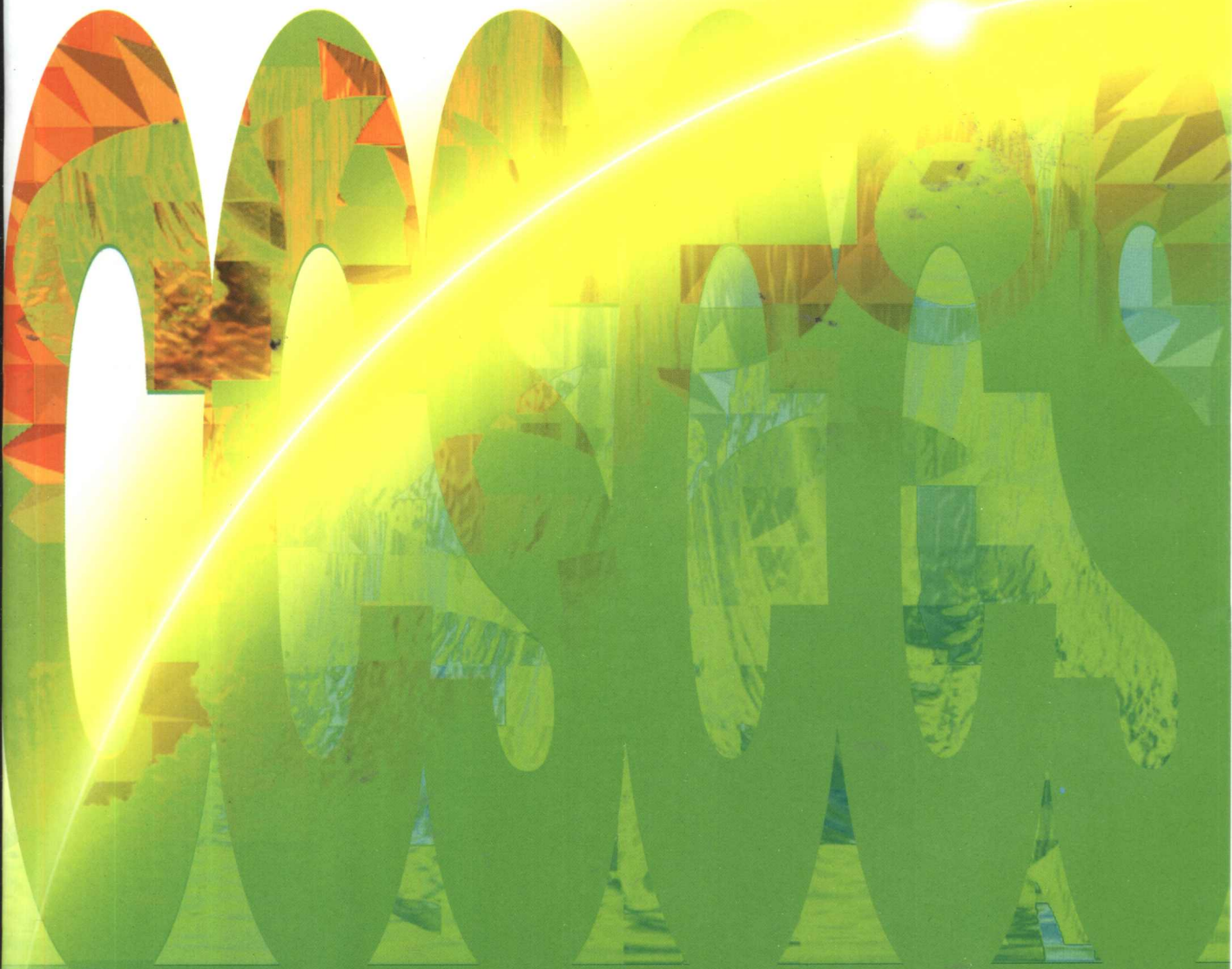
DSP应用丛书

DSP集成开发与应用实例

张雄伟　陈　亮　徐光辉　编著



電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
http://www.phei.com.cn

DSP 应用丛书

DSP 集成开发与应用实例

张雄伟　陈　亮　徐光辉　编著

電子工業出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

内 容 简 介

可编程 DSP 芯片的开发与应用是当前通信与电子领域的热点问题。本书在简要介绍 DSP 芯片的基本概念及 DSP 应用系统的基础上，分三部分介绍 DSP 芯片的开发与应用方法。首先介绍了基于 C 语言的 DSP 定点运算实例，为开发定点 DSP 程序奠定了原理基础；其次介绍了美国得州仪器公司推出的先进的 DSP 集成开发环境 CCS(Code Composer Studio)，为开发 DSP 程序奠定了工具基础；最后以 TMS320C5000 系列 DSP 芯片为例介绍了 DSP 芯片的软、硬件实例和系统实例，为开发 DSP 系统奠定了实用基础。

本书是《DSP 芯片的原理与开发应用》及其第 2 版的姊妹篇，旨在使读者掌握先进的 DSP 开发工具，提高 DSP 芯片的开发与应用能力。

本书可供通信和电子等领域从事 DSP 系统设计的广大科技人员和高等学校的教师阅读参考，也可作为相关专业研究生、高年级本科生和 DSP 芯片应用培训人员的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

DSP 集成开发与应用实例/张雄伟，陈亮，徐光辉编著 .—北京：电子工业出版社，2002.6
(DSP 应用丛书)
ISBN 7-5053-7703-5

Ⅰ.D… Ⅱ.①张… ②陈… ③徐… Ⅲ.数字信号—信号处理—程序设计—软件工具 Ⅳ.TN911.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 038312 号

责任编辑：沈艳波
印　　刷：中国科学院印刷厂
出版发行：电子工业出版社　http://www.phei.com.cn
