



手把手教你学系列丛书

顾卫钢 © 编著

手把手

教你学DSP

——基于TMS320X281x (第3版)



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

| 丛书

手把手教你学 DSP ——基于 TMS320X281x (第 3 版)

顾卫钢 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书以 TMS320X281x 的开发为主线,采用生活化的语言,深入浅出地介绍了与 DSP 开发相关的方方面面,包括 DSP 开发环境的搭建、新工程的建立、CCS6.0 的使用、CMD 文件的编写、硬件电路的设计、存储器的映像、三级中断系统以及 TMS320X281X 各个外设模块的功能和使用。介绍每个部分的内容时都结合应用实例,并手把手地讲解例程的编写过程。所有代码都标注有详细的中文注释,为读者快速熟悉并掌握 DSP 的开发方法和技巧提供了方便。相比旧版,本书将原先基于 CCS3.3 版本的内容都更新成了基于 CCS6.0 的内容。

本书可供高等学校电子、通信、计算机、自动控制和电力电子技术等专业的本科和研究生作为“数字信号处理原理与应用”相关课程的教材或参考书,也可以作为数字信号处理器应用开发人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

手把手教你学 DSP : 基于 TMS320X281x / 顾卫钢编著
. -- 3 版. -- 北京 : 北京航空航天大学出版社, 2019. 2
ISBN 978 - 7 - 5124 - 2929 - 1

I. ①手… II. ①顾… III. ①数字信号处理②数字信号—微处理器 IV. ①TN911.72②TP332

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 016905 号

版权所有,侵权必究。

手把手教你学 DSP——基于 TMS320X281x(第 3 版)

顾卫钢 编著

责任编辑 董立娟

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:emsbook@buaacm.com.cn 邮购电话:(010)82316936

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:710×1 000 1/16 印张:27.75 字数:624 千字

2019 年 2 月第 3 版 2019 年 2 月第 1 次印刷 印数:4 000 册

ISBN 978 - 7 - 5124 - 2929 - 1 定价:79.00 元

第 3 版前言

本书自 2011 年 4 月首次出版以来,转眼过了七年时间,期间收获了许多肯定的反馈和一些批评的意见。感谢每一位关心和支持本书的朋友,同时,感谢北京航空航天大学出版社给了我这次机会,能让我有机会把积累的经验通过书本的形式与大家分享。

本书出版后,我陆续录制了与本书配套的教学视频,几年时间里,在优酷上的播放量已超过百万。看到本书能够受到大家的喜爱,我感到非常欣慰,同时也感到惭愧,因为自己水平有限,难免在书中出现一些小的错误,本版做了更正,另外 CCS 软件版本也更新到了 CCS6.0。

为了帮助读者能够更好地使用本书、更快地掌握 TMS320F2812 的相关知识,我开发了“C2000 助手”软件。读者使用此软件可以方便地查询到 TMS320F2812 的各个寄存器,不用再为查找寄存器而前后翻书,与本书相关的资源也都可以在此软件中找到,读者可访问 <http://www.hellodsp.com> 下载到“C2000 助手”。

本书的再版需要感谢北京航空航天大学出版社的辛勤付出,感谢东南大学博士生导师林明耀教授的悉心指导,感谢我的儿子顾徐晨小朋友,我的妻子徐丹,感谢我的伙伴郭巍、陈亚明、李杰、李跃威、陈永斌、孙跃、易琴、杨佳峰,和所有关爱我的亲人、朋友。最后,感谢所有关心和支持南京傅立叶电子有限公司发展的用户、朋友和合作者们,正是有了你们的帮助,才有了我的成长。

顾卫钢

2018 年 12 月于南京

第 2 版前言

本书自 2011 年 4 月出版第 1 版以来,转眼过了 4 年时间,今天迎来了改版,心里很高兴,首先非常感谢北京航空航天大学出版社给了我这次机会,能让我有机会把所学的知识通过书本的形式与大家分享。

本书出版后,我陆续录制了与本书配套的教学视频,4 年时间里,在优酷上的播放量已超过 50 万。看到本书能够受到大家的喜爱,我感到非常欣慰,同时也感到惭愧,因为自己水平有限,难免在书中出现一些小的错误,在读者的指正下,在第 2 版中做了更正。为了帮助读者能够更好地使用本书,能够更快地掌握 TMS320F2812 的相关知识,我开发了“C2000 助手”软件。读者使用此软件,可以方便地查询到 TMS320F2812 的各个寄存器,不用再为查找寄存器而前后翻书。与本书相关的资源也都可以在此软件中找到。读者可到 <http://www.tic2000.com> 下载“C2000 助手”。

