



全国教育科学“十一五”
规划课题研究成果

DSP 控制器

原理与应用

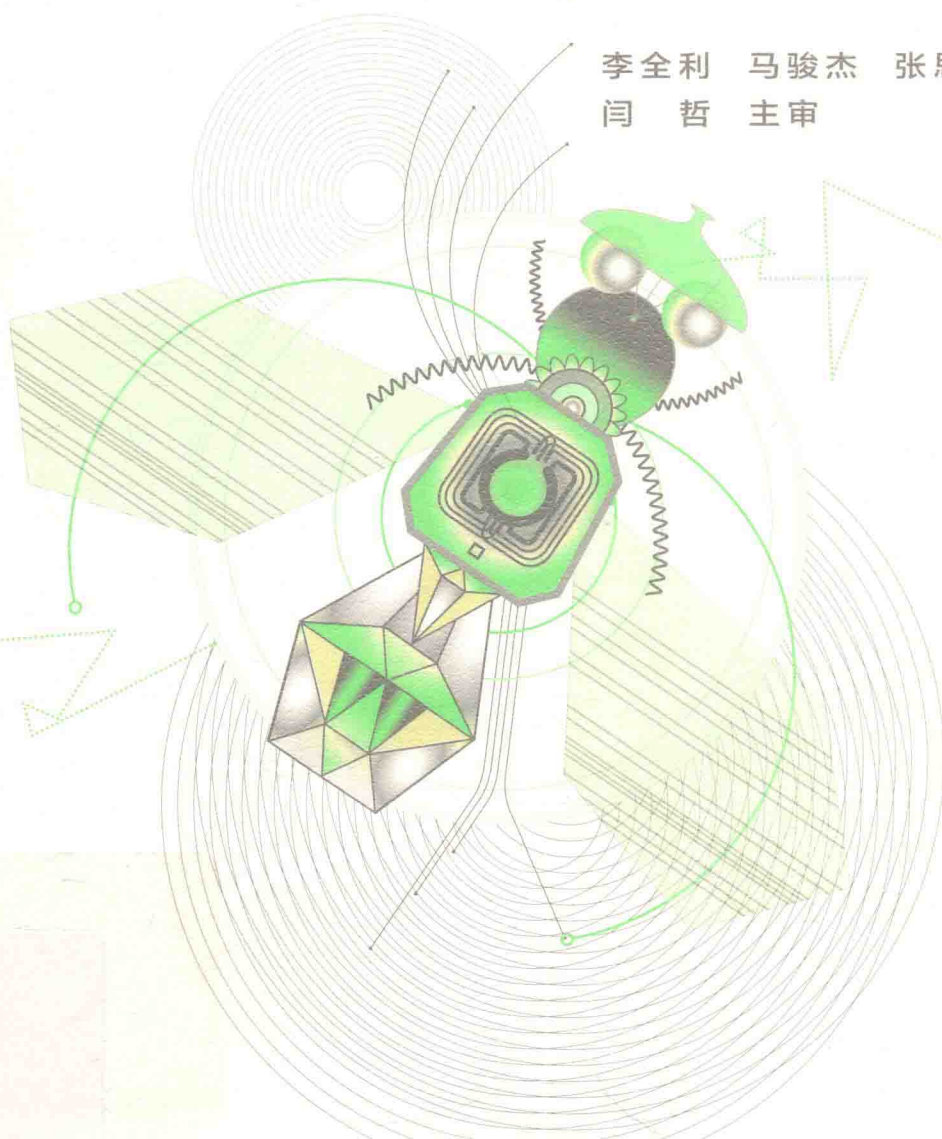
教程

——基于 TMS320F28335 & CCS5

Principles and Application Course of
DSP Controller

—Based on TMS320F28335 & CCS5

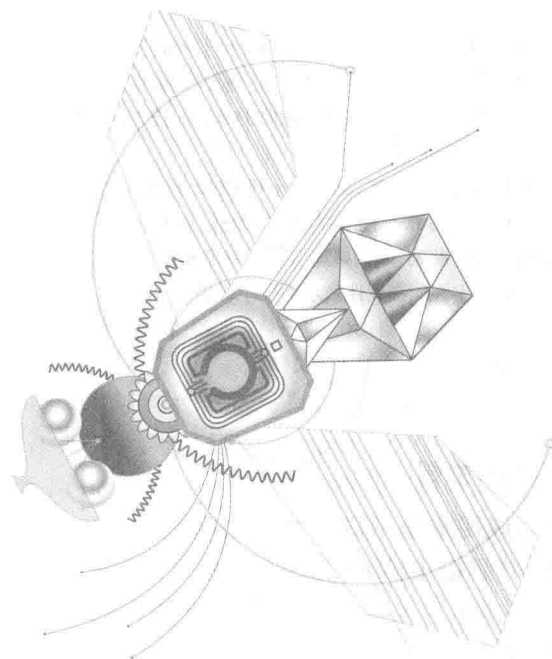
李全利 马俊杰 张思艳 主编
闫 哲 主审



高等教育出版社



全国教育科学“十一五”
规划课题研究成果



DSP 控制器 原理与应用 教程

——基于TMS320F28335 & CCS5

Principles and Application Course of
DSP Controller

—Based on TMS320F28335 & CCS5

李全利 马俊杰 张思艳 主编

闫 哲 主审

内容提要

本书以目前广泛应用的 TMS320F28335 芯片为例,系统地介绍了 DSP 控制器的原理及应用技术。TMS320F28335 芯片传承了上代 DSP 控制器的基本结构,在它的基础上又衍生了面向各种应用的多种新型芯片。掌握 TMS320F28335 的原理与应用对于将从事控制类项目工作的学生具有重要意义。

本书自概念简捷清晰的汇编语言示例起步,采用新一代 CCS5 开发环境,渐进过渡到 C 语言应用的典型工程。作为 DSP 控制器课程的教材,本书着力于内容循序渐进、讲述通俗易懂、概念清晰准确、示例典型实用。每章均配有小结和思考题。使用该教材的教师可免费索取配套课件及示例程序源码。

本书可作为本科自动化、电气工程及其自动化、电子信息工程、机电一体化等专业的教材,也可供相关专业研究生及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

DSP 控制器原理与应用教程:基于 TMS320F28335 & CCS5/李全利,马骏杰,张思艳主编.--北京:高等教育出版社,2016.11

ISBN 978-7-04-046707-9

I. ①D… II. ①李… ②马… ③张… III. ①数字信号处理-教材 IV. ①TN911.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 266340 号

策划编辑	平庆庆	责任编辑	平庆庆	封面设计	张申申	版式设计	童丹
插图绘制	杜晓丹	责任校对	窦丽娜	责任印制	尤静		

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街 4 号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.hepmall.com.cn
