运行效果及改进	292
8.5	本章小结	294

第 9 章	PIE 模块	295
9.1	引子	295
9.2	PIE 总览	296
9.2.1	中断操作队列	297
9.2.2	中断源	299
9.3	PIE 向量表	303
9.4	中断过程的时序图	315
9.5	PIE 寄存器	316
9.5.1	PIE 中断寄存器	318
9.5.2	PIE 中断响应寄存器	318
9.5.3	PIE 中断标志位寄存器	319
9.5.4	PIE 中断使能寄存器	320
9.5.5	CPU 中断标志位寄存器	321
9.5.6	中断使能寄存器和调试中断使能寄存器	323
9.5.7	外部中断控制寄存器	327
9.5.8	如何使用 PIE 寄存器	330
9.6	PIE 实例讲解——外部中断	331
9.6.1	设计思路	331
9.6.2	硬件设计	332
9.6.3	软件流程图	332
9.6.4	代码实例	333
9.6.5	运行效果及改进	335
9.7	本章小结	337
附录 A	电路图	338
参考文献		344
后记		345

纵观 F2833x

TI C2000 系列 DSP 作为数字控制专用的 DSC,不仅集成了大量的外设(包括 EPWM、ADC、SCI、CAN 等),应用起来十分方便,而且性能强劲,拥有高主频、高运算能力。另外,入门学习相对容易,广泛用于工业控制、变频器、电源等领域。有兴趣的读者,可以去搜索一下有关变频器、UPS(不间断电源)、电机控制器的相关文献、论文,就可以很容易找到 DSP 在这些领域应用的例子。

F28xxx 系列资源丰富,功能强大,加上价格不断下降,更加亲民,必将逐步取代 281x,成为 TI C2000 产品线的新星。本章主要对 F28xxx 系列 DSP 的特性进行总体描述。F28xxx 的产品系列很合理,包括定点系列 F28232/28234/28235、浮点系列 F28332/28334/28335,都是脚对脚兼容的,更容易实现产品升级,用户可以根据实际情况方便地选择性能合适、价格适中的芯片。本书描述的 F28xxx 系列包括 TMS320F28335、TMS320F28334、TMS320F28332、TMS320F28235、TMS320F28234 和 TMS320F28232 等,这些 DSP 器件可以分为两大类: TMS320F2833x 和 TMS320F2823x。这两大系列最大区别就是 F2833x 有浮点运算单元,而 F2823x 没有浮点单元,属于定点系列的 DSP。实际工程应用中,常用 TMS320F28335,其资源丰富,性能强大。

首先解说一下缩写的含义:

(1) 281x 是 TMS320x281x 器件的缩写。包括 TMS320F2810、TMS320F2811、TMS320F2812、TMS320C2810、TMS320C2811、TMS320C2812、TMS320R2811 和 TMS320R2812。

(2) 2833x 是 TMS320x2833x 系列器件的缩写。包括 TMS320F28335、TMS320F28334 和 TMS320F28332。

(3) 2823x 是 TMS320x2823x 系列器件的缩写。包括 TMS320F28235、TMS320F28234 和 TMS320F28232。

上述器件缩写的示例,列举并不完全,读者若是有兴趣,可以上 TI 官网(www.ti.com)查询所有型号。

1.1 DSP 的典型应用

DSP 以其主频高、运算性能好、外设丰富等众多优点,广泛应用于工业控制、仪器仪表、消费电子等领域,特别在工控领域,DSP 应用极广,如电机控制器、电力设备、机床设备、过

程装备等应用。

C2000 的应用领域包括：

- (1) 机器人；
- (2) 工业自动化；
- (3) 电机控制；
- (4) 变频器；
- (5) 光伏产业；
- (6) 电源。

DSP 芯片有哪些特点？有什么优势？为何能够在众多领域应用如此广泛？下面来讲述几种 DSP 最常见的应用领域和产品，通过对这些典型产品的构架分析，就可以了解到 DSP 的适用性。

1. 电力监控产品

电力线包括常用的民用电 220V/50Hz、工业用电 380V 以及各种高压电。在理想的设计里面，电力线上的交流电应该是标准的正弦波，但由于不同地区的特定情况、外界干扰不同、负载不同、环境不同等原因，导致电力线可能混有杂波、噪声，甚至会产生波形畸变。这就需要一种电力监测设备，对电力线的波形进行实时检测并分析，从而方便电力工程人员调整供电线路。这种电力检测设计组成构架如图 1.1 所示。