本书的再版需要感谢编辑的辛勤付出,感谢东南大学博士生导师林明耀教授的悉心指导,需要感谢我的儿子顾徐晨小朋友、我的妻子徐丹以及所有关爱我的亲人和朋友。最后,感谢所有关心和支持南京傅立叶电子有限公司发展的用户、朋友和合作者们,正是有了你们的帮助,才有了我的成长。

顾卫钢

2015 年 5 月于南京

附:

工欲善其事,必先利其器。

学习 DSP 开发需要一定的学习、实验器材。当前市场上的学习书籍与学习器材可谓琳琅满目,但往往许多教科书缺乏相应的配套实验器材,而销售实验器材的供应商又不会提供配套的教学用书,导致许多读者学了多年还是一头雾水,没有长进。

因此,一本优秀的入门书籍与一套与之相配的实验器材是学会 DSP 开发的必要条件,在此前提下,加上自己的刻苦努力、持之以恒,才能在最短时间内学会、学好 DSP 的开发。如读者朋友自制或购买书中介绍的学习、实验器材有困难时,可与作者联系,咨询购买事宜。

本书所配的实验器材如下:

➤ 开发板: HDSP - Basic2812 或 HDSP - Super2812。

- 仿真器: HDSP - XDS100USB 或 HDSP - XDS510USB;
- 扩展板: 12864 液晶、数码管、键盘扩展板或直流电机扩展板。
另有 TMS320F28335 开发板、工业控制板可供选择。

可承接电力系统(电力保护、电能质量分析与改善、小电流接地选线系统等)、各类电机控制、电力电子装置(太阳能逆变器、变频器等)、自动化仪器仪表等项目或产品的研发,能够解决产品 EMC 抗干扰问题,实现工控品质。

联系人: 顾卫钢(13776600442)

QQ: 389785649 746477534

技术支持 Email: hellodsp@vip.163.com 作者主页: <http://www.hellodsp.com>

本书还配有教学课件。需要用于教学的教师,请与北京航空航天大学出版社联系。

通信地址: 北京市海淀区学院路 37 号北京航空航天大学出版社嵌入式系统图书分社

邮 编: 100191

传 真: 010 - 82328026

电 话: 010 - 82317035

E - mail: emsbook@buaacm.com.cn

第 1 版前言

DSP(数字信号处理器)的应用是继单片机之后,当今嵌入式系统开发中最为热门的关键技术之一,在国内也有着很广泛的应用群体。对于很多还在高校里深造的学生,甚至一些从未接触过 DSP 的工程师们,都希望能够掌握这样一门新技术。

当您翻开这一页的时候,我想您已经准备好踏上征服 DSP 的旅程了。或许您还对 DSP 并没有太多的了解,或许您心里还没有底,对自己是否能够掌握好这门技术还没有足够的信心。我知道,一个人埋头学习,就像一个人独自远行,毕竟会孤单、寂寞,困难时更会焦虑、彷徨。如果能有一个伙伴同行,相互关心,相互帮助,我想,这一路上应该会有许多欢声笑语吧。收拾心情,勇敢地上路吧,我和 HELLODSP 愿意与您同行,一同开始这段虽然艰辛但也充满乐趣的 DSP 学习之旅,一起来学习与 TMS320X281x DSP 开发相关的内容。

TMS320X281x DSP 是 TI 公司一款用于控制的高性能、多功能、高性价比的 32 位定点 DSP。它整合了 DSP 和微控制器的最佳特性,集成了事件管理器、A/D 转换模块、SCI 通信接口、SPI 外设接口、eCAN 总线通信模块、看门狗电路、通用数字 I/O 口、多通道缓冲串口、外部中断接口等多种功能模块,为功能复杂的控制系统设计提供了方便,同时由于其性价比高,越来越多地被应用于数字电机控制、工业自动化、电力转换系统、医疗器械及通信设备中。