印 刷	北京明月印务有限责任公司		http://www.hepmall.com
开 本	787mm×1092mm 1/16		http://www.hepmall.cn
印 张	19.5		
字 数	440 千字	版 次	2016 年 11 月第 1 版
购书热线	010-58581118	印 次	2016 年 11 月第 1 次印刷
咨询电话	400-810-0598	定 价	33.10 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物 料 号 46707-00

前言

本书为全国教育科学“十一五”规划课题研究成果。该教材旨在将理论与实践相结合,渐进地培养学生运用知识的创新能力和解决实际问题的能力。

近年来,TI公司的C2000系列DSP产品以其卓越的体系结构和灵活的资源配置方式占据了电机控制和数字电源领域的主要市场。选择典型的目标芯片、合适的开发环境及实用的实践平台对于学习和应用控制类DSP产品具有重要意义。为了实现这一目标,编者做了如下考虑:

第一,目标芯片的选择。本教材以TMS320F28335为目标芯片。该芯片是TI公司控制类DSP产品中最具有代表性的器件。首先,F28335优化了上一代典型产品F2812的内部结构,将F2812的EV分解成了相互独立的ePWM、eCAP和eQEP,对F2812的ADC模块提高了精度,并且F28335还支持浮点运算,从而使F28335的总体性能比F2812提升了近2倍;另外,在F28335的基础上又衍生出了众多新的产品。

第二,开发环境的选择。本教材的开发环境选择CCS5。目前使用较多的TI集成开发环境是CCS3.3,其优点是有广泛的应用案例可直接借鉴。CCS5是TI基于Eclipse开放源码软件框架的新型集成开发环境,它配备了高效方便的编辑器和高级的图形用户界面,在较新的操作系统、较新的DSP器件支持和多处理器的调试等方面具有突出的优点。并且CCS5可以方便地导入CCS3.3的已有工程。对于没有使用过CCS3.3的初学者,直接学习和使用CCS5是一个明智的选择。

第三,目标模板的选择。本教材未局限于特定的目标模板。学习和应用DSP控制器的基本条件是要准备一块开发板。目前市场上的F28335开发板种类繁多、功能各异,但都具备典型的电机控制接口和简单的LED指示输出。本教材的应用示例均基于这些典型的接口和LED指示输出。

第四,教材内容的选择。F28335是接口丰富的DSP芯片,TI公司为其配备了丰富的说明文档和用户手册,并为用户提供了大量的应用示例。本书精选了F28335的核心内容,对不影响芯片学习,仅在某一特定应用才能用到的部分没有涉及。作为教材,本书在内容上突出了典型开发环境、典型芯片和典型案例;在编写风格上着力简洁实用;在供学生阅读上力求提示醒目、插图新颖;在教学的组织上每章都配有小结、思考题及实践内容。

