



数字信号处理器(DSP)

易学通

三恒星科技 编著

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

数字信号处理器(DSP)

易学通

江苏工业学院图书馆

藏书章

三恒星科技 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

数字信号处理器 (DSP) 易学通 / 三恒星科技编著.

—北京: 人民邮电出版社, 2006.7

ISBN 7-115-14741-8

I. 数... II. 三... III. 数字信号—信号处理 IV. TN911.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 039632 号

内 容 提 要

本书是指导初学者学习数字信号处理器的入门书籍。本书通过 TMS320LF2407 的开发过程阐述了数字信号处理器的相关知识。全书系统地介绍了数字信号处理器的各个知识点的内容, 最后精选了几个具有代表性的实验, 并给出详细的实验过程, 以加深读者对知识点的理解, 提高读者自学能力。

本书内容丰富、结构清晰、语言简练、实例众多, 不仅可以作为数字信号处理器初学者的学习和参考用书, 也可作为各大、中专院校相关专业和数字信号处理器培训班的教材。

本书配套光盘包括所有实例的素材和多媒体教学软件, 并配以语音同步讲解, 能够更好地帮助读者快速掌握数字信号处理器的应用方法。

数字信号处理器 (DSP) 易学通

◆ 编 著 三恒星科技

责任编辑 张 伟

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京顺义振华印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 800×1000 1/16

印张: 16.5

彩插: 1

字数: 356 千字

2006 年 7 月第 1 版

印数: 1—5 000 册

2006 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-14741-8/TN · 2768

定价: 32.00 元 (附光盘)

读者服务热线: (010) 67129264 印装质量热线: (010) 67129223

数字信号处理器(DSP)易学通

教学光盘使用说明

运行环境:

本光盘可以在 Windows 98/2000/XP/2003 操作系统下运行。如果视频不能正常播放,请到网址 <http://www.techsmith.com/download/codecs.asp> 下载 TSCC 视频插件,并安装。为了得到最佳的显示效果,建议将显示器分辨率设置为 1024×768 。

使用说明:

1. 把光盘放入光驱后,将自动弹出光盘内容窗口。在【实例】文件夹中,存放了本书涉及到的所有实例源文件。在【MOVIE】文件夹中,存放了实例操作过程的视频演示文件,并配有语音讲解。
2. 在弹出的窗口中双击“start.exe”文件,即可运行视频演示教程,如图1所示。
3. 单击图1所示的主界面,即可进入图2所示的章节界面中,在此界面中读者可以根据需要选择要学习的章节内容。



图 1



图 2

4. 在图2中,读者可单击每部分按钮,进入每部分的文字解说部分,如图3所示。单击第六部分按钮,进入实例部分,播放需要演示实例的多媒体,如图4至图8所示。

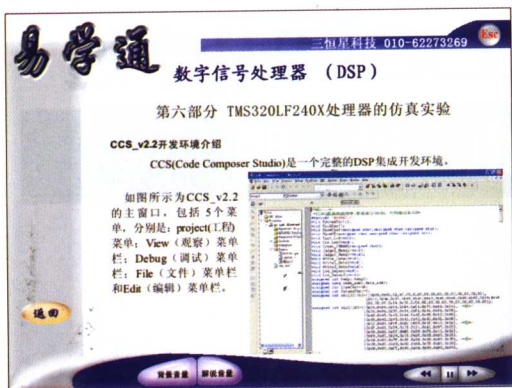


图 3



图 4



图 5



图 6



图 7



图 8

建议:

为了使读者能够更加流畅地播放该视频文件,建议读者将光盘中的内容拷贝到电脑的硬盘中使用。

前言

1. 数字信号处理器 TMS320LF2407 简介

数字信号处理器 TMS320LF2407 具有高速信号处理和数字化控制功能所必需的结构特点, 将其优化的外设单元和高性能的 DSP 内核相结合, 可以完成一个数字信号处理器基本的工作。因此, 把它作为入门之选是非常恰当的。