很多朋友可能急切地想了解如何才能够快速掌握 TMS320X281x DSP 的开发技术,经常会有人问大概需要多长时间才能基本掌握,在学习过程中有没有什么便捷的方法。这个问题的答案应当是因人而异,但是捷径肯定是没有,唯一的办法就是需要多花时间和精力。从作者个人经历来看,学习这门技术,理论很重要,但实践更重要。理论与实践结合过程中更是需要多思考、多分析、多总结,还要多交流。当然,开始学习之前还需要选择一本通俗易懂的教材。

作者从读者的角度出发,根据多年来采用 TMS320X281x 数字信号处理器开发项目的经验,并结合自身学习过程中曾经遇到的问题来编写此书。书中采用朴实简洁的语言,结合生活中丰富形象的例子来讲解 DSP 开发过程中的疑点和难点,把原本难以理解的知识点尽量生活化、简单化,以便于讲解透彻。大家在学习过程中也可以体会,其实很多理论或知识点都可以和我们生活中一些常见的现象或道理结合起来,这样可以很好地帮助我们记忆和理解。

本书涉及了与 TMS320X281x 开发相关的方方面面,深入浅出地介绍了

TMS320X281x 的功能特点、工作原理、片内资源的应用开发以及相关寄存器的配置。在介绍各外设单元功能的同时,还以 HELLODSP 的 HDSP-Super2812 开发板为硬件平台,介绍了相关的应用实例,手把手地讲解了如何编写该工程,并给出详细的 C 语言程序清单,所有的程序都经过了验证。

本书共享相关的资料,包括:所有实例的 C 语言程序代码、Flash 烧写所需资源以及常用的一些调试工具软件,可以在 HELLODSP 论坛本书书友会 <http://www.hellodsp.com/?p=154> 下载。

参与本书编写工作的有:南通大学的张蔚老师、南京理工大学的李强副教授、谢芬、冯伟、周逸云、仇剑东、王小军、田加强、徐伟、严俊、周谷庆、陈晨、胡文晖、梁宏艳、苗世华、谢经东、杨敏、王亚丽、赵丽娟、杜坚、徐友、张卿杰、袁成星、倪敏、顾帅、顾瑜、陈亚明、唐金城、沈彩玲、桑绘绘等,他们为本书提供了大量的资料,参与了本书的编写与录入工作,并进行了大量的实验。在此,还要感谢我的恩师,东南大学博士生导师林明耀教授,正是您的谆谆教导,才有今天此书的问世。最后,还要感谢我的妻子、父母、岳父、岳母、杨菊琴老师和袁建忠老师,如果没有他们的关爱、鼓励和支持,此书难以完成。

限于本人水平有限,虽然尽力完善,但是错误和不当之处在所难免,恳请大家批评指正。欢迎大家访问中国 DSP 开发服务平台——HELLODSP(www.hellodsp.com),同 8 万多名工程师一起探讨 DSP 技术问题。

顾卫钢

2011 年 1 月

于东南大学国家科技园



第 1 章 如何开始 DSP 的学习和开发	1
1.1 DSP 基础知识	1
1.1.1 什么是 DSP	1
1.1.2 DSP 的特点	2
1.1.3 DSP 与 MCU、ARM、FPGA 的区别	2
1.1.4 学习开发 DSP 所需要的知识	3
1.2 如何选择 DSP	4
1.2.1 DSP 厂商介绍	4
1.2.2 TI 公司各个系列 DSP 的特点	5
1.2.3 TI DSP 具体型号的含义	7
1.2.4 C2000 系列 DSP 选型指南	7
1.3 DSP 开发所需要准备的工具以及开发平台的搭建	9
1.3.1 CCS 的版本	10
1.3.2 CCS6 的安装	10
1.3.3 基于 HDSP - Super2812 开发平台的搭建	14
1.4 如何学好 DSP	15
1.4.1 众多工程师的讨论和经验	15
1.4.2 作者的建议	22
1.5 C2000 助手软件介绍	24
第 2 章 TMS320X2812 的结构、资源及性能	25
2.1 TMS320X2812 的片内资源	25
2.1.1 TMS320X2812 的性能	27
2.1.2 TMS320X2812 的片内外设	28
2.2 TMS320X2812 的引脚分布及引脚功能	30
2.2.1 TMS320X2812 的引脚分布	30
2.2.2 TMS320X2812 的引脚功能	31
第 3 章 TMS320X281x 的硬件设计	40
3.1 如何保证 X2812 系统的正常工作	40
3.2 常用硬件电路的设计	41
3.2.1 TMS320X2812 最小系统设计	41