本书第1~5章由李全利编写,第7章、第8章由马骏杰编写,第6章、第9章由张思艳编写。

哈尔滨理工大学闫哲教授审阅了全部书稿并提出了宝贵意见,在此表示由衷的感谢。依照内容典型、注重实用的教材编写目标,编者进行了许多思考和尝试。由于水平的限制,本书一定还存在着许多不尽人意之处,敬请读者提出宝贵意见和建议。选用本书的教师可向编者索取授课课件和示例程序。对本书的疑问和建议,可与编者联系。

编者 E-mail:liquanli@163.com。

编 者

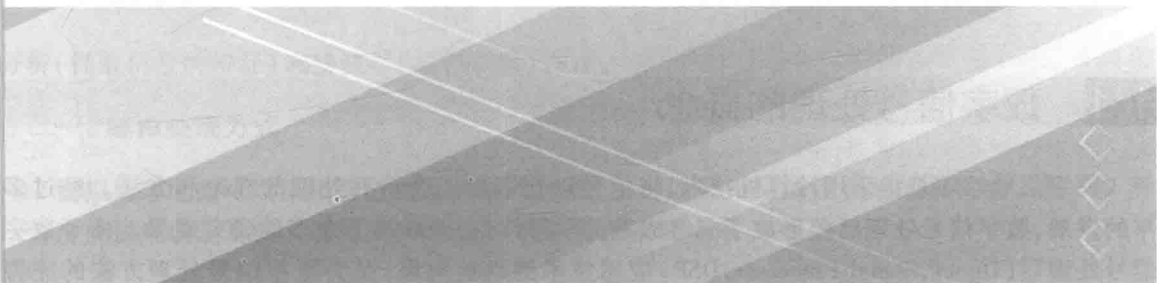
2016年9月

目 录

第 1 章 绪论	1	2.3 F28335 的存储器配置	29
1.1 数字信号处理的概念	2	2.3.1 内部存储器	29
1.1.1 模拟与数字信号	2	2.3.2 外部扩展接口 XINTF	32
1.1.2 信号的处理方式	2	2.4 F28335 时钟及其控制	33
1.2 DSP 芯片的结构特点	4	2.4.1 F28335 时钟的产生	33
1.2.1 采用哈佛总线结构	5	2.4.2 F28335 系统时钟的分配	35
1.2.2 采用流水线技术	5	2.4.3 F28335 的低功耗模式	40
1.2.3 增加硬件功能单元	6	2.4.4 F28335 的看门狗电路	41
1.3 TI 公司典型 DSP 产品	7	本章小结	43
1.3.1 TMS320 系列 DSP 分类	7	思考题及习题	44
1.3.2 TMS320F28x 系列概况	8	第 3 章 CCS5 及汇编语言应用	45
1.3.3 F28335 的封装及引脚定义	11	3.1 CCS5 集成开发环境	46
1.4 DSP 应用系统的开发	13	3.1.1 CCS5 集成工具	46
1.4.1 DSP 应用系统开发过程	13	3.1.2 CCS5 的安装	48
1.4.2 DSP 硬件开发工具	15	3.1.3 CCS5 工作界面简介	50
1.4.3 DSP 软件开发工具	16	3.2 F28335 汇编语言概述	51
本章小结	17	3.2.1 F28335 汇编指令描述	51
思考题及习题	18	3.2.2 寻址方式及常用指令	53
第 2 章 F28335 的结构原理	19	3.2.3 伪指令及 CMD 文件	57
2.1 F28335 的内部结构	20	3.3 汇编程序渐进示例	59
2.1.1 F28335 的基本组成	20	3.3.1 建立首个 CCS5 工程—— Simulator 运行	60
2.1.2 F28335 的总线结构	22	3.3.2 硬件仿真 RAM 运行-Emulator 运行	64
2.2 F28335 的 CPU	22	3.3.3 目标程序 Flash 运行-实板 运行	67
2.2.1 F28335 的运算执行单元	23		
2.2.2 F28335 的寄存器组	24		

