



手把手教你学系列丛书

DSP

手把手教你学 DSP

——基于TMS320X281x



NLIC 2970680127

顾卫钢 编著



源程序下载地址

<http://www.hellodsp.com/dsp2812.html>



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

手把手教你学系列丛书

手把手教你学 DSP ——基于 TMS320X281x

顾卫钢 编著



NLIC 2970680127

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书以 TMS320X281x DSP 的开发为主线,采用生动的语言深入浅出地介绍与 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、CCS3.3 的使用、GEL 文件与 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 的各个外设模块的功能和使用。每部分内容都结合应用实例,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。

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/dsp2812.html> 下载。

本书可供高等院校电子、通信、计算机、自动控制 and 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

-- 北京 : 北京航空航天大学出版社,2011.4

ISBN 978-7-5124-0371-0

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 038479 号

版权所有,侵权必究。

手把手教你学 DSP

——基于 TMS320X281x

顾卫钢 编著

责任编辑 刘 星

*

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@gmail.com 邮购电话:(010)82316936

北京宏伟双华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1 092 1/16 印张:28.5 字数:730 千字

2011 年 4 月第 1 版 2011 年 4 月第 1 次印刷 印数:4 000 册

ISBN 978-7-5124-0371-0 定价:49.50 元

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马达控制、工业自动化、电力转换系统、医疗器械及通信设备中。

很多朋友可能想急切地了解如何才能快速掌握 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,在学习的过程中有没有什么好的便捷的方法。这个问题的答案应当是因人而异的,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。从作者个人的经历来看,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,并结合以往自身学习过程中曾经遇到过的问题来编写此书。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。大家在学习的过程中也可以体会,其实很多理论或者知识点都是可以和我们生活中一些常见的现象或者道理结合起来的,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/>

dsp2812.html 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，正是林教授的谆谆教导，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

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：

- HDSP - Basci2812 开发板(或 HDSP - Super2812 开发板)；
- USB 仿真器；
- 16×2 字符型液晶显示模组(带背光照明)；
- 128×64 点阵图型液晶显示模组(带背光照明)；
- 5 V 高稳定专用稳压电源；
- 配套开发软件。

联系方式如下：

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>



录

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	6
1.2.4 C2000 系列 DSP 选型指南	6
1.3 DSP 开发所需要准备的工具以及开发平台的搭建	8
1.3.1 CCS 的版本	9
1.3.2 CCS3.3 的安装	9
1.3.3 仿真器的安装	14
1.3.4 Setup Code Composer Studio v3.3 的配置	20
1.3.5 基于 HDSP - Super2812 开发平台的搭建	22
1.4 如何学好 DSP	23
1.4.1 众多工程师的讨论和经验	23
1.4.2 作者的建议	28
第 2 章 TMS320X2812 的结构、资源及性能	31
2.1 TMS320X2812 的片内资源	31
2.1.1 TMS320X2812 的性能	32
2.1.2 TMS320X2812 的片内外设	34
2.2 TMS320X2812 的引脚分布及引脚功能	35
2.2.1 TMS320X2812 的引脚分布	36
2.2.2 TMS320X2812 的引脚功能	36
第 3 章 TMS320X281x 的硬件设计	45
3.1 如何保证 X2812 系统的正常工作	45
3.2 常用硬件电路的设计	45
3.2.1 TMS320X2812 最小系统设计	46
3.2.2 电源电路的设计	47
3.2.3 复位电路及 JTAG 下载口电路的设计	47
3.2.4 外扩 RAM 的设计	48
3.2.5 外扩 Flash 的设计	49