3.2.2	电源电路的设计	41
3.2.3	复位电路及 JTAG 下载口电路的设计	41
3.2.4	外扩 RAM 的设计	42
3.2.5	外扩 Flash 的设计	44
3.2.6	PWM 电路的设计	45
3.2.7	串口电路的设计	45
3.2.8	A/D 保护及校正电路的设计	46
3.2.9	CAN 电路的设计	47
3.3	D/A 电路的设计以及波形发生器的实现	48
第 4 章	创建一个新工程	50
4.1	控制原理分析	50
4.2	创建工程	51
4.3	编译与调试	62
4.3.1	编译工程	62
4.3.2	下载程序	64
第 5 章	CCS 的常用操作	69
5.1	导入 CCS 工程	69
5.2	移除工程	74
5.3	查找变量	75
5.4	观察变量	75
5.5	观察内存	79
5.6	Graph 功能	80
第 6 章	使用 C 语言操作 DSP 的寄存器	83
6.1	寄存器的 C 语言访问	83
6.1.1	了解 SCI 的寄存器	83
6.1.2	使用位定义的方法定义寄存器	85
6.1.3	声明共同体	87
6.1.4	创建结构体文件	88
6.2	寄存器文件的空间分配	90
第 7 章	存储器的结构、映像及 CMD 文件的编写	93
7.1	存储器相关的总线知识	93
7.2	F2812 的存储器	95
7.2.1	F2812 存储器的结构	95
7.2.2	F2812 存储器映像	95
7.2.3	F2812 的各个存储器模块的特点	99
7.3	CMD 文件	102
7.3.1	COFF 格式和段的概念	102

7.3.2	C语言生成的段	103
7.3.3	CMD文件的编写	105
7.4	外部接口 XINTF	111
7.4.1	XINTF的存储区域	112
7.4.2	XINTF的时钟	115
7.5	手把手教你访问外部存储器	115
7.5.1	外部RAM空间数据读/写	116
7.5.2	外部Flash空间数据读/写	119
第8章	X281x的时钟和系统控制	128
8.1	振荡器 OSC和锁相环 PLL	128
8.2	X2812中各种时钟信号的产生	129
8.3	看门狗电路	130
8.4	低功耗模式	132
8.5	时钟和系统控制模块的寄存器	132
8.6	手把手教你写系统初始化函数	137
第9章	通用输入/输出多路复用器 GPIO	140
9.1	GPIO多路复用器	140
9.1.1	GPIO的寄存器	140
9.1.2	GPIO寄存器位与I/O引脚的对应关系	145
9.2	手把手教你使用GPIO引脚控制LED灯闪烁	149
第10章	CPU定时器	154
10.1	CPU定时器工作原理	154
10.2	CPU定时器寄存器	156
10.3	分析CPU定时器的配置函数	159
第11章	X2812的中断系统	162
11.1	什么是中断	162
11.2	X2812的CPU中断	163
11.2.1	CPU中断的概述	163
11.2.2	CPU中断向量和优先级	164
11.2.3	CPU中断的寄存器	166
11.2.4	可屏蔽中断的响应过程	168
11.3	X2812的PIE中断	169
11.3.1	PIE中断概述	170
11.3.2	PIE中断寄存器	171
11.3.3	PIE中断向量表	174
11.4	X281x的三级中断系统分析	179
11.5	成功实现中断的必要步骤	182