　　北京市海淀区万寿路 173 信箱　邮编 100036
经　　销：各地新华书店
开　　本：787×1 092　1/16　印张：23.25　字数：590 千字
版　　次：2002 年 6 月第 1 版　2002 年 6 月第 1 次印刷
印　　数：7 000 册　定价：35.00 元

凡购买电子工业出版社的图书，如有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系。
联系电话：(010)68279077

前　言

自 20 世纪 80 年代初 DSP 芯片诞生以来，DSP 芯片得到了飞速的发展。DSP 芯片的性能越来越高，价格越来越低，开发方法越来越便利，开发工具越来越先进。单就性能来说，与 DSP 芯片刚出现时相比，提高了几百倍。因此，DSP 芯片已经在通信、控制、信号处理、仪器仪表、医疗、家电等很多领域得到了越来越广泛的应用。DSP 芯片的开发应用已经成为通信、电子等领域科技人员必须掌握的一门重要的实用技术。本书是《DSP 芯片的原理与开发应用》（第 2 版）的提高篇，旨在使读者掌握先进的 DSP 开发工具，进一步提高 DSP 芯片的开发与应用能力。

本书共 10 章，可分为三部分。

第一部分是应用基础，包括第 1 章和第 2 章。

第 1 章首先简要介绍了 DSP 芯片的基本概念，然后介绍了 DSP 应用系统的基本构成、设计过程及开发 DSP 系统所需的开发工具，最后对美国 TI 公司的系列 DSP 芯片的基本概况作了简要介绍。

第 2 章在介绍 DSP 定点运算基本原理的基础上，详细介绍了加法、减法、乘法、乘累加/乘累减、除法、移位、归一化运算以及幂、对数、开平方等非线性运算的 C 语言定点程序实例。

第二部分是 CCS 集成开发环境，包括第 3,4,5,6,7 章。

第 3 章介绍了 CCS 的基本特征、软件安装、系统配置方法；介绍了 CCS 组件及其特征，包括代码生成工具、集成开发环境、DSP/BIOS 插件和 API 函数以及 RTDX 等。

第 4 章比较详细地介绍了 CCS 集成开发环境，对其中的菜单功能和 Standard,GEL,Project, Debug 和 Edit 工具栏进行了介绍。基于两个实例，以 Simulator 应用为例，介绍了 CCS 的基本使用方法。