2. TMS320LF2407 开发过程

TMS320LF2407 开发过程可以分为两大步, 一是在开发环境 CCS 中完成代码的设计、调试和编译, 如图 1 所示。

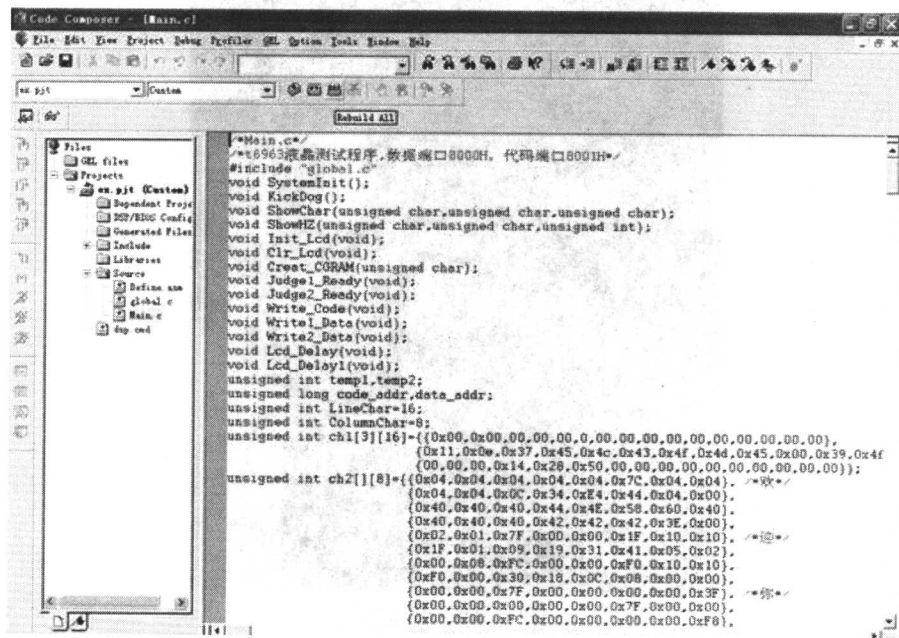


图 1 CCS 开发环境

二是把编译好的代码通过仿真器或在线下载到目标板上进行调试和运行, 如图 2 和图 3 所示。



图 2 DSP 仿真器

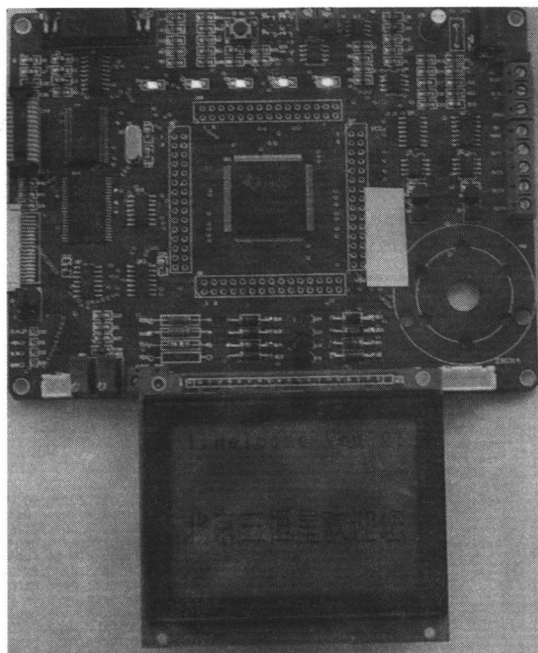


图 3 DSP 目标板

3. 本书的特点

本书具有完整的知识结构，书中对所有的知识点进行了细致地讲解，使读者能够将基础

知识“学通”；在书的最后，我们精心选择了几个具有代表性的实验，并给出详细的实验过程，通过实验，使读者能够达到“用通”，同时引导读者能够举一反三地将这些实例应用到自己的工程实践当中去，使读者达到“精通”。

对在书中比较复杂、难以理解的知识点，我们通过多媒体讲解的方式展现给读者，对于实例的操作我们则通过视频的方式讲解，这样可以使读者直观地学习和掌握数字信号处理器的知识，这也是“易学通”系列丛书的特色。

4. 读者对象

本书不仅可以作为电子、自动化等相关专业人员以及数字信号处理器初学者的学习和参考用书，也可作为各大、中专院校相关专业和数字信号处理器选修课程的教材。

5. 创作人员与致谢

本书主要由刘文涛编写，其他参加编写的人员还有王波波、姜艳波、顾正大、艾丽香、赵辉、辛征、李志、王晶、张玉平、王烁、刘群、赵木清、李刚、刘娜等。

一个品牌的产生就如同种植一棵树一样，由幼小的树苗，长成参天的大树。我们希望“易学通”品牌能够茁壮地成长，得到广大读者的支持和爱护，最后能给读者带来实实在在的便利。当然，这个过程非常需要读者的参与，我们希望能够得到广大读者的建议和意见，读者可以通过电子邮件的方式（E-mail:zhangwei@ptpress.com.cn）与我们交流沟通。