11.6	手把手教你使用 CPU 定时器 0 的周期中断来控制 LED 灯的闪烁	184
第 12 章	事件管理器 EV	189
12.1	事件管理器的功能	189
12.2	通用定时器	192
12.2.1	通用定时器的时钟	194
12.2.2	通用定时器的计数模式	195
12.2.3	通用定时器的中断事件	198
12.2.4	通用定时器的同步	199
12.2.5	通用定时器的比较操作和 PWM 波	200
12.2.6	通用定时器的寄存器	203
12.3	比较单元与 PWM 电路	208
12.3.1	全比较单元	209
12.3.2	带有死区控制的 PWM 电路	210
12.3.3	比较单元的中断事件	213
12.3.4	比较单元的寄存器	213
12.4	捕获单元	219
12.4.1	捕获单元的结构	220
12.4.2	捕获单元的操作	220
12.4.3	捕获单元的中断事件	222
12.4.4	捕获单元的寄存器	223
12.5	正交编码电路	226
12.6	事件管理器的中断及其寄存器	229
12.7	手把手教你产生 PWM 波形	236
12.7.1	输出占空比固定的 PWM 波形	236
12.7.2	输出占空比可变的 PWM 波形	242
第 13 章	模/数转换器 ADC	247
13.1	X281x 内部的 ADC 模块	247
13.1.1	ADC 模块的特点	249
13.1.2	ADC 的时钟频率和采样频率	251
13.2	ADC 模块的工作方式	253
13.2.1	双序列发生器模式下顺序采样	255
13.2.2	双序列发生器模式下并发采样	258
13.2.3	级联模式下的顺序采样	260
13.2.4	级联模式下的并发采样	263
13.2.5	序列发生器连续自动序列化模式和启动/停止模式	264
13.3	ADC 模块的中断	265
13.4	ADC 模块的寄存器	268

13.5	手把手教你写 ADC 采样程序	276
13.6	ADC 模块采样校正技术	280
13.6.1	ADC 校正的原理	281
13.6.2	ADC 校正的措施	282
13.6.3	手把手教你写 ADC 校正的软件算法	283
第 14 章	串行通信接口 SCI	291
14.1	SCI 模块的概述	291
14.1.1	SCI 模块的特点	292
14.1.2	SCI 模块信号总结	293
14.2	SCI 模块的工作原理	293
14.2.1	SCI 模块发送和接收数据的工作原理	294
14.2.2	SCI 通信的数据格式	295
14.2.3	SCI 通信的波特率	296
14.2.4	SCI 模块的 FIFO 队列	297
14.2.5	SCI 模块的中断	298
14.3	SCI 多处理器通信模式	300
14.3.1	地址位多处理器通信模式	301
14.3.2	空闲线多处理器通信模式	301
14.4	SCI 模块的寄存器	302
14.5	手把手教你写 SCI 发送和接收程序	312
14.5.1	查询方式实现数据的发送和接收	313
14.5.2	中断方式实现数据的发送和接收	319
14.5.3	采用 FIFO 来实现数据的发送和接收	324
第 15 章	串行外设接口 SPI	331
15.1	SPI 模块的通用知识	331
15.2	X281x SPI 模块的概述	333
15.2.1	SPI 模块的特点	334
15.2.2	SPI 的信号总结	334
15.3	SPI 模块的工作原理	335
15.3.1	SPI 主从工作方式	336
15.3.2	SPI 数据格式	338
15.3.3	SPI 波特率	339
15.3.4	SPI 时钟配置	340
15.3.5	SPI 的 FIFO 队列	341
15.3.6	SPI 的中断	342
15.4	SPI 模块的寄存器	343
15.5	手把手教你写 SPI 通信程序	351

第 16 章 增强型控制器局域网通信接口 eCAN	357
16.1 CAN 总线的概述	357
16.1.1 什么是 CAN	357
16.1.2 CAN 是怎样发展起来的	358
16.1.3 CAN 是怎样工作的	358
16.1.4 CAN 有哪些特点	359
16.1.5 什么是标准格式 CAN 和扩展格式 CAN	360
16.2 CAN2.0B 协议	360
16.2.1 CAN 总线帧的格式和类型	360
16.2.2 CAN 总线通信错误处理	366
16.2.3 CAN 总线的位定时要求	367
16.2.4 CAN 总线的位仲裁	368
16.3 X281x eCAN 模块的概述	369
16.3.1 eCAN 模块的结构	369
16.3.2 eCAN 模块的特点	371
16.3.3 eCAN 模块的存储空间	371
16.3.4 eCAN 模块的邮箱	372
16.4 X281x eCAN 模块的寄存器	375
16.5 X281x eCAN 模块的配置	390
16.5.1 波特率的配置	390
16.5.2 邮箱初始化的配置	391
16.5.3 消息的发送操作	393
16.5.4 消息的接收操作	393
16.6 eCAN 模块的中断	395
16.7 手把手教你实现 CAN 通信	398
16.7.1 手把手教你实现 CAN 消息的发送	398
16.7.2 手把手教你实现 CAN 消息的接收(中断方式)	403
第 17 章 基于 HDSP - Super2812 的开发实例	407
17.1 谈谈通常项目的开发过程	407
17.2 设计一个有趣的时钟日期程序	408
17.2.1 硬件设计	409
17.2.2 软件设计(含 I2C 接口程序)	409
17.3 设计一个 SPWM 程序	420
17.3.1 原理分析	420
17.3.2 软件设计	422
17.4 代码烧写入 Flash 固化	426
参考文献	429