本章小结	71	本章小结	142
思考题及习题	71	思考题及习题	143
第4章 C语言编程及GPIO应用	73	第6章 F28335的控制类外设	145
4.1 F28335的C语言编程基础	74	6.1 增强型脉宽调制模块(ePWM)	146
4.1.1 F28335的C语言数据类型	74	6.1.1 ePWM模块基本工作原理	146
4.1.2 几个重要的关键字	75	6.1.2 ePWM子模块功能	147
4.1.3 C语言CMD文件的编写	76	6.1.3 ePWM模块例程	161
4.2 F28335的上电引导过程	78	6.2 增强型脉冲捕获模块(eCAP)	163
4.2.1 F28335的引导模式	78	6.2.1 捕获工作模式	163
4.2.2 F28335的复位启动过程	79	6.2.2 APWM工作模式	164
4.3 F28335的GPIO控制原理	80	6.2.3 eCAP模块寄存器	165
4.3.1 GPIO引脚分组及控制	80	6.2.4 eCAP模块例程	168
4.3.2 GPIO的输入限定	81	6.3 增强型正交编码模块(eQEP)	169
4.3.3 GPIO寄存器	83	6.3.1 概述	170
4.4 C语言程序渐进示例	92	6.3.2 eQEP模块结构单元	171
4.4.1 软件算法仿真-Simulator	92	6.3.3 eQEP模块寄存器	176
4.4.2 传统寄存器定义方法- Emulator	94	6.3.4 eQEP模块例程	181
4.4.3 寄存器位域结构方法- Emulator	95	本章小结	185
本章小结	100	思考题及习题	186
思考题及习题	100	第7章 ADC模数转换单元	187
第5章 F28335中断系统及定时器	101	7.1 F28335的ADC模块概述	188
5.1 F28335的中断系统	102	7.1.1 F28335的ADC模块的结构及 特点	188
5.1.1 F28335中断系统的结构	102	7.1.2 F28335的ADC时钟及采样 频率	189
5.1.2 PIE外设中断扩展模块	106	7.1.3 F28335的ADC转换结果	189
5.1.3 非屏蔽中断	127	7.2 F28335的ADC模块工作 方式	190
5.2 F28335的CPU定时器	128	7.2.1 ADC模块的排序方式	190
5.2.1 定时器结构原理	128	7.2.2 ADC模块的采样方式	191
5.2.2 定时器中断申请途径	129	7.3 F28335的ADC模块校准	195
5.2.3 定时器寄存器及位域结构体 定义	129	7.3.1 ADC模块的校准原理	195
5.3 中断和CPU定时器应用示例	137	7.3.2 ADC_Cal()的调用指南	196
5.3.1 定时器应用示例	137	7.4 F28335的ADC模块的 寄存器	197
5.3.2 中断应用示例	139		

7.5 F28335 的 ADC 模块的程序分析	203	8.4.4 F28335 的 I ² C 数据格式分析	240
本章小结	204	本章小结	242
思考题及习题	205	思考题及习题	243
第 8 章 F28335 的串行通信外设	207	第 9 章 F28335 的应用系统设计	245
8.1 串行通信的基本概念	208	9.1 F28335 的最小系统设计	246
8.2 F28335 的 SCI 通信模块	209	9.2 逆变器常用拓扑及发波控制	250
8.2.1 F28335 的 SCI 通信模块概述	209	9.2.1 单相半桥电路	250
8.2.2 F28335 的 SCI 工作原理	210	9.2.2 单相全桥电路	254
8.2.3 F28335 SCI 的寄存器	213	9.2.3 三相桥式电路	256
8.2.4 F28335 的 SCI 应用实例	219	9.3 永磁同步电动机驱动控制器的设计	266
8.3 F28335 的 SPI 通信模块	221	9.3.1 永磁同步电动机的矢量控制	266
8.3.1 F28335 的 SPI 模块概述	221	9.3.2 控制系统仿真	267
8.3.2 F28335 的 SPI 工作原理	221	9.3.3 控制器的软件设计	270
8.3.3 F28335 的 SPI 相关寄存器	224	本章小结	271
8.3.4 F28335 的 SPI 应用实例	229	思考题及习题	271
8.4 F28335 的 I ² C 通信模块	230	附录	273
8.4.1 I ² C 总线基本原理	230	附录 A F28335 引脚功能说明	273
8.4.2 I ² C 相关寄存器	234	附录 B F28x 汇编指令表	287
8.4.3 F28335 的 I ² C 应用实例	239	参考文献	303



第1章 绪 论

» 学习目标

- (1) 理解数字信号的概念；
- (2) 熟悉 DSP 的结构特点；
- (3) 熟悉 TI 公司的主要产品。

» 重点内容

- (1) 数字信号处理的特点；
- (2) DSP 的结构特点；
- (3) DSP 系统的开发过程。

随着计算机技术的飞速发展，数字信号处理（Digital Signal Processing，DSP）技术在国防科技、工业控制、消费类产品等诸多领域得到了广泛的应用。为了对数字信号处理技术在控制领域的应用有一个整体认识，本章将对数字信号处理的概念、特点和应用开发过程进行概要性的介绍。

1.1 数字信号处理的概念

数字信号处理是指采用计算机技术,将信号以数字形式表示并处理的理论和方法。经过多年的发展,数字信号处理已经形成了非常成熟的学科体系,并取得了众多的研究成果。由于数字信号处理器(Digital Signal Processor, DSP)应用技术的迅速发展,又为数字信号处理方法的完善和推广注入了新的活力。