3.2.6	PWM 电路的设计	49
3.2.7	串口电路的设计	50
3.2.8	A/D 保护及校正电路的设计	50
3.2.9	CAN 电路的设计	52
3.3	D/A 电路的设计以及波形发生器的实现	52
第 4 章	如何构建一个完整的工程	54
4.1	一个完整的工程由哪些文件构成	54
4.1.1	头文件	56
4.1.2	库文件	60
4.1.3	源文件	61
4.1.4	CMD 文件	62
4.2	通用扩展语言 GEL	62
4.2.1	GEL 语法	63
4.2.2	GEL 函数	64
4.2.3	GEL 语句	66
4.2.4	加载或卸载 GEL 函数	68
4.2.5	使用关键字在 GEL 菜单中添加 GEL 函数	68
4.2.6	CCS 自带的 GEL 函数	71
4.2.7	解读 c2812.gel 文件	80
4.2.8	体验有趣的 GEL 函数	81
4.3	手把手教你创建新的工程	83
第 5 章	CCS3.3 的常用操作	89
5.1	了解 CCS3.3 的布局 and 结构	89
5.2	编辑代码时的常用操作	90
5.2.1	创建新的工程	90
5.2.2	打开已存在的工程	91
5.2.3	新建一个文件	92
5.2.4	向工程添加文件	94
5.2.5	移除工程中的文件	95
5.2.6	给工程添加库文件	96
5.2.7	查找变量	97
5.2.8	替换变量	98
5.2.9	查看源码	99
5.3	编辑完成后常用的操作	99
5.3.1	生成可执行代码	99
5.3.2	链接目标板上的 DSP	100
5.3.3	将可执行文件下载入 DSP	101
5.3.4	运行、暂停程序	102
5.4	调试时常用的操作	103
5.4.1	添加、移除断点	103
5.4.2	单步调试	104
5.4.3	使用 Watch Window 观察变量	106

5.4.4	保存并导出变量的值	108
5.4.5	观察指定存储空间内的数据	110
5.4.6	统计代码的运行时间	110
5.4.7	在 CCS3.3 中显示图形	112
第 6 章	使用 C 语言操作 DSP 的寄存器	118
6.1	寄存器的 C 语言访问	118
6.1.1	了解 SCI 的寄存器	118
6.1.2	使用位定义的方法定义寄存器	120
6.1.3	声明共同体	122
6.1.4	创建结构体文件	122
6.2	寄存器文件的空间分配	125
第 7 章	存储器的结构、映像及 CMD 文件的编写	127
7.1	存储器相关的总线知识	127
7.2	F2812 的存储器	129
7.2.1	F2812 存储器的结构	129
7.2.2	F2812 存储器映像	129
7.2.3	F2812 的各个存储器模块的特点	132
7.3	CMD 文件	135
7.3.1	COFF 格式和段的概念	136
7.3.2	C 语言生成的段	136
7.3.3	CMD 文件的编写	138
7.4	外部接口 XINTF	144
7.4.1	XINTF 的存储区域	145
7.4.2	XINTF 的时钟	147
7.5	手把手教你访问外部存储器	148
7.5.1	外部 RAM 空间数据读/写	148
7.5.2	外部 Flash 空间数据读/写	152
第 8 章	X281x 的时钟和系统控制	161
8.1	振荡器 OSC 和锁相环 PLL	161
8.2	X2812 中各种时钟信号的产生	162
8.3	看门狗电路	163
8.4	低功耗模式	164
8.5	时钟和系统控制模块的寄存器	165
8.6	手把手教你写系统初始化函数	170
第 9 章	通用输入/输出多路复用器 GPIO	172
9.1	GPIO 多路复用器	172
9.1.1	GPIO 的寄存器	172
9.1.2	GPIO 寄存器位与 I/O 引脚的对应关系	177
9.2	手把手教你使用 GPIO 引脚控制 LED 灯闪烁	180
第 10 章	CPU 定时器	185
10.1	CPU 定时器工作原理	185
10.2	CPU 定时器寄存器	187