三恒星科技

目 录

第 1 章

数字信号处理器 (DSP) 概述

1.1 DSP 概述	2
1.1.1 DSP 系统	2
1.1.2 DSP 的发展历史	3
1.1.3 DSP 的应用	4
1.2 DSP 芯片介绍	6
1.2.1 DSP 芯片的分类	6
1.2.2 DSP 芯片的基本结构	7
1.3 DSP 芯片的选择方法	9
1.4 DSP 系统的设计	11
1.4.1 DSP 系统的特点	11
1.4.2 DSP 系统的设计过程	12

第 2 章

TMS320LF2407 处理器

2.1 TMS320LF2407 的硬件结构	16
2.1.1 TMS320LF2407 的硬件结构特点	16
2.1.2 TMS320LF2407 的引脚结构	16
2.2 TMS320LF2407 的内部结构	25
2.2.1 中央算术逻辑部分	27
2.2.2 输入比例部分	28
2.2.3 乘法部分	29
2.2.4 辅助寄存器算术单元	30
2.2.5 状态寄存器	31
2.3 存储器和 I/O 空间	32
2.3.1 程序存储器	33

目 录

2.3.2 数据存储器	33
2.3.3 I/O 空间	35

第 3 章

中 断 操 作

3.1 中断简介	38
3.2 中断响应	38
3.2.1 中断响应的流程	38
3.2.2 中断响应的延时	39
3.3 中断向量	39
3.3.1 假 (phantom) 中断向量	41
3.3.2 软件结构	41
3.4 中断优先级和中断向量表	41
3.5 复位、无效地址检测和不可屏蔽中断	44
3.5.1 复位中断	44
3.5.2 无效地址检测	44
3.5.3 不可屏蔽中断 (NMI)	44
3.6 和中断有关的寄存器	44
3.6.1 CPU 中断寄存器	44
3.6.2 外部中断控制寄存器	47
3.7 外设中断扩展控制器	48
3.7.1 中断层次	48
3.7.2 中断请求的结构	48
3.8 中断电路的设计	50

第 4 章

寻址方式和指令系统

4.1 TMS320LF2407 的寻址方式	52
------------------------------	----

目 录

4.1.1	立即寻址方式	52
4.1.2	直接寻址方式	53
4.1.3	间接寻址方式	56
4.2	常用指令说明	58
4.2.1	累加器的累加操作指令 ADD	58
4.2.2	累加器逻辑与操作指令 AND	59
4.2.3	条件转移指令 BCND	59
4.2.4	位测试指令 BIT	59
4.2.5	清除控制位指令 CLRC	59
4.2.6	装载累加器指令 LACC	59
4.2.7	装载累加器低位并清累加器高位指令 LACL	60
4.2.8	修改辅助寄存器指令 MAR 和装载复制寄存器指令 LAR	60
4.2.9	装载数据页指针指令 LDP	60
4.2.10	装载状态存储器指令 LST	60
4.3	TMS320LF2407 的指令集	61

第 5 章

DSP 芯片的运算

5.1	数的定标	74
5.2	DSP 定点乘法运算	75
5.2.1	定点乘法	75
5.2.2	乘法运算的 C 语言定点模拟	77
5.3	DSP 定点加法运算	77
5.3.1	定点加法	77
5.3.2	加法/减法运算的 C 语言定点模拟	78
5.4	DSP 定点除法运算	80
5.4.1	定点除法	80
5.4.2	除法运算的 C 语言定点模拟	81

目 录

5.5 程序变量的 Q 值确定.....	82
5.6 非线性运算的定点快速实现.....	83

第 6 章

汇编语言程序设计

6.1 汇编语言概述	90
6.1.1 汇编语言简介	90
6.1.2 汇编语言源程序格式	90
6.2 常用伪指令介绍	90
6.2.1 定义段的伪指令	91
6.2.2 初始化常数的伪指令	91
6.2.3 调准段程序计数器的伪指令	91
6.2.4 引用其他文件的伪指令	92
6.2.5 条件汇编伪指令	92
6.2.6 汇编时 (Assembly-Time) 符号伪指令	92
6.2.7 其他伪指令	93
6.3 汇编语言程序设计举例	93
6.3.1 汇编语言编写 DSP 程序的技巧	93
6.3.2 汇编程序举例	94

第 7 章

C 语言程序设计

7.1 C 编译器概述	102
7.2 CCS_v2.2 开发环境介绍	103
7.2.1 CCS 的功能	103
7.2.2 CCS_v2.2 的环境	104
7.3 头文件和命令文件	108

目 录

7.3.1	头文件 F2407REGS.H	108
7.3.2	命令文件 CMD	116
7.4	TMS320LF240X 的 C 程序举例	117
7.4.1	C 语言编写 DSP 程序的注意事项	117
7.4.2	利用 C 编译器开发应用程序的步骤	117
7.4.3	C 程序的开发举例	120