1.1.1 模拟与数字信号

在现实生活中存在着各种物理量,如声压、温度及电动机转速等。为了处理方便,人们通常要将这些物理量使用传感器转换为电压或电流量。在信号处理领域里,信号可以定义为一个随时间(或者空间等,本书仅限于时间)变化的物理量。例如,声压信号经过麦克风可以转换为电信号。

一、模拟信号

对于在幅值上和时间上都是连续变化的信号,我们称之为模拟信号。模拟信号的特点是幅值和时间的变化均是连续的,在一个时间区域里的任何瞬间都存在确定的值,如图 1.1(a)所示。现实生活中的信号多为模拟信号。

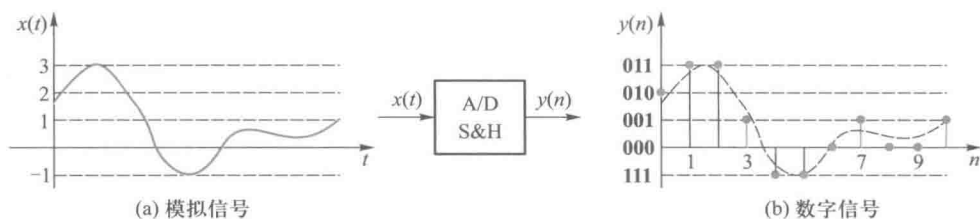


图 1.1 模拟信号到数字信号的转换

二、数字信号

为了能够用计算机进行处理,模拟信号要经过采样保持和 A/D 转换成为数字信号。数字信号的特点是幅值为量化的,时间是离散的,如图 1.1(b)所示。图中采用 3 位二进制数进行了幅值量化(注:幅值 111 是 -1 的补码)。

1.1.2 信号的处理方式

信号是信息的载体,信息能够反映系统的状态或特征。信号处理的目的是从信号中提取有用的信息并进行预期的各种变换(包括传输及存储)。信号处理主要任务分为两大类:信号频谱

分析(提取信号的特征)和滤波器(或控制器)设计。

一、模拟处理方式

模拟处理电路可以采用分立的模拟器件构成,也可以采用集成运算放大器构成。图 1.2 所示为由模拟集成运算放大器构成的经典 PI 控制器的实际电路。

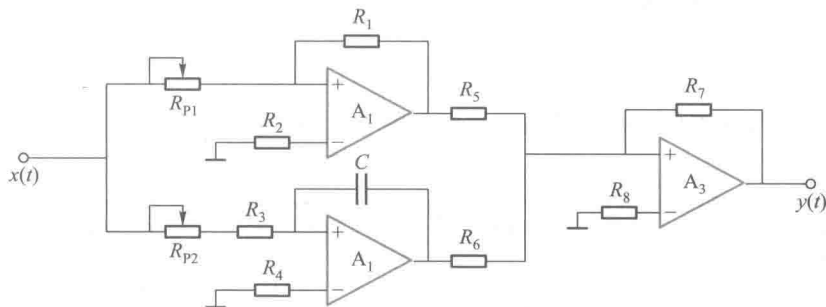


图 1.2 模拟 PI 控制器电路

该电路的输入输出关系为：

$$y(t) = K_p x(t) + K_i \int x(t) dt$$

式中 $K_p = R_1/R_{p1}$, $K_i = 1/(R_{p2}+R_3)C$, 调节 K_p 和 K_i 就可以在一定范围内改变系统的动静态性能。用模拟电路进行信号处理时,系统的精度和可靠性不理想。这是由于控制器的比例、积分和微分系数与阻容器件参数有关。一方面这些模拟器件采用的是器件的标称值(与理论值存在偏差,且参数存在分散性);另一方面模拟器件的参数会随环境温度发生变化。

用模拟电路进行信号处理时,系统的元件参数调试完成后,再想修改系统的控制规律非常困难(即控制规律调整不够灵活);同时,一些先进的控制算法无法实现。

二、数字处理方式

为了避免模拟信号处理方式存在的各种不足,可以采用数字信号处理方式完成对模拟信号的处理加工任务。典型的处理过程如图 1.3 所示。



图 1.3 模拟信号的数字信号处理方式

模拟信号经过前置滤波器后将信号中的某一频率(采样频率的一半)分量滤除,以防止信号混叠;滤波后的信号经过采样保持和 A/D 转换得到数字信号;数字信号送到数字信号处理器进行运算处理。运算处理算法为:

$$y(n) = K_p [x(n) - x(n-1)] + K_i x(n) + y(n-1)$$

该公式就是 PI 控制器增量式控制算法的差分方程,可以用来编写数字信号处理器的控制程序。若想改变控制规律,只需执行相应的算法即可,不用修改系统硬件。

与模拟信号处理相比,数字信号处理没有参数变化对系统性能的影响,所以系统的控制精度和可靠性得到了提高,同时处理算法的修改和完善变得非常容易。因此,数字信号处理广泛用于语音处理、图像处理与传输、电机控制、节能电源及消费类产品等诸多领域。

