

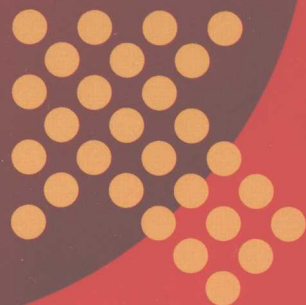
21世纪高等学校规划教材



DSP YUANLI YU YINGYONG RUMEN XUEXI JI SHIJIAN ZHIDAO

DSP 原理与应用入门学习及实践指导

王建元 编 著



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

TN911.72/221

2008

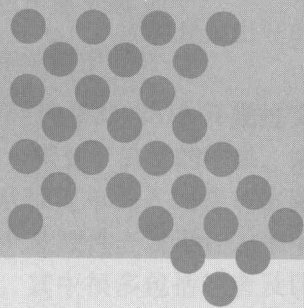
21世纪高等学校规划教材



DSP YUANLI YU YINGYONG RUMEN XUEXI JI SHIJIAN ZHIDAO

DSP 原理与应用入门学习及实践指导

编 著 王建元
主 审 任先文 李玉山



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为 21 世纪高等学校规划教材。

全书共分 4 章, 主要内容包括 TMS320LF2407 综合实验系统介绍; CCS 集成开发环境; 11 个 TMS320LF2407A 基础实验和 5 个 DSP 应用系统设计。

本书可作为普通高等学校电气信息类、仪器仪表类及相关专业的 DSP 课程的实验指导书, 也可供开发、使用 TMS320LF2407 系列 DSP 的工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

DSP 原理与应用入门学习及实践指导/王建元编著. —北京:
中国电力出版社, 2008

21 世纪高等学校规划教材

ISBN 978-7-5083-7349-2

I. D… II. 王… III. 数字信号—信号处理—高等学校—
教学参考资料 IV. TN911.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 077697 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2008 年 7 月第一版 2008 年 7 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 7.25 印张 168 千字

定价 12.00 元

敬 告 读 者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前言

DSP 芯片也称数字信号处理器,是一种特别适合于进行数字信号处理运算的微处理器。TI 公司在 1982 年成功推出其第一代 DSP 芯片之后,相继推出了多种不同适用范围、不同规格的 DSP 系列。TMS320F240x DSP 是为了满足控制应用而设计的,属于 TMS320C2xx 系列。通过把一个高性能的 DSP 内核和微处理器的片内外部设备集成在一个芯片的方案,使 TMS320LF240x DSP 成为传统微控制器和昂贵的多片设计的一种廉价替代产品。30MIPS 的处理速度,使 TMS320IF240x DSP 远远超过传统的 16 位微控制器和微处理器的性能。

从普及、推广的角度来看,TI 公司的 TMS320C2xx 系列具有较好的应用基础和较高的性能价格比,在我国有着广泛的应用前景。TMS320LF240x DSP 是 TMS320C2xx 系列中的新成员,其性能远远优于传统的 16 位微控制器和微处理器,非常适用于电机的数字化控制,是电机数字化控制的升级产品。用高级语言进行 DSP 的开发是 DSP 开发的重要方向。C 语言在满足控制应用程序运行速度的基础上可以更好地维护程序和移植程序,是开发控制应用程序的必然趋势。因此,有必要深入了解 C 程序的运行环境和编译器的工作原理。DSP 软硬件开发过程中综合了多方面的知识,只有在充分了解硬件资源的基础上,才能开发出好的程序。

笔者及其课题组团队大量使用该系列芯片中的 TMS320LF2407/TMS3202812 开发过交流异步电动机变频调速、电力有源滤波器、电能质量分析仪等产品,得到了满意的结果。结合课题组的开发经验,从 CCS 开发环境软件的安装、设置入手,从最简单的入门接口电路及程序设计开始,以 16 个实验指导的方式教您快速入门并进行 DSP 软硬件开发设计。书中包含了 C 语言开发 TMS320LF2407 软硬件过程中若干关键的问题,其中很多包括笔者及课题组成员的心得和体会。

本书由东北电力大学任先文教授、西安电子科技大学李玉山教授担任主审。多年来,任先文教授一直关心和指导本实验系统的研究工作,而且对本书进行了极为细致的审阅,提出了很多宝贵的意见,在此表示衷心的感谢。东北电力大学硕士研究生李明认真细致地完成了本实验系统的初版设计,尹维春、孙澄宇硕士对本书所包含的程序进行了认真的上机验证并对文字、图表进行了编校工作,他们的聪明才智和付出的辛苦劳动加快了本书的完成,在此深表谢意。