第 8 章

TMS320LF2407 的片内外设

8.1	事件管理模块	134
8.1.1	概述	134
8.1.2	通用定时器	138
8.1.3	比较单元	147
8.1.4	捕获单元	153
8.1.5	脉宽调制电路 PWM	157
8.1.6	正交编码脉冲电路	166
8.2	控制器局域网控制器模块概述	167
8.2.1	CAN 技术简介	167
8.2.2	TMS320LF240X 系列 CAN 控制器概述	168
8.3	输入/输出模块概述	169
8.4	模数转换模块概述	169
8.5	串行外设接口模块概述	170
8.6	串行通信接口模块概述	171

第 9 章

TMS320LF240X 系列处理器的应用设计

9.1	数字信号处理器 DSP TMS320LF240X 应用领域	174
-----	-------------------------------------	-----

目 录

9.2	如何高效地开发 DSP 硬件.....	174
9.3	复位电路的设计	174
9.3.1	简单的复位电路	174
9.3.2	具有监视功能的自动复位电路	175
9.4	TMS320LF2407 与外部器件连接举例	175
9.4.1	TMS320LF2407 与快速 SRAM 的接口	175
9.4.2	TMS320LF2407 与 D/A 转换器的接口	176
9.5	TMS320LF240X 的滤波器的设计过程	177
9.5.1	滤波器的原理	177
9.5.2	数字滤波器的设计	178
9.5.3	数字滤波器的实现方法	180
9.6	仿真设备介绍	180
9.6.1	实验开发板 2407 介绍	180
9.6.2	DSP 并口仿真器介绍	183

第 10 章

TMS320LF240X 处理器的仿真实验

10.1	外部 RAM 测试	186
10.2	定时器控制 LED 实验.....	195
10.3	按键与走马灯程序实验.....	200
10.4	SPI 接口的 D/A 实验	207
10.5	PWM 电动机控制实验	215
10.6	CAN 总线通信实验	218
10.7	A/D 采样实验	224
10.8	T6963 LCD 应用实验	231
10.9	利用 LCD 演示 Q 格式运算.....	243

第 1 章

数字信号处理器 (DSP) 概述

本章学习目的

通过本章的学习,可以让读者从 DSP 的结构、发展概况和应用等多方面对 DSP 系统进行初步的了解,对 DSP 系统的设计过程有一个简单的概念,从而为以后的学习打下基础。通过本章的学习,读者可以了解到目前 DSP 技术的广泛应用和广阔前景,同时使读者对本书的学习产生浓厚的兴趣。



1.1 DSP 概述

数字信号处理 (Digital Signal Processing, 简称 DSP) 是一门涉及许多学科而又广泛应用于许多领域的新兴学科。20 世纪 60 年代以来, 随着计算机和信息技术的飞速发展, 数字信号处理技术应运而生并得到迅速的发展。在过去的几十年时间里, 数字信号处理已经在通信等领域得到极为广泛的应用。

1.1.1 DSP 系统

数字信号处理是利用计算机或专用处理设备, 以数字形式对信号进行采集、变换、滤波、估值、增强、压缩、识别等处理, 以得到符合人们需要的信号形式。数字信号处理是围绕着数字信号处理的理论、实现和应用等几个方面发展起来的。数字信号处理在理论上的发展推动了数字信号处理应用的发展。反过来, 数字信号处理的应用又促进了数字信号处理理论的提高。数字信号处理的实现是理论和应用之间的桥梁。

数字信号处理是以众多学科为理论基础的, 它所涉及的范围极其广泛。例如, 在数学领域, 微积分、概率统计、随机过程、数值分析等都是数字信号处理的基本工具, 它与网络理论、信号与系统、控制论、通信理论、故障诊断等也密切相关。近来新兴的一些学科, 如人工智能、模式识别、神经网络等, 都与数字信号处理密不可分。可以说, 数字信号处理是把许多经典的理论体系作为自己的理论基础, 同时又使自己成为一系列新兴学科的理论基础。目前数字信号处理的应用打开了新的局面, 即用通用的可编程 DSP 芯片实现。与单片机相比, DSP 芯片具有更加适合于数字信号处理的软件和硬件资源, 可用于复杂的数字信号处理算法。