10.3	分析 CPU 定时器的配置函数	190
第 11 章	X2812 的中断系统	193
11.1	什么是中断	193
11.2	X2812 的 CPU 中断	194
11.2.1	CPU 中断的概述	194
11.2.2	CPU 中断向量和优先级	195
11.2.3	CPU 中断的寄存器	196
11.2.4	可屏蔽中断的响应过程	198
11.3	X2812 的 PIE 中断	199
11.3.1	PIE 中断概述	200
11.3.2	PIE 中断寄存器	201
11.3.3	PIE 中断向量表	203
11.4	X281x 的三级中断系统分析	208
11.5	成功实现中断的必要步骤	211
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	213
第 12 章	事件管理器 EV	218
12.1	事件管理器的功能	218
12.2	通用定时器	221
12.2.1	通用定时器的时钟	222
12.2.2	通用定时器的计数模式	223
12.2.3	通用定时器的中断事件	226
12.2.4	通用定时器的同步	227
12.2.5	通用定时器的比较操作和 PWM 波	228
12.2.6	通用定时器的寄存器	231
12.3	比较单元与 PWM 电路	235
12.3.1	全比较单元	237
12.3.2	带有死区控制的 PWM 电路	238
12.3.3	比较单元的中断事件	240
12.3.4	比较单元的寄存器	240
12.4	捕获单元	246
12.4.1	捕获单元的结构	247
12.4.2	捕获单元的操作	247
12.4.3	捕获单元的中断事件	249
12.4.4	捕获单元的寄存器	249
12.5	正交编码电路	252
12.6	事件管理器的中断及其寄存器	255
12.7	手把手教你产生 PWM 波形	262
12.7.1	输出占空比固定的 PWM 波形	262
12.7.2	输出占空比可变的 PWM 波形	268
第 13 章	模/数转换器 ADC	273
13.1	X281x 内部的 ADC 模块	273
13.1.1	ADC 模块的特点	274

13.1.2	ADC 的时钟频率和采样频率	277
13.2	ADC 模块的工作方式	278
13.2.1	双序列发生器模式下顺序采样	280
13.2.2	双序列发生器模式下并发采样	283
13.2.3	级联模式下的顺序采样	285
13.2.4	级联模式下的并发采样	287
13.2.5	序列发生器连续自动序列化模式和启动/停止模式	289
13.3	ADC 模块的中断	290
13.4	ADC 模块的寄存器	292
13.5	手把手教你写 ADC 采样程序	300
13.6	ADC 模块采样校正技术	305
13.6.1	ADC 校正的原理	305
13.6.2	ADC 校正的措施	306
13.6.3	手把手教你写 ADC 校正的软件算法	307
第 14 章	串行通信接口 SCI	315
14.1	SCI 模块的概述	315
14.1.1	SCI 模块的特点	316
14.1.2	SCI 模块信号总结	317
14.2	SCI 模块的工作原理	317
14.2.1	SCI 模块发送和接收数据的工作原理	317
14.2.2	SCI 通信的数据格式	319
14.2.3	SCI 通信的波特率	320
14.2.4	SCI 模块的 FIFO 队列	321
14.2.5	SCI 模块的中断	321
14.3	SCI 多处理器通信模式	323
14.3.1	地址位多处理器通信模式	324
14.3.2	空闲线多处理器通信模式	324
14.4	SCI 模块的寄存器	325
14.5	手把手教你写 SCI 发送和接收程序	334
14.5.1	查询方式实现数据的发送和接收	334
14.5.2	中断方式实现数据的发送和接收	341
14.5.3	采用 FIFO 来实现数据的发送和接收	345
第 15 章	串行外设接口 SPI	352
15.1	SPI 模块的通用知识	352
15.2	X281x SPI 模块的概述	354
15.2.1	SPI 模块的特点	354
15.2.2	SPI 的信号总结	355
15.3	SPI 模块的工作原理	355
15.3.1	SPI 主从工作方式	356
15.3.2	SPI 数据格式	359
15.3.3	SPI 波特率	359
15.3.4	SPI 时钟配置	360