三、两种处理方式的比较

数字信号处理与模拟信号处理的特点比较如表 1.1 所示。

表 1.1 数字信号处理与模拟信号处理的特点比较

比较内容	数字处理	模拟处理
灵活性	好,软件编程改变算法	不好,靠调整硬件实现
可靠性	高,不易受温度和干扰影响	不好,参数随温度及干扰变化
精度	高,DSP 多优于 32 位字长	不好,难以达到 10^{-3} 以上
实时性	差,算法处理需要时间	很好,硬件延迟影响很少

由表可见,在多数情况下数字信号处理具有较大的优势,只是在信号频率较高或系统在快速性方面要求较为苛刻时模拟信号处理才应该考虑。

1.2 DSP 芯片的结构特点

在对模拟信号进行采样时,相邻两个采样时刻的时间间隔称为采样周期 T_s ,其倒数称为采样率 f_s (单位:采样的点数/s,与频率 Hz 具有相同的量纲),如图 1.4 所示。

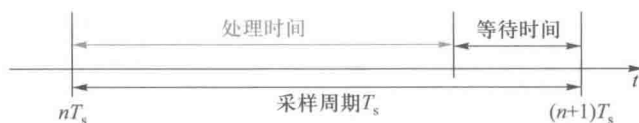


图 1.4 采样周期示意图

根据采样定理,要想无失真地获得模拟信号的特征,要求 $T_s < \frac{1}{2f_{\max}}$ 。即采样周期 T_s 被限定在一定数值之内。这就要求处理器在处理时间内必须完成全部算法和控制程序。

由数字处理方式的输出公式可以看出,PI 控制器的输出为有限项的乘积累加和。查阅数字

信号处理的相关书籍,能够发现有限冲击响应滤波器(FIR)、无限冲击响应滤波器(IIR)及离散傅里叶变换(DFT)等许多处理算法均由如下的乘积累加形式构成:

$$y = \sum_{i=0}^{N-1} x(i) * a(i)$$

数字信号处理的核心部件是数字信号处理器,它是专门针对实现数字信号处理算法而设计的芯片。芯片的结构设计必须采用各种有效的措施加快执行信号处理算法的速度。

1.2.1 采用哈佛总线结构

一、冯·诺依曼总线结构

通常的微处理器(如 Intel 的 8086 处理器)采用冯·诺依曼总线结构,指令和数据使用同一存储器,指令和数据分时地经由同一总线(PB&DB)进行传输,如图 1.5 所示。

二、哈佛总线结构

DSP 采用哈佛结构,如图 1.6 所示。指令和数据都有各自的存储器和访问总线。取指令经由 PB 总线,访问数据存储器经由 DB 总线。与冯·诺依曼总线结构相比,取指令和读数据(或写数据)能够同时进行,信息的吞吐能力提高了一倍。

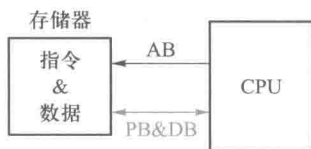


图 1.5 冯·诺依曼总线结构

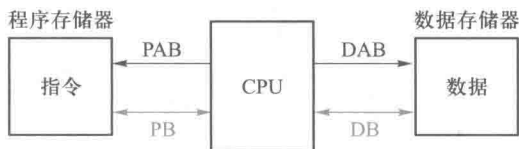


图 1.6 哈佛总线结构

为了进一步提高运行速度和数据访问的灵活性,TMS320F28x 芯片采用了改进的哈佛结构,一方面将数据读总线与数据写总线分开,另一方面还允许数据存放在程序存储器中被算术运算指令直接使用。

1.2.2 采用流水线技术

源于流水生产线思想,DSP 内部也采用了流水线设计。在工业生产中采用流水线可以有效地提高生产效率;在 DSP 中采用流水线也非常有助于提高 DSP 的工作效率。

一、流水线的概念

以生产汽车为例,假设需要 4 个工序:冲压、焊接、涂装和总装。4 个工序分别需要工人 A、B、C 和 D,各工序需要 1 小时时间。未采用流水线方式时,前车完成总装后,才能进行下辆车的冲压,生产每辆车要用 4 小时。采用流水线方式时,A 工人完成前车冲压后,就将该车交给 B 进