第 5 章介绍了 CCS 中 DSP/BIOS 的原理及应用方法。首先概述了 DSP/BIOS 的组件，包括 DSP/BIOS 实时库与 API 函数、DSP/BIOS 配置工具和 DSP/BIOS 插件；接着介绍了命名规则和 DSP/BIOS 程序的生成方法；最后通过两个实例介绍 DSP/BIOS 的使用方法，实例 1 通过一个简单例子介绍如何使用 DSP/BIOS 创建、生成、调试和测试程序；实例 2 通过创建一个多线程程序，介绍如何借助 DSP/BIOS 分析 DSP 程序的性能。

第 6 章介绍了 RTDX（实时数据交换）的原理及应用方法，首先介绍了 RTDX 的工作原理，接着介绍了 RTDX 的配置参数、用户接口和 OLE（对象链接嵌入）接口，最后介绍了实时通信程序的设计方法，并通过实例运用 RTDX 进行 DSP 程序的实时特性分析。

第 7 章介绍了 GEL（通用扩展语言）和 Visual Linker（可视化链接器）的使用方法。

第三部分是应用实例，包括第 8,9,10 章。

第 8 章介绍了 TMS320C5000 系列的硬件应用实例。重点介绍了 HPI（主机接口）和 McBSP（多通道缓冲串行口）两种 DSP 外设的基本原理，并通过实例介绍了两种接口的应用方法。

第 9 章介绍了 TMS320C5000 系列的软件应用实例。首先介绍了常用的几种软件编程方法，包括用 C 语言编程、用汇编语言编程、用代数语言编程、用 C 和汇编语言混合编程以

及在 C 程序中直接嵌入汇编语言编程的方法，并且介绍了独立 C 和汇编模块的接口方法及相互访问变量的方法；接着介绍了 C 编译器的堆栈分配机制、函数调用规则及参数传递方法；然后通过实例介绍了汇编程序优化的方法；最后介绍了采用扩展寻址时软件需要注意的几个问题。

第 10 章以 TMS320C54x 为例，结合数字信号处理和通信中最常见、具有代表性的应用，介绍 TMS320C5000 系列 DSP 芯片的软件设计方法，包括利用 DSP 芯片实现异步串行通信（UART）、双音多频（DTMF）信号的产生和检测、快速傅里叶变换（FFT）、数字滤波器（IIR 和 FIR 滤波器）、回波抵消和线性预测（LPC）计算等。

本书由张雄伟策划并编写了第 1 章和第 2 章，徐光辉编写了第 3,4,5,6,7 章，陈亮编写了第 8,9,10 章，全书由张雄伟审校。在编写过程中，黄忠虎提供了部分资料，杨吉斌为本书绘制了部分插图，在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平所限，书中不当之处在所难免，恳请广大读者给予指正。

作　　者

2002 年 3 月于南京解放军理工大学通信工程学院

目　录

第 1 章　DSP 概述

1.1 引　　言

在信号与信息处理领域，数字信号处理（Digital Signal Processing，简称 DSP）是一门十分重要的新兴学科。20 世纪 60 年代以来，随着计算机和信息科学的飞速发展，数字信号处理技术应运而生并得到迅速的发展。数字信号处理的理论和技术可应用于多个学科领域，近几十年来，数字信号处理已经在通信、自动化等领域里得到极为广泛的应用。

数字信号处理利用计算机或其他信号处理设备，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，以得到满足不同应用需要的信号形式。

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。而数字信号处理的实现则是理论和应用之间的桥梁。

数字信号处理是以众多的学科为理论基础的，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，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。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。

数字信号处理的实现方法一般有 5 种。（1）在通用的计算机上用软件（如 Fortran、C 语言）实现。（2）在通用计算机系统中加上专用的处理机实现。（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。与通用单片机相比，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，第一种方法的缺点是速度较慢，一般可用于 DSP 算法的模拟；第二种和第五种方法专用性强，应用受到很大的限制，第二种方法也不便于系统的独立运行；第三种方法只适用于实现简单的 DSP 算法；只有第四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，由于实现器件的限制，数字信号处理的理论还得不到广泛的应用。直到 80 年代初世界上第一个单片可编程 DSP 芯片的诞生，才将数字信号处理的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 20 年来通信、计算机、控制等领域的发展起到了十分重要的作用。