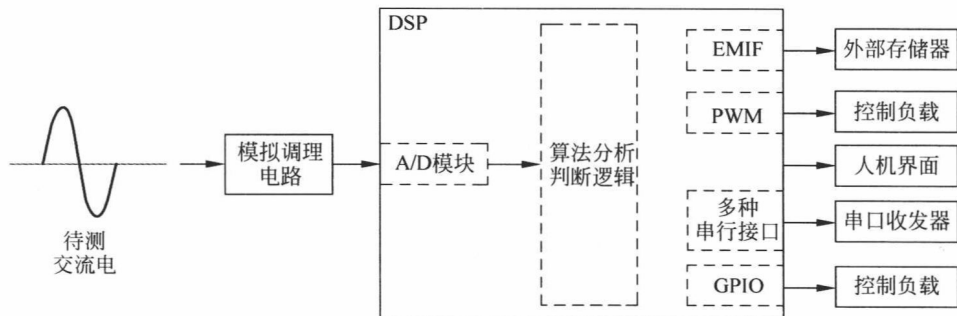


图 1.1 电力检测设计组成构架图

从图 1.1 所示的构架图可以看出，待测交流电进入模拟调理电路，将待测电源转化为设备适用的信号范围（比如高压电要降压成设备对应的测量范围，否则会击毁设备），之后进入 DSP 芯片，用 DSP 片上的 ADC 模块进行采样，采样后的数字化数据进入算法分析和判断逻辑，之后在人机界面（数码管、液晶等）上显示，也可以通过串口、CAN 等接口将数据发送出去。可以配备大容量的非易失性存储器，用来记录电力线的波形数据，以便后续分析数据。

DSP 软件中可以设计频谱分析 FFT、谐波分析、FIR 滤波器等算法。

2. 电机控制产品

电机有很多种类型：直流电机、交流电机、无刷电机、伺服电机等，是把电能转换为机械能或者机械位置的器件。

DSP 控制电机系统的原理框图如图 1.2 所示。图中可以看出外部存储器、人机界面、串口收发器等外设是辅助设备，核心功能模块是 PWM 及其后续的功率放大电路。DSP 片上的 PWM 模块可以产生高速的、占空比可调的 PWM 波形，再通过后端的 RC 滤波等调理

电路,产生类似于DAC器件的数字转模拟效果,输出电压可调的直流或者正弦波等控制波形,经过功率放大电路后,即可驱动电机转动。同时,通过反馈识别模块(包括光电编码盘、霍尔元器件等)来反馈电机当前状态参数(包括转数、位置等),进入DSP片内的QEP模块,从而识别出电机当前的运行状态,从而为算法分析和逻辑判断模块提供控制参数,并影响下一步控制信号的输出形式。

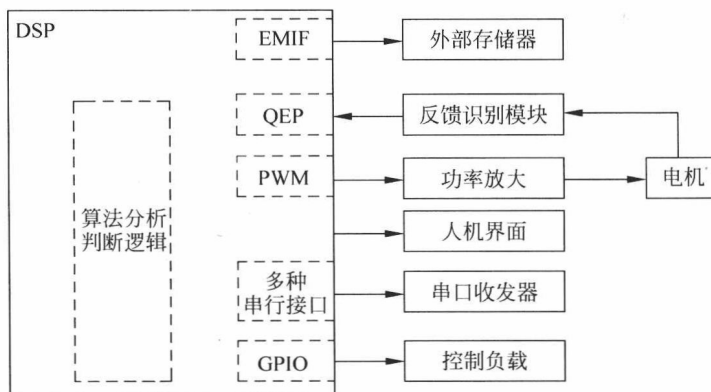


图 1.2 DSP 控制电机系统的原理框图

3. 数据采集及记录产品

DSP 常用于工业领域的数据采集及记录,用来监控温度、湿度、振动情况等,其系统构架图如图 1.3 所示。在图中,各个待测物理量由于自身的特殊性,经过特定的信号调理电路,再进入 DSP 片上 ADC 模块(多路、高速),再经过算法分析和逻辑判断,在人机界面上显示,并可以通过 SCI、SPI、CAN 等接口发送给其他电子系统,也可以配备外置的大容量、非易失性存储器,比如 SD 卡、U 盘等,用来记录长时间且不间断的采集数据,以供后期分析。

其实,上述“电力监控系统”也可以作为“数据采集及记录”中的一个分支,由于电力有着高压强电等特性,加上电力监控应用很广,所以把“电力监控系统”独立成一个分支专门讲述。

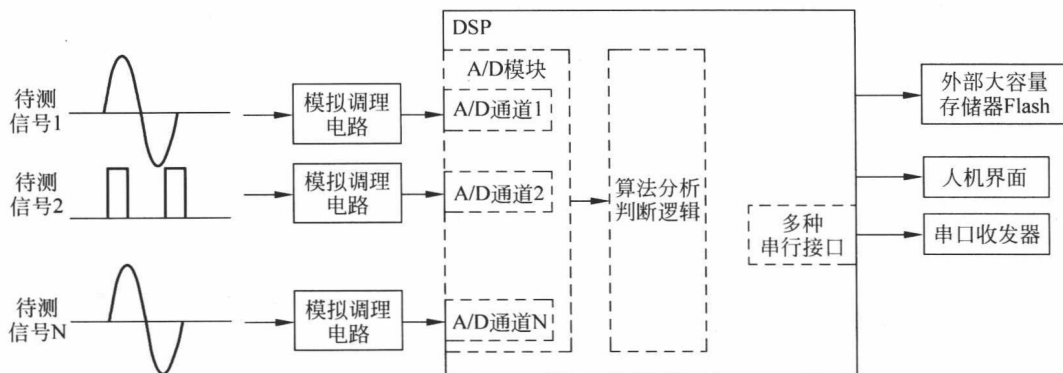


图 1.3 DSP 用于数据采集及记录的系统框图

4. 变频器/逆变器

逆变器和变频器都是将直流电变为交流电的装置。变频器可以实现交流电频率的调节,所以名字很通俗易懂,叫做“变频器”。逆变器/变频器主要使用 PWM 硬件,通过