编写软硬件设计相结合的入门阶梯式学习指导书任务艰巨,书中不妥和疏漏之处在所难免,真诚希望广大读者对本书的各个方面给予批评指正(电子邮箱: ggsbbz@yahoo.com.cn)。

编著者

东北电力大学 2008 年 1 月

目 录

前言

第 1 章 TMS320LF2407 综合实验系统介绍	1
1.1 TMS320LF2407 综合实验系统概述	1
1.2 TMS320LF2407 综合实验系统硬件电路结构介绍	3
1.3 DSP 综合实验系统可开设的实验方案	6
第 2 章 CCS 集成开发环境	7
2.1 CCS 集成开发环境概述	7
2.2 CCS 软件的安装	8
2.3 CCS 系统配置	9
2.4 CCS 项目文件介绍	11
2.5 CCS 的基本操作	12
第 3 章 TMS320LF2407A 基础实验	18
3.1 实验 1 CCS 工程项目的调试	18
3.2 实验 2 LED 电路控制实验	21
3.3 实验 3 键盘中断响应实验	25
3.4 实验 4 SPI 通信实验	28
3.5 实验 5 TMS320LF2407 与图形液晶显示模块接口的应用	33
3.6 实验 6 定时器实验	43
3.7 实验 7 模数转换 (ADC) 实验	48
3.8 实验 8 数模转换 (DAC) 实验	53
3.9 实验 9 PWM 直流电机控制实验	57
3.10 实验 10 串行通信接口 SCI 实验	60
3.11 实验 11 DSP 自启动实验	67
第 4 章 DSP 应用系统设计	72
4.1 快速傅里叶变换 (FFT) 实验	72
4.2 CAN 控制器模块	83
4.3 浮点数与 Q15 之间的数据转换	89
4.4 谐波分析	92
4.5 交通控制	93
附录 LCM12864ZK 字库	95
参考文献	107

第 1 章 TMS320LF2407 综合实验系统介绍

引言

为了更好地开展 TMS320 系列 DSP 的教学、实验、课程设计及毕业设计,东北电力大学 DSP 实验室于 2006 年推出了新一代 DSP 教学产品——TMS320LF2407 综合实验箱。该实验箱为广大 DSP 初学者提供了 DSP 一体化设备,为 DSP 的教学提供整体方案,还为 DSP 设备的研制者提供了一个较为完备的测试平台。其完全的开放性和模块化设计让该实验仪可以不断升级,各高校学生可根据当前技术方向自行设计模块,使之跟随日新月异的技术发展。

根据国家教委对高校实验教学的要求,该实验箱共安排了四大类实验:验证性实验、综合性实验、设计性实验和创新性实验。完全适合电子信息、信号处理、自动化、通信工程、物理、测控、软件及图像处理等相关专业的实验及创新研发。同时这套实验箱也是大学生电子设计竞赛和广大 DSP 爱好者的最佳入门开发学习的平台。图 1-1 所示为这套综合实验箱的俯视图。

本书第 3 章中的 TMS320LF2407 基础实验都是在这个综合实验箱的基础上设计的。

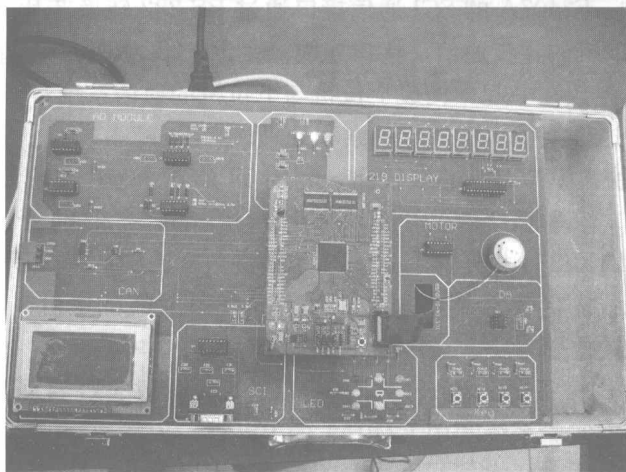


图 1-1 TMS320LF2407 综合实验箱俯视图

1.1 TMS320LF2407 综合实验系统概述

TMS320LF2407 综合实验系统属于一种综合性的教学实验系统,该系统采用 TI 公司的 TMS320LF2407A 为核心处理器。充分利用了 TMS320LF2407A 芯片的硬件资源,对其每一个功能模块都给出了相应的实验,实验箱的具体功能结构图如图 1-2 所示。