自 80 年代初期 DSP 芯片问世以来，在 20 年的时间里，DSP 芯片得到了极为迅速的发展。世界上生产 DSP 芯片的厂家主要有：美国的得克萨斯仪器公司（Texas Instruments，简

称 TI)、美国的模拟器件公司（Analog Devices，简称 AD)、美国的 Motorola 公司等，其中尤以 TI 公司生产的系列 DSP 芯片应用最为广泛。TI 公司在 80 年代初推出第一代产品 TMS32010 以来，相继推出了定点、浮点两大类别多代产品，目前形成了 TMS320C2000,TMS320C5000 和 TMS320C6000 三大 DSP 芯片系列。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，其 DSP 芯片市场大约占全世界份额的 50%。

1.2 DSP 芯片的基本概念

DSP 芯片（Digital Signal Processor)，即数字信号处理器，是一种适合于进行实时数字信号处理运算的微处理器，其主要应用是实时快速地实现各种数字信号处理算法。实时处理是指必须在规定的时间内完成对外部输入信号的处理运算。为了快速实时地完成数字信号处理运算，DSP 芯片一般应具有这样一些特点：（1）快速的运算速度；（2）在一个指令周期内可完成一次乘法和一次加法运算；（3）程序和数据空间分开，可以同时访问指令和数据；（4）片内具有快速 RAM，通常可通过独立的数据总线在两块中同时访问；（5）具有低开销或无开销循环及跳转的硬件支持；（6）快速的中断处理和硬件 I/O 支持；（7）具有在单周期内操作的多个硬件地址产生器；（8）可以并行执行多个操作；（9）支持流水线操作，使取指、译码和执行等操作可以重叠执行。

总的来说，DSP 芯片可以分为定点 DSP 芯片、浮点 DSP 芯片两大类。这是根据 DSP 芯片工作的数据格式来分类的。数据以定点格式工作的 DSP 芯片称为定点 DSP 芯片，如 TI 公司的 TMS320C2000 系列、TMS320C5000 系列、TMS320C6000 系列中的 TMS320C62xx 等。数据以浮点格式工作的称为浮点 DSP 芯片，如 TI 公司的 TMS320C3x/C4x,TMS320C6000 系列中的 TMS320C67xx 等。 此外，按照 DSP 芯片的用途来分，可分为通用型 DSP 芯片和专用型 DSP 芯片。专用型 DSP 芯片已将算法固化在芯片中，完成特定的功能，如 FFT 算法等。而通用型 DSP 芯片是用户可编程的，可以用来实现各种数字信号处理算法。本书讨论通用型的 DSP 芯片。

衡量 DSP 芯片性能的指标主要包括：（1）DSP 芯片的运算速度；（2）DSP 芯片的运算精度；（3）DSP 芯片的软、硬件资源；（4）DSP 芯片的功耗。其中，DSP 芯片的运算速度是 DSP 芯片的一个最重要的性能指标，也是选择 DSP 芯片时所需要考虑的一个主要因素，一般采用 MIPS（即每秒执行百万条指令）来表征，如 TMS320VC5409-100 的最高运算速度就是 100MIPS，即在 1s 时间内可以执行 1 亿条指令，指令周期是 10ns。此外，MFLOPS（每秒执行百万次浮点操作)、MOPS（每秒执行百万次操作）也是常用的衡量指标。MFLOPS 主要用来表征浮点 DSP 芯片的性能，而 MOPS 所指的操作除了 CPU 操作之外，还包括地址计算、DMA 访问、数据传输、I/O 操作等，MOPS 可以对 DSP 芯片的综合性能进行描述。

选择 DSP 芯片是设计 DSP 应用系统时非常重要的环节。选择 DSP 芯片应根据实际的应用系统需要而确定。不同的 DSP 应用系统由于应用的场合、应用目的等不尽相同，对 DSP 芯片的选择也是不同的。一般来说，选择 DSP 芯片时应考虑到 DSP 芯片的运算速度，DSP 芯片的软、硬件资源，DSP 芯片的运算精度，DSP 芯片的价格，DSP 芯片的开发工具，DSP 芯片的功耗等因素。此外，还应考虑到封装的形式、质量标准、供货情况、生命周期等。在上述诸多因素中，一般而言，定点 DSP 芯片的价格较为便宜、功耗较低，但运算精度稍低。