15.3.5	SPI 的 FIFO 队列	361
15.3.6	SPI 的中断	362
15.4	SPI 模块的寄存器	363
15.5	手把手教你写 SPI 通信程序	370
第 16 章	增强型控制器局域网通信接口 eCAN	376
16.1	CAN 总线的概述	376
16.1.1	什么是 CAN	376
16.1.2	CAN 是怎样发展起来的	377
16.1.3	CAN 是怎样工作的	377
16.1.4	CAN 有哪些特点	378
16.1.5	什么是标准格式 CAN 和扩展格式 CAN	378
16.2	CAN2.0B 协议	379
16.2.1	CAN 总线帧的格式和类型	379
16.2.2	CAN 总线通信错误处理	384
16.2.3	CAN 总线的位定时要求	385
16.2.4	CAN 总线的位仲裁	386
16.3	X281x eCAN 模块的概述	387
16.3.1	eCAN 模块的结构	387
16.3.2	eCAN 模块的特点	388
16.3.3	eCAN 模块的存储空间	389
16.3.4	eCAN 模块的邮箱	389
16.4	X281x eCAN 模块的寄存器	393
16.5	X281x eCAN 模块的配置	406
16.5.1	波特率的配置	406
16.5.2	邮箱初始化的配置	407
16.5.3	消息的发送操作	409
16.5.4	消息的接收操作	410
16.6	eCAN 模块的中断	412
16.7	手把手教你实现 CAN 通信	414
16.7.1	手把手教你实现 CAN 消息的发送	415
16.7.2	手把手教你实现 CAN 消息的接收(中断方式)	419
第 17 章	基于 HDSP - Super2812 的开发实例	424
17.1	谈谈通常项目的开发过程	424
17.2	设计一个有趣的时钟日期程序	425
17.2.1	硬件设计	425
17.2.2	软件设计(含 I2C 接口程序)	426
17.3	设计一个 SPWM 程序	437
17.3.1	原理分析	437
17.3.2	软件设计	439
17.4	代码烧写入 Flash 固化	443
	参考文献	446

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,大家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之下,如今 DSP 已经成为数字化信息时代的核心引擎,广泛应用于家电、通信、航空航天、工业测量、控制、生物医学工程以及军事等许许多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吗?

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,或者在本书中讲的 DSP 是数字信号处理器的意思,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

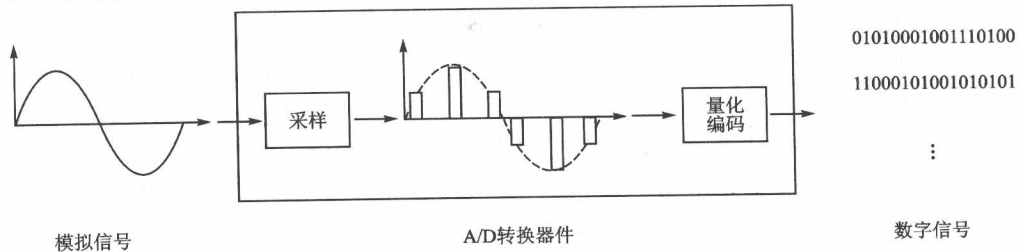


图 1-1 模拟信号转变为数字信号的过程

这些操作都是由 A/D 转换器件来完成的。

DSP 能够轻松地对这些数字信号进行变换、滤波等处理,还可以进行各种各样复杂的运算,来实现预期的目标。

1.1.2 DSP 的特点

DSP 既然是特别适合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:

- ① 程序空间和数据空间分开,CPU 可以同时访问指令和数据;
- ② 在一个指令周期内可以完成一次乘法和一次加法运算;
- ③ 片内具有快速 RAM,通常可以通过独立的数据总线在程序空间和数据空间同时访问;
- ④ 具有低开销或无开销循环及跳转的硬件支持;
- ⑤ 具有快速的中断处理和硬件 I/O 支持;
- ⑥ 可以并行执行多个操作;
- ⑦ 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。

那 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,例如 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,适合用来跑跑界面、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 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 FPGA 能够进行编程、除错、再编程和重复操作,因此可以充分地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,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要求。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,无关乎两个部分:一个是硬件,一个是软件。硬件部分,最好有过 MCU 或者 ARM 之类相关微处理器的开发经验,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,如果之前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++,这是必需的,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。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,例如知道时域与频域、s 域、z 域的变换,知道 FFT、各种数字滤波器的知识,那就是锦上添花了。不过,话也说明回来,就算现在什么都没学过,什么基础都没有,也是可以从头开始学习的,所以只要能静下心来学习,想要好好学的话,还是没有问题的。