第 1 章

如何开始 DSP 的学习和开发

刚刚接触 DSP 的朋友通常最关心的问题就是如何开始 DSP 的学习,如何能够把 DSP 学好,如何建立学习的信心。对于这个问题,曾经在网络和研讨会上讨论过很多,但是内容多是零零散散的,了解起来不是太方便。为了开个好头,就一起先来了解一下 DSP 的一些基础知识,一起来探讨如何选择 DSP,以及如何学习、如何学好 DSP 等问题。

1.1 DSP 基础知识

可能大家都不会想到,DSP 的前身是 TI 公司设计的用于玩具上的一款芯片,经过二三十年的发展,在许多科学家和工程师的努力下,如今 DSP 已经成为数字化信息时代的核心引擎,广泛应用于通信、家电、航空航天、工业测量、控制、生物医学工程以及军事等许多需要实时实现的领域。从 DSP 最初的应用来看,DSP 的学习不也应该是一件轻松愉快的事情。

1.1.1 什么是 DSP

DSP 是 Digital Signal Processing 的缩写,同时也是 Digital Signal Processor 的缩写。前者是指数字信号处理技术,后者是指数字信号处理器。通常来说,在本书中通常讲的 DSP 是数字信号处理器,主要研究如何将理论上的数字信号处理技术应用于数字信号处理器中。

通常流过器件的电压、电流信号都是时间上连续的模拟信号,可以通过 A/D 器件对连续的模拟信号进行采样,转换成时间上离散的脉冲信号,然后对这些脉冲信号量化、编码,转换成由 0 和 1 构成的二进制编码,也就是常说的数字信号,如图 1-1 所示。当然,采样、量化、编码这些操作都是由 A/D 转换器件来完成的。

DSP 能够对数字信号轻松的进行变换、滤波等处理,还可以进行各种各样复杂的

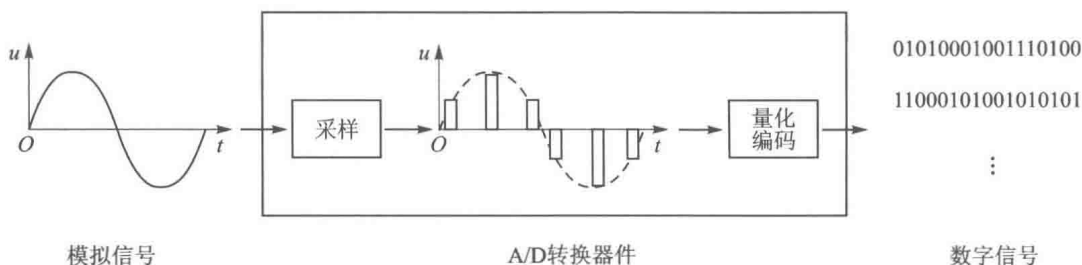


图 1-1 模拟信号转变为数字信号的过程

运算,从而实现预期的目标。

1.1.2 DSP 的特点

DSP 既然是特别适用于数字信号处理运算的微处理器,那么根据数字信号处理的要求,DSP 芯片一般具有下面所述的主要特点:

- 程序空间和数据空间分开,CPU 可以同时访问指令和数据;
- 在一个指令周期内可以完成一次乘法和一次加法运算;
- 片内具有快速 RAM,通常可以经独立的数据总线在程序空间和数据空间同时访问;
- 具有低开销或无开销循环及跳转的硬件支持;
- 具有快速的中断处理和硬件 I/O 支持;
- 可以并行执行多个操作;
- 支持流水线操作,使得取址、译码和执行等操作可以重叠执行。

DSP 是不是在数字信号处理器的舞台上是一枝独秀的呢?答案是否定的,其实在微处理器领域,DSP 存在着许多的竞争者,如 MCU、ARM、FPGA 等。它们每个都有自己的优点,都有自己擅长的一面,从而在微处理器领域占有一席之地。