而浮点 DSP 芯片的优点是运算精度高、C 语言编程调试方便，但价格稍贵，功耗也较大。

1.3 DSP 应用系统的构成

图 1.1 示出了一个典型的 DSP 应用系统。图中的输入信号可以有各种各样的形式。例如，它可以是麦克风输出的语音信号或是电话线来的已调数据信号，可以是编码后在数字链路上传输或存储在计算机里的摄像机图像信号等。

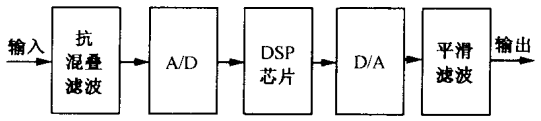


图 1.1 典型的 DSP 系统

输入信号首先进行带限滤波和抽样，然后进行模/数（Analog to Digital,A/D）变换将模拟信号变换成数字比特流。根据奈奎斯特抽样定理，为保持信息的不丢失，抽样频率至少必须是输入带限信号最高频率的 2 倍。

DSP 芯片的输入是 A/D 变换后得到的以抽样形式表示的数字信号，DSP 芯片对输入的数字信号进行某种形式的处理，如进行一系列的乘累加操作（MAC）。数字处理是 DSP 的关键，这与其他系统（如电话交换系统）有很大的不同，在交换系统中，处理器的作用是进行路由选择，它并不对输入数据进行修改。因此虽然两者都是实时系统，但两者的实时约束条件却有很大的不同。最后，经过处理后的数字样值再经数/模（Digital to Analog,D/A）变换将数字比特流转换为模拟样值，之后再进行内插和平滑滤波就可得到连续的模拟波形。

必须指出的是，上面给出的 DSP 系统模型是一个典型模型，但并不是所有的 DSP 系统都必须具有模型中的所有部件。如语音识别系统在输出端并不是连续的波形，而是识别结果，如数字、文字等；有些输入信号本身就是数字信号（如 CD），因此就不必进行模/数变换了。

1.4 DSP 应用系统的设计过程

图 1.2 是 DSP 应用系统设计的一般过程。

第一步，在设计 DSP 系统之前，必须根据应用系统的目标确定系统的性能指标和信号处理的要求，通常可用数据流程图、数学运算序列、正式的符号或自然语言来描述。

第二步，根据系统的要求进行高级语言的模拟。一般来说，为了实现系统的最终目标，需要对输入的信号进行适当的处理，而处理方法的不同会导致不同的系统性能，要得到最佳的系统性能，就必须在这一步确定最佳的处理方法，即数字信号处理的算法，因此这一步也称算法模拟阶段。例如，语音压缩编码算法就是要在确定的压缩比条件下，获得最佳的合成语音。算法模拟所用的输入数据是实际信号经采集而获得的，通常以计算机文件的形式存储为数据文件。如语音压缩编码算法模拟时所用的语音信号就是实际采集而获得并存储为计算机文件形式的语音数据文件。有些算法模拟时所用的输入数据并不一定要实际采集的信号数据，只要能够验证算法的可行性，输入假设的数据也是可以的。