行焊接,同时 A 工人开始下辆车的冲压工序……如表 1.2 所示。从工序表可见,从第 4 个小时开始,每小时就可以生产 1 辆车,生产效率大大提高。

表 1.2 汽车流水生产线工序对应表

时间 工序	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
冲压	冲 1	冲 2	冲 3	冲 4	冲 5	冲 6	冲 7	冲 8	冲 9	冲 10
焊接		焊 1	焊 2	焊 3	焊 4	焊 5	焊 6	焊 7	焊 8	焊 9
涂装			涂 1	涂 2	涂 3	涂 4	涂 5	涂 6	涂 7	涂 8
总装				总 1	总 2	总 3	总 4	总 5	总 6	总 7

二、DSP 的流水线

DSP 采用了哈佛结构,为实施流水线设计提供了条件。可以把 DSP 的指令操作分成四个任务阶段:取指(P)、译码(D)、取数(G)和执行(E)。如图 1.7 所示。

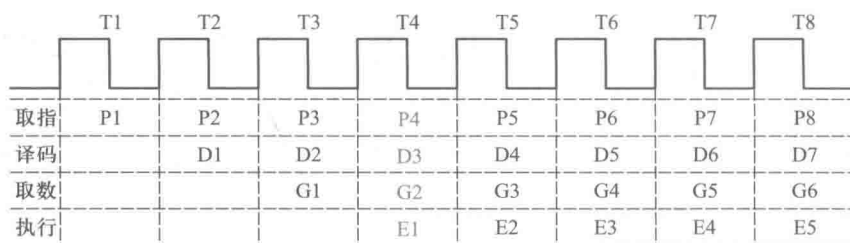


图 1.7 DSP 四级流水线示意图

由图可见,从第四个时钟周期开始,流水线就已经填满,此后的指令均可认为是单周期指令。TMS320F28x 系列 DSP 将指令执行分成 8 个任务阶段:指令地址产生、取指令、指令译码、操作数地址产生、操作数寻址、取操作数、执行指令操作和结果存回。因此,该芯片采用的是 8 级流水线,当流水线填满时,它可以同时执行 8 条指令,由于每条指令占用 8 个时钟周期,平均每条指令只需要 1 个时钟周期,从而使 DSP 的处理速度获得了显著的提高。

1.2.3 增加硬件功能单元

乘累加算法要求 DSP 必须有极高的速度以满足数字信号处理的需求。为了这一目标,在硬件配置上,DSP 增加了一些独具特色的功能单元。

一、设置硬件乘法器

在通用计算机中,为了减小硬件开销,乘法运算是采用多次进行加法实现的。为了加快乘法累加运算的速度,在 DSP 中设置了硬件乘法器。TMS320F28x 的乘法器如图 1.8 所示。

该乘法器能够在单周期内完成 32 位 $\times$ 32 位的乘法,或双 16 位 $\times$ 16 位的乘法。乘积寄存器 P 的内容可以直接送到累加器 ACC 进行累加。乘法和累加能够并行地在一个周期内完成。

二、增加辅助寄存器算术单元

要访问存储器就应该先确定出存储单元地址,对于通用计算机,存储单元地址的运算是采用算术逻辑单元(ALU)完成的。在 DSP 中,为了使 ALU 能够专心完成数据处理算法,专门增设了辅助寄存器算术单元(ARAU)。TMS320F28x 的辅助寄存器算术单元如图 1.9 所示。

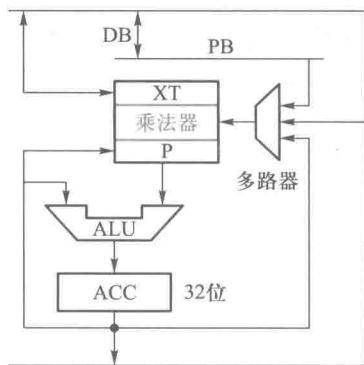


图 1.8 TMS320F28x 的乘法器

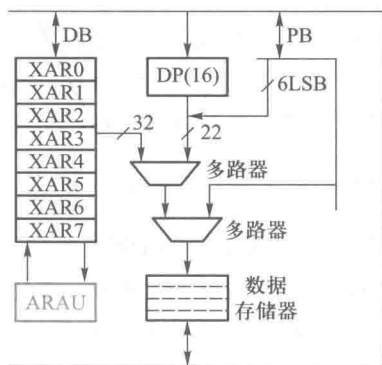


图 1.9 辅助寄存器算术单元

XAR0~XAR7 为 8 个辅助寄存器,它们的主要作用是参加数据的间接寻址。DP 是 16 位的数据存储器页寄存器,它与来自指令寄存器的低 6 位合成 22 位数据存储器地址,用于直接寻址。ARAU 的任务就是在无需 ALU 参与的情况下完成存储器地址的运算。

1.3 TI 公司典型 DSP 产品

目前,DSP 芯片市场的主要生产公司为:TI 公司、Freescale (Motorola) 公司、Agere (Lucent) 公司和 AD 公司。TI 的产品占有一半以上的份额,本书主要介绍 TI 公司的产品。