在这里,想要谈一个题外话,就是谈谈到底是做硬件工程师好还是做软件工程师好,可能很多还在学校里读书的朋友会比较关心,因为方向的选择可能会关系到一个技术工程师今后职业的选择。其实,究竟选择哪一个方面来作为自己发展的方向,一是看兴趣,二是看机会。例如,导师在读书期间给你安排的是一个偏向于硬件方面的项目,那你在硬件方面得到的锻炼就会多一些,这样在考虑将来发展的时候,可能就会倾向于硬件工程师。当然你也应当在导师安排之前,主动和导师沟通,告诉他自己的兴趣在哪方面,想要从事侧重于哪方面的研究工作,我想很多导师应该会根据学生的兴趣尽力为其创造学习条件的。当然,在学校里如果有机会单独负责一个项目,这样,不管是软件还是硬件方面都是能得到锻炼的。

作为职业,可能更多的人比较羡慕软件工程师,IT 行业很多白领收入很不错,也很风光。但是从重要性来讲,对于公司而言,其实两者都是一样的,因为一个项目是要靠硬件工程师和软件工程师通力合作才能够完成的。举个例子吧,我曾经所在的单位投资研发了一款新的装置,软件部分完成得差不多了,基本没有问题;但是硬件由于 EMC 的问题迟迟没有得到很好

的解决,装置的抗干扰能力有缺陷,测试时发现装置很不稳定;拖了一段时间之后,公司最后被迫放弃了这个历时两年多的项目,无奈之下转投其他平台。可见硬件工程师和软件工程师在项目中的地位是一样的,任何一个出了问题,都会影响到整个项目的完成情况。当然不包括纯软件开发的项目,这里讲的都是嵌入式软件。

由于软件技术更新比较快,软件工程师必须不断地学习,补充新鲜的知识,才能保持自己的战斗力,但是随着年龄的增长,学习能力的下降,如果不做转型,与朝气蓬勃的年轻人一起参与竞争,压力就会比较大。而硬件工程师是要靠经验来进行设计的,因此随着时间的推移,阅历的增多,经验会越来越丰富,这样就等于不断地在巩固自己的技术壁垒,年轻人没有经验的话是很难与之竞争的,所以硬件工程师基本上是越老越吃香。当然,不管是做软件,还是做硬件,还是两者都做,只要尽自己全力用心去做,将来一定都会是美好的。

1.2 如何选择 DSP

在学习 DSP 或者准备用 DSP 做项目之前,要做的第一件事情就是要从种类繁多的 DSP 中选择一款合适的芯片,那如何进行选择呢?下面详细进行介绍。

1.2.1 DSP 厂商介绍

当提到 DSP 时,可能大多数人的第一反应就是 TI(Texas Instruments)——美国德州仪器公司。由于其生产 DSP 的历史比较长,市场推广工作做得比较好,TI 已经成为世界最著名的 DSP 芯片生产厂商,其产品应用也最为广泛,TI 公司生产的 TMS320 系列的 DSP 芯片广泛应用于各个领域。TI 公司在 1982 年时就推出了其第一代真正意义上的 DSP 芯片——TMS32010,这是 DSP 应用历史上的一个里程碑,从此,DSP 芯片开始真正得到广泛的应用。由于 TMS320 系列的 DSP 具有价格低廉、简单易用、功能强大等特点,所以逐渐成为了目前世界上最有影响力、也最为成功的 DSP 系列处理器。

在 DSP 芯片领域这块大蛋糕上,除了 TI 之外,还有几家熟知的国外大公司也在分享,只不过它们的市场份额和 TI 相比就差得比较多了,例如美国模拟器件公司 ADI 和 Freescale(原 Motorola)公司。下面分别来简单了解一下这两家公司的 DSP 产品。