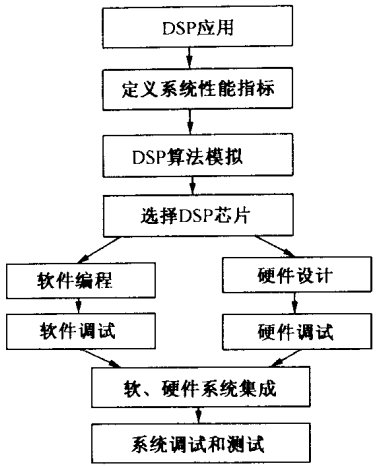


图 1.2　DSP 系统的设计流程

在完成第二步之后，接下来就可以设计实时 DSP 系统，实时 DSP 系统的设计包括硬件设计和软件设计两个方面。硬件设计首先要根据系统运算量的大小、对运算精度的要求、系统成本限制以及体积、功耗等要求选择合适的 DSP 芯片。然后设计 DSP 芯片的外围电路及其他电路。软件设计和编程主要根据系统要求和所选的 DSP 芯片编写相应的 DSP 汇编程序，若系统运算量不大且有高级语言编译器支持，也可用高级语言（如 C 语言）编程。由于现有的高级语言编译器的效率还比不上手工编写汇编语言的效率，因此在实际应用系统中常常采用高级语言和汇编语言的混合编程方法，即在算法运算量大的地方，用手工编写的方法编写汇编语言，而运算量不大的地方则采用高级语言。采用这种方法，既可缩短软件开发的周期，提高程序的可读性和可移植性，又能满足系统实时运算的要求。

DSP 硬件和软件设计完成后，就需要进行硬件和软件的调试。软件的调试一般借助于 DSP 开发工具，如软件模拟器、DSP 开发系统或仿真器等。调试 DSP 算法时一般采用比较实时结果与模拟结果的方法，如果实时程序和模拟程序的输入相同，则两者的输出应该一致。应用系统的其他软件可以根据实际情况进行调试。硬件调试一般采用硬件仿真器进行调试，如果没有相应的硬件仿真器，且硬件系统不是十分复杂，也可以借助于一般的工具进行调试。

系统的软件和硬件分别调试完成后，就可以将软件脱离开发系统而直接在应用系统上运行。当然，DSP 系统的开发，特别是软件开发是一个需要反复进行的过程，虽然通过算法模拟基本上可以知道实时系统的性能，但实际上模拟环境不可能做到与实时系统环境完全一致，而且将模拟算法移植到实时系统时必须考虑算法是否能够实时运行的问题。如果算法运算量太大不能在硬件上实时运行，则必须重新修改或简化算法。

1.5　DSP 应用系统的开发工具

根据图 1.2 的设计流程，要开发一个完整的 DSP 应用系统，需要借助于诸多软、硬件开发工具，表 1.1 列出了可能需要的开发工具。需要注意的是，有些工具不一定是必备的，如逻辑分析仪。有些工具则是可选的，如算法模拟时可以用 C 语言，也可以用 MATLAB 语言，还可以用其他程序语言。而如果有 CCS（Code Composer Studio）软件，说明是一个集成开发的环境，那么会包括编辑、编译、汇编、链接、软件模拟、调试等几乎所有需要的软

件。此外，如果 DSP 应用系统中还有其他微处理器（如 MCS-51 系列单片机），当然还必须有相应的开发工具支持。

表 1.1 DSP 应用系统开发工具支持

开发步骤	开发内容	开发工具支持	
		硬件支持	软件支持
1	算法模拟	计算机	C 语言、MATLAB 语言等
2	DSP 软件编程	计算机	编辑器（如 Edit,Ultraedit 等）
3	DSP 软件调试	计算机、DSP 硬件仿真器等	DSP 代码生成工具（包括 C 编译器、汇编器、链接器等）、DSP 代码调试工具（如 C/汇编源码调试器、DSP 软件模拟器 Simulator 和 CCS 等）
4	DSP 硬件设计	计算机	电路设计软件（如 Protel98,Protel99 等）和其他相关软件（如 EDA 软件等）
5	DSP 硬件调试	计算机、DSP 硬件仿真器、示波器、信号发生器、逻辑分析仪等	相关支持软件
6	系统集成	计算机、DSP 硬件仿真器、编程器、示波器、信号发生器、逻辑分析仪等	相关支持软件

1.6 TI 系列 DSP 芯片简介

1.6.1 TI 系列 DSP 芯片概貌

TI 公司在 20 世纪 80 年代初成功推出第一代 DSP 芯片 TMS32010 及其系列产品之后，相继推出了以 TMS320C25 为代表的第二代 DSP 芯片、第三代 DSP 芯片 TMS320C3x、第四代 DSP 芯片 TMS320C4x、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 芯片以及目前速度最快的第六代 DSP 芯片 TMS320C62x/C67x 等。TI 将目前常用的 DSP 芯片归纳为三大系列，即：TMS320C2000 系列（包括 TMS320C20x/C24x/C28x）、TMS320C5000 系列（包括 TMS320C54x/C55x）、TMS320C6000 系列（包括 TMS320C62x/C67x/C64x）。如今，TI 公司的系列 DSP 芯片已经成为当今世界上最有影响的 DSP 芯片。