1.3.1 TMS320 系列 DSP 分类

TI 公司自 1982 年推出第一代 DSP 芯片 TMS3201x、TMS320C1x 系列后,又陆续推出了上百

种 DSP 芯片。这些芯片尽管品种繁多、功能各异,但按照面向领域可以分成三大类:C2000 系列(实时控制)、C5000 系列(低功耗)和 C6000 系列(高性能)。

一、TMS320C2000 系列

该系列于 1991 年推出,主要包含两个子系列:C24x 和 C28x。C24x 是 16 位定点 DSP,C28x 是 32 位定点 DSP,但基于 C28x 内核又推出了浮点产品,如 TMS320F28335。该系列 DSP 不但具有 DSP 内核,而且还具有丰富的用于电机控制的片上外设,从而将高速运算与实时控制融于一个芯片,成为传统单片机的理想替代品。TMS320C2000 系列 DSP 主要用于电机控制、数字电源和再生能源、电动汽车及 LED 照明等领域。

由于 C2000 系列 DSP 主要用于控制领域,TI 公司目前将该系列 DSP 芯片归类为 DSC(即数字信号控制器)。考虑芯片的结构特点和传统习惯,我们仍称其为 DSP 控制器。

二、TMS320C5000 系列

该系列也于 1991 年推出,是低功耗 16 位定点 DSP。C5000 包含两个子系列:C54x 和 C55x。该系列 DSP 待机功率小于 0.15 mW,工作功率小于 0.15 mW/MHz,是业界功耗最低的 16 位 DSP,该系列主要用于语音处理、移动通信、医疗监测等便携设备。

三、TMS320C6000 系列

TI 公司于 1997 年推出 C6000 系列产品。该系列 DSP 是 TI 公司的高端产品,早期分成 C62x/C64x/C67x 三个子系列。C62x 和 C64x 是 32 位定点 DSP,C67x 是 32 位浮点 DSP。该系列产品主要用于音频、视频和宽带设施领域。

近些年,TI 公司淘汰了一些老产品,又推出了 DaVinci 数字媒体处理器、OMAP 开放式多媒体应用平台和融入 ARM 内核的多核产品。

四、TMS320 系列命名方法

命名是企业对在线产品的分类规定。随着市场的需求变化,企业会不断推出新的产品,并淘汰或改进老产品。因此,新产品的特性及配置可能用原来的命名方法无法描述。

TI 公司对典型的 DSP 产品进行了分类命名,如图 1.10 所示。这种分类方法对了解 TI 公司的典型产品配置具有一定的帮助。但要了解公司的新产品就必须经常查看公司的网站,从中了解最新的技术进展和产品信息。

1.3.2 TMS320F28x 系列概况

C28x 系列是 C2000 的子系列,由于其具备的优秀运算与控制性能,使原来 C24x 子系列的产品淘汰,并且在 C28x 的基础上,TI 又推出了其他系列产品,如表 1.3 所示。

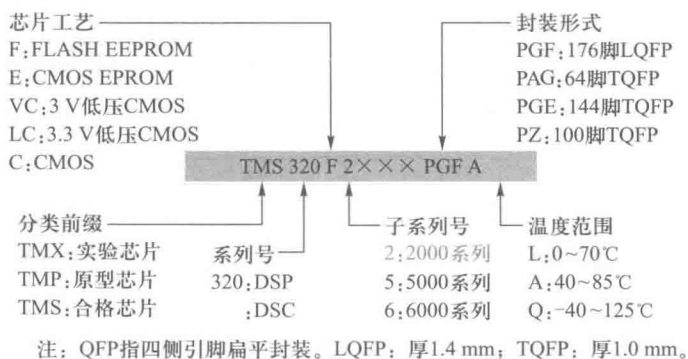


图 1.10 TMS320 系列典型芯片命名方法

表 1.3 TI 公司 F28x 系列典型芯片资源配置一览表

资源配置项目		F2812	F28335 (Delfino)	F28069 (Piccolo)	F28M35M52C (Concerto)
处理器	速度 (MHz)	150	150	90	75
	FPU		Yes	Yes	Yes
	CLA 协处理器			Yes	
	VCU			Yes	Yes
	DMA		Yes	Yes	Yes
存储器	FLASH (KB)	256	512	256	1024
	RAM (KB)	36	68	100	136
	ROM (KB)	Boot	Boot	Boot	Boot
控制接口	PWM 通道数	16	18	19	24
	高分辨率 PWM		6	8	16
	正交编码器	2	2	2	3
	事件捕捉	6	6	7	6
	高分辨率捕捉			4	
	定时器	8	16	17	25
	ADC 通道数	16	16	16	20
	ADC 转换时间	80ns	80ns	325ns	347ns
	比较器			3	6