ADI 公司在 DSP 芯片市场上还是有一定地位的,相继推出了一系列具有自己特色的 DSP 芯片。其定点 DSP 芯片有 ADSP2101/2103/2105、ADSP2111/2115、ADSP2126/2162/2164、ADSP2127/2181、ADSP-BF532 以及 Blackfin 系列;浮点 DSP 芯片有 ADSP21000/21020、ADSP21060/21062 等。ADI 公司 DSP 芯片的性能还是受到业界肯定的,用过的人都说好用,但是由于其市场推广、技术支持等方面做得有所欠缺,使得其市场占有率并不是很高。

Freescale 公司推出 DSP 芯片的时间比较晚。1986 年该公司推出了定点 DSP 芯片 MC56001;1990 年,推出了与 IEEE 浮点格式兼容的浮点 DSP 芯片 MC96002;目前还有 DSP53611、16 位 DSP56800、24 位的 DSP563xx 和 MSC8101 等产品。

看了上面关于 DSP 厂商的介绍资料,不知道大家会不会和我一样有些感慨,至少目前为止,能够生产 DSP 芯片的厂商还仅仅局限于国外的半导体公司,国内还没有能力设计出 DSP,目前还只是停留在应用的层面上。

1.2.2 TI 公司各个系列 DSP 的特点

目前, TI 公司在市场上主要有三大系列 DSP 产品:

① TMS320C2000 系列, 面向数字控制、运动控制领域, 主要包括: TMS320C24xx/TMS320F24xx, TMS320C28xx/TMS320F28xx 等。现在使用相对较多的芯片有定点芯片 TMS320F2407、TMS320F2812、TMS320F2808 和浮点芯片 TMS320F28335, 其中 TMS320F2812 使用最为广泛, 本书也将主要探讨 TMS320F2812 芯片开发的方方面面。

② TMS320C5000 系列, 面向低功耗、手持设备、无线终端应用领域, 主要包括: TMS320C54x、TMS320C54xx、TMS320C55xx 等。目前使用相对较多的芯片有 TMS320C5402、TMS320C5416、TMS320C5502、TMS320C5509 等。

③ TMS320C6000 系列, 面向高性能、多功能、复杂应用领域, 例如图像处理, 主要包括: TMS320C62xx、TMS320C64xx、TMS320C67xx 等。使用相对较多的是 TMS320C6416、TMS320C6713 等。

TI 公司的 DSP 产品除了上面介绍的三大系列以外, 还有面向低端应用、价格可以和 MCU 竞争、功能稍微减弱的 Piccolo 平台的产品, 目前主要有 TMS320F2803x/2x。Piccolo 系列芯片采用最新的架构技术成果和增强型外设, 封装尺寸最小为 38 引脚, 能够为通常难以承担相应成本的应用带来 32 位实时控制功能的优势。实时控制通过在诸如太阳能逆变器、白色家电设备、混合动力汽车电池和 LED 照明等应用中实施高级算法, 实现更高的系统效率与精度。TI 在规划此系列产品的时候就是将其定位成 MCU 的, 希望 Piccolo 平台的芯片能在 MCU 领域大展拳脚。

TI 公司的 DSP 还有面向高端视频处理的达芬奇平台, 例如 DM642、DM6437、DM6467 等; 有面向移动终端的双核处理器 OMAP 平台, 例如 OMAP3530。

在 HELLODSP 上曾经做过一次“大家都做哪个 DSP 型号”的调查, 总共有 276 人参与投票, 其结果绘成了柱形图, 如图 1-2 所示, 具体的数据如表 1-1 所列。此次调查并没有加入 DM642 等高端 DSP, 其结果虽然并不全面, 但是能够反映大家使用 DSP 的情况, 仅供参考。