1.6.2 TMS320C2000 系列简介

TMS320C2000 系列包括 TMS320C20x,TMS320C24x 和 TMS320C28x 三类。

TMS320C20x 是继 TMS320C2x 和 TMS320C5x 之后出现的的一种低价格、高性能定点 DSP 芯片。TMS320C20x 系列 DSP 芯片具有如下特点：

（1）处理能力强。指令周期最短为 25 ns，运算能力达 40 MIPS。

（2）片内具有较大的闪烁存储器。TMS320C20x 是最早使用闪烁存储器的 DSP 芯片。

闪烁存储器具有比 ROM 灵活、比 RAM 便宜的特点。TMS320F206 和 TMS320F207 片内具有 32 K 字的闪烁存储器和 4.5 K 字的 RAM。利用闪烁存储器存储程序，不仅降低了成本，减小了体积，同时系统升级也比较方便。

（3）功耗低。TMS320C20x 系列 DSP 芯片在 5 V 工作时每个 MIPS 消耗 1.9 mA 电流，在 3.3 V 工作时每个 MIPS 消耗 1.1 mA 电流。使用 DSP 核的省电模式可进一步降低功耗。

（4）资源配置灵活。

表 1.2 是 TMS320C20x 系列 DSP 芯片的资源配置比较表。

表 1.2　TMS320C20x 系列芯片的资源配置

TMS320 C20x 系列	指令周期 /ns	ROM /字	RAM /字	Flash /字	同步 串行口	异步 串行口
TMS320C203	25/35/50	-	544	-	1	1
TMS320C204	25/35/50	4K	544	-	1	1
TMS320C205	25/35/50	-	4.5K	-	1	1
TMS320F206	25/35/50	-	4.5K	32K	1	1
TMS320F207	25/35/50	-	4.5K	32K	2	1
TMS320C209	35/50	4K	4.5K	-	-	-

TMS320C24x 系列 DSP 芯片针对数字控制系统应用进行了优化设计，芯片内部具有多达 16 路的 10 位模/数转换功能，具有多个通用定时器和一个监视（Watchdog）定时器，具有多达 16 个通道的 PWM（Pulse Width Modulation）信道，最多具有 41 个通用输入/输出引脚。表 1.3 列出了 TMS320C24x 系列芯片的资源配置。图 1.3 是该系列芯片中 TMS320LF2407 DSP 的方框图。

表 1.3　TMS320C24x 系列芯片的资源配置

TMS320 C24x 系列	速度 /MIPS	RAM /字	ROM /字	Flash /字	I/O 引脚	比较/PWM 通道	定时器	同步 串行口	异步 串行口	A/D 通道数/转换时间/μs
TMS320F240	20	544	-	16K	28	9/12	3/1	1	1	16ch/6.6
TMS320C240	20	544	16K	-	28	9/12	3/1	1	1	16ch/6.6
TMS320F241	20	544	-	8K	26	5/8	2/1	1	1	8ch/0.85
TMS320C242	20	544	4K	-	26	5/8	2/1	-	1	8ch/0.85
TMS320F243	20	544	-	8K	32	5/8	2/1	1	1	8ch/0.85
TMS320LF2407	30/40	2.5K	-	32K	41	10/16	4/1	1	1	16ch/0.5
TMS320LF2406	30/40	2.5K	-	32K	41	10/16	4/1	1	1	16ch/0.5
TMS320LF2402	30/40	544	-	8K	21	5/8	2/1	-	1	8ch/0.5
TMS320LC2406	30/40	2.5K	32K	-	41	10/16	4/1	1	1	16ch/0.5
TMS320LC2404	30/40	1.5K	16K	-	41	10/16	4/1	1	1	16ch/0.5
TMS320LC2402	30/40	544	4K	-	21	5/8	2/1	-	1	8ch/0.5

注：表中定时器一栏中，左边的数字表示通用定时器的数量，右边的数字表示 watchdog 定时器的数量。