1.1.3 DSP 与 MCU、ARM、FPGA 的区别

先来看看 DSP 与 MCU 之间的区别。DSP 采用的是哈佛结构,数据空间和存储空间是分开的,通过独立的数据总线在程序空间和数据空间同时访问,而 MCU 采用的是冯·诺伊曼结构,数据空间和存储空间共用一个存储器空间,通过一组总线(地址总线和数据总线)连接到 CPU。很显然,在运算处理能力上,MCU 不如 DSP,但是 MCU 有个很大的优点,就是价格便宜,这在成本控制比较严格、对性能要求不是很高的情况下,MCU 还是很具有优势的。当然,随着工艺的发展和产业化进程的不断加快,DSP 的性能在不断提高的同时,价格也在不断地降低。

ARM 是 Advanced RISC(精简指令集) Machines 的缩写,是面向低预算市场的 RISC 微处理器。ARM 具有比较强的事务管理功能,适用于跑跑界面和操作系统等,

其优势主要体现在控制方面,像手持设备 90%左右的市场份额均被其占有。而 DSP 的优势是其强大的数据处理能力和较高的运行速度,所以多用于数据处理,例如加密解密、调制解调等,值得一提的是,TI 公司的 C2000 系列的 DSP 除了具有强大的运算能力之外,也是控制领域的佼佼者。

FPGA 是 Field Programmable Gate Array(现场可编程门阵列)的缩写,它是在 PAL、GAL、PLD 等可编程器件的基础上进一步发展的产物,是专用集成电路中集成度最高的一种。FPGA 采用了逻辑单元阵列 LCA(Logic Cell Array)的概念,内部包括了可配置逻辑模块 CLB(Configurable Logic Block)、输入输出模块 IOB(Input Output Block)、内部连线(Interconnect)三个部分。用户可以对 FPGA 内部的逻辑模块和 I/O 模块进行重新配置,以实现用户自己的逻辑。它还具有静态可重复编程和动态在系统重构的特性,使得硬件的功能可以像软件一样通过编程来修改。使用 FPGA 来开发数字电路,可以大大缩短设计时间,减少 PCB 面积,提高系统的可靠性;同时,FPGA 可以用 VHDL 或 Verilog HDL 来编程,灵活性强,由于能够进行编程、除错、再编程和重复操作,因此可以充分的进行设计开发和验证。当电路有少量的改动时,更能显示出 FPGA 的优势,其现场编程能力可以延长产品在市场上的寿命,而这种能力可以用来进行系统升级或除错。不过,FPGA 的价格通常比较昂贵,这是限制其应用的一个原因。

在一些复杂的应用场合,一般都不是只有一个处理器来单独挑大梁的,往往会采用多个处理器同时运行的模式,DSP、ARM、FPGA 可能都会被使用,它们各自发挥长处,互补合作,来完成一个复杂系统的任务。例如,在电力自动化装置中,不但有显示、通信、复杂的事件处理,还有大量数据的处理,而且对运算的时间要求非常高,因此,在最新的这些装置中,一般都会采用 DSP+ARM+FPGA 的结构。就像现在一直强调的团队合作一样,个人的力量毕竟比较小,不可能各个方面都擅长,也没有那么多精力,只有具有不同才华的团队成员分工合作,齐心协力,才能把一件难度较大的事情做好,才能做出成绩。

1.1.4 学习开发 DSP 所需要的知识

如果大家没有接触过 DSP,又听人说 DSP 门槛相对比较高,学习起来比较困难的话,在开始学习之前,是不是有点担心呢?是不是想知道学习开发 DSP 的话,最好具有哪些基础知识呢?

无论学习哪一款微处理器,应掌握两个部分,一个是硬件,一个是软件。硬件部分,最好有过 MCU 或者 ARM 之类的相关的微处理器的经验,因为硬件上,各个处理器之间是有许多共同点的,设计时处理的方法很多是一样的。当然,若没有接触过硬件知识也不要紧,可以以 DSP 为起点,慢慢进行积累。软件部分,需要会 C 或者 C++ 语言,这是必须的;如果没有这个作为基础的话,那 DSP 开发真的就无从下手了,因为编程的时候总是要用到 C 语言的,当然,如果会汇编那自然就更好了。

除了上面两方面的技能之外,如果在信号处理理论方面有一些基础,例如知道时域