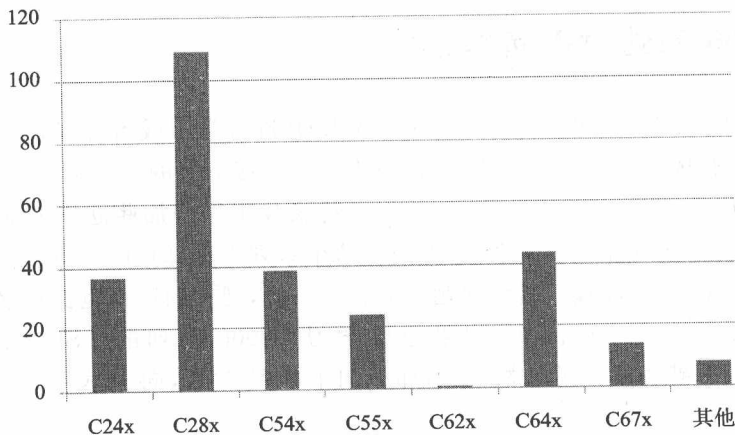


图 1-2 大家使用的 DSP 型号调查结果

表 1-1 调查数据详情

DSP 型号	投票人数	所占百分比	DSP 型号	投票人数	所占百分比
TMS320C24x	37	13.41%	TMS320C62x	1	0.36%
TMS320C28x	109	39.49%	TMS320C64x	44	15.94%
TMS320C54x	39	14.13%	TMS320C67x	14	5.07%
TMS320C55x	24	8.7%	其他	8	2.9%

1.2.3 TI DSP 具体型号的含义

当大家看到 TI 公司 DSP 型号的时候,是不是很想知道 DSP 完整型号中的各个字母究竟代表着什么含义呢?经常也会有朋友问 C2812 和 F2812 有什么区别,看了接下来的图 1-3,就会很清楚了。

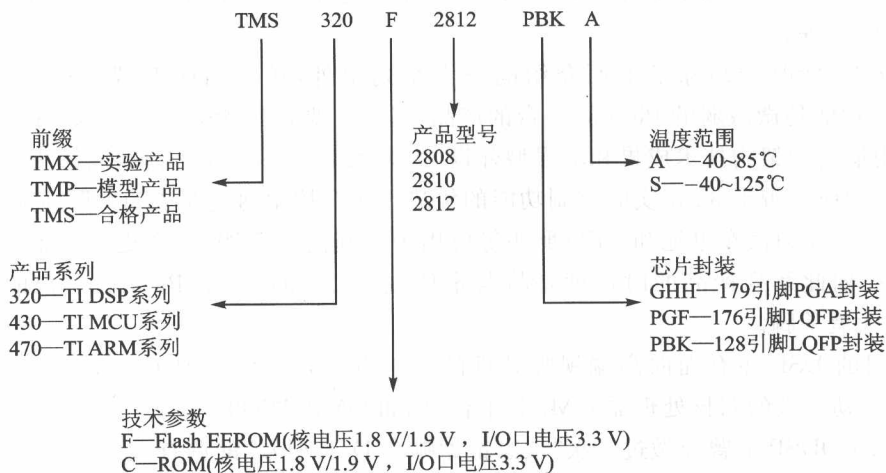


图 1-3 TI DSP 具体型号的含义

1.2.4 C2000 系列 DSP 选型指南

对于刚接触 DSP 的朋友而言,如何选择一款 DSP 进行学习或者开发,可能是首先需要解决的问题,因为没有选定具体的芯片型号,也就不好展开接下来的工作。

如果没有具体的项目,纯粹是为了充电,为了将来找工作增加些砝码的话,建议首先根据自己的专业或者爱好来选择某一个系列,然后在这个系列中选择热门一点、使用的人比较多的芯片,因为使用的人比较多的话,遇到问题交流起来方便,现有的资料也比较多,将来工作中遇到的可能性也会更大一些。例如,如果想要学习 C2000 系列的 DSP,那么就推荐学习 TMS320F2812,如果熟练掌握了这款芯片,那么向下学习 2407,向上学习 28335,问题应该都不会很大。

如果是为了具体的项目应用而选择 DSP,就得考虑 DSP 芯片详细的资源了。例如,处理器的主频是否能满足项目对速度的要求,存储器空间是否足够大,外设资源是否能够满足项目