数字信号处理的实现方法一般有以下几种。

- ① 在通用的计算机 (如 PC 机) 上用软件 (如 C 或 C++ 语言) 实现。
 - ② 在通用计算机系统中加上专用的加速处理机实现。
 - ③ 用通用的单片机 (如 MCS-51、96 系列等) 实现, 这种方法可用于一些不太复杂的数字信号处理, 如数字控制等。
 - ④ 用通用的可编程 DSP 芯片实现。与单片机相比, DSP 芯片具有更加适合于数字信号处理的软件和硬件资源, 可用于复杂的数字信号处理算法。
 - ⑤ 用专用的 DSP 芯片实现。在一些特殊的场合, 要求的信号处理速度极高, 用通用 DSP 芯片很难实现, 例如专用于 FFT、数字滤波、卷积、相关等算法的 DSP 芯片, 这种芯片将相应的信号处理算法在芯片内部用硬件实现, 无须进行编程。
- 在上述几种方法中, 第①种方法的缺点是速度较慢, 一般可用于 DSP 算法的模拟; 第②种和第⑤种方法专用性强, 应用受到很大的限制, 第③种方法也不便于系统的独立运行; 第③种方法只适用于实现简单的 DSP 算法; 只有第④种方法才使数字信号处理的应用打开了新

的局面。

虽然数字信号处理的理论发展迅速,但在 20 世纪 80 年代以前,由于实现方法的限制,数字信号处理的理论还得不到广泛的应用。直到 20 世纪 70 年代末 80 年代初世界上第一片单片可编程 DSP 芯片的诞生,才将理论研究结果广泛应用到低成本的实际系统中,并且推动了新的理论和应用领域的发展。可以毫不夸张地说,DSP 芯片的诞生及发展对近 20 年来通信、计算机、控制等领域的技术发展起到了十分重要的作用。

1.1.2 DSP 的发展历史

世界上第一个单片 DSP 芯片应当是 1978 年 AMI 公司发布的 S2811,1979 年美国 Intel 公司发布的商用可编程器件 2920 是 DSP 芯片的一个主要里程碑。这两种芯片内部都没有现代 DSP 芯片所必须有的单周期乘法器。1980 年,日本 NEC 公司推出的 μ PD7720 是第一个具有乘法器的商用 DSP 芯片。

在这之后,最成功的 DSP 芯片当数美国德州仪器公司(Texas Instruments,简称 TI)的一系列产品。TI 公司在 1982 年成功推出其第一代 DSP 芯片 TMS32010 及其系列产品 TMS32011、TMS320C10/C14/C15/C16/C17 等,之后相继推出了第二代 DSP 芯片 TMS32020、TMS320C25/C26/C28,第三代 DSP 芯片 TMS320C30/C31/C32,第四代 DSP 芯片 TMS320C40/C44,第五代 DSP 芯片 TMS320C5X/C54X,第二代 DSP 芯片的改进型 TMS320C2XX,集多片 DSP 芯片于一体的高性能 DSP 芯片 TMS320C8X 以及目前速度最快的第六代 DSP 芯片 TMS320C62X/C67X 等。TI 将常用的 DSP 芯片归纳为三大系列,即 TMS320C2000 系列(包括 TMS320C2X/C2XX)、TMS320C5000 系列(包括 TMS320C5X/C54X/C55X)、TMS320C6000 系列(TMS320C62X/C67X)。如今,TI 公司的一系列 DSP 产品已经成为当今世界上最有影响的 DSP 芯片,TI 公司也成为世界上最大的 DSP 芯片供应商。

第一个采用 CMOS 工艺生产浮点 DSP 芯片的是日本的 Hitachi 公司,它于 1982 年推出了浮点 DSP 芯片。1983 年日本 Fujitsu 公司推出的 MB8764,其指令周期为 120ns,且具有双内部总线,从而使处理吞吐量发生了一个大的飞跃。而第一个高性能浮点 DSP 芯片应是 AT&T 公司于 1984 年推出的 DSP32。

与其他公司相比,Motorola 公司在推出 DSP 芯片方面相对较晚。1986 年,该公司推出了定点处理器 MC56001。1990 年,推出了与 IEEE 浮点格式兼容的浮点 DSP 芯片 MC96002。

美国模拟器件公司(Analog Devices,简称 AD)在 DSP 芯片市场上也占有一定的份额,相继推出了一系列具有自己特点的 DSP 芯片,其定点 DSP 芯片有 ADSP2101/2103/2105、ADSP2111/2115、ADSP2161/2162/2164 以及 ADSP2171/2181,浮点 DSP 芯片有 ADSP21000/21020、ADSP21060/21062 等。

自 1980 年以来,DSP 芯片得到了突飞猛进的发展,DSP 芯片的应用越来越广泛。从运