TMS320LF2407 综合实验箱由具有 JTAG 接口的仿真器和实验开发板构成。仿真器所配置的软件 CCS 2 (2000) 可以开发 2000 系列的 TI DSP 芯片。实验开发板配置

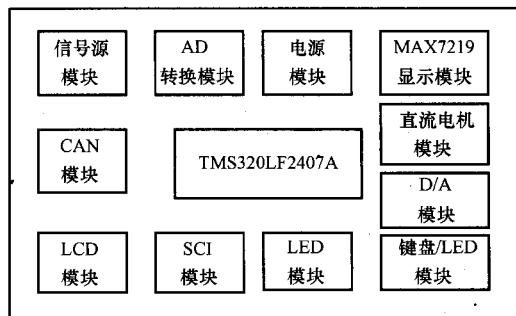


图 1-2 TM320LF2407 综合实验箱功能结构图

如下：

(1) 处理器单元：本综合实验箱的处理器单元采用 TI 公司 TMS320LF2407A 芯片。

(2) 动态存储器模块：本综合实验箱的动态存储器模块外扩 2 片 $64k \times 16$ 位 SRAM。

(3) 键盘 LED 模块：键盘模块共有 4 个按键输入，同时有相应的 LED 显示。

(4) LED 模块：LED 模块有 8 个发光二极管输出，可模拟交通灯控制。

(5) LCD 模块：128×64 点阵式液晶 LCD

显示电路。

(6) AD 转换模块：系统的 AD 转换模块采用一个 10 位片内 16 个通道 AD 转换器输入，可对信号发生模块产生的信号进行采样。

(7) CAN 模块：F2407A 芯片自带 CAN 控制器，在无外部总线设备连接情况下，可以通过设置寄存器的自测试位，来实现 CAN 控制器的自发、自收功能，为调试 CAN 通信提供了方便。实验箱设计了 CAN 驱动器，CAN 驱动器采用 UC5350，它将 DSP 引脚上的信号转换成 CAN 总线差分驱动信号，并与其他 CAN 节点或上位机相连，实现 CAN 总线的通信。

(8) UART 模块：F2407A 的 SCI 通信接口通过 RS-232 转换芯片 MAX3232 驱动与 PC 机连接，可实现与 PC 机的异步通信。接口连线满足 RS-232 规范，可直接用标准 RS-232 连接线将 DSP 与 PC 机连接在一起，构成上位机与下位机的通信系统；将下位机（DSP）中的中间变量和控制变量送到上位机上进行观察和处理。

(9) DA 转换模块：模拟 SPI 总线输出，利用 TLC5616 芯片实现 DA 转换输出。

(10) SPI 模块：本实验系统的 SPI 模块采用 F2407 芯片自带的 SPI 总线，它与 8 位 7 段数码管的驱动芯片 MAX7219 相连，通过 SPI 总线将数据送到 7 段数码管上。由于数码管驱动芯片只作为 SPI 总线的接收方（从机），所以作为 SPI 总线的主机，DSP 只需编程为发送数据形式的 8 个 7 段数码管输出。

(11) 电机控制模块：TMS320LF2407A 内部有两个事件管理器 EVA、EVB，适用于控制各种类型的电机，本实验系统利用 F2407A 的 PWM 输出，通过 L293D 芯片驱动 5V 直流电机。

(12) 信号发生模块：产生三路 50~3500Hz 正弦波、三角波信号源及其混频电路。

(13) 调试单元：在线调试与仿真通过 JTAG (Joint Test Action Group) 标准测试接口及相应的控制器，从而不但能控制和观察系统中处理器的运行，测试每一块芯片，而且还可以用此接口下载程序。在 TMS320 系列中，与 JTAG 测试端口同时工作的还有一个分析模块，它支持断点的设置和程序存储器、数据存储器及 DMA 的访问，程序的单步运行和跟踪以及程序的分支和外部中断的计数等。

(14) 电源模块：本实验系统由高性能直流电源提供 5V/±12V 电压，处理器单元通过 TI 公司的 DC-DC 转换芯片 TPS7333Q 将电源单元提供的 5V 电压转换成 3.3V，为 TMS320LF2407A 供电。

1.2 TMS320LF2407 综合实验系统硬件电路结构介绍

1. 微处理器单元

微处理器单元采用最小系统板设计，相对整个实验系统是独立的部分，即本单元仅包含使 CPU 正常工作时所必需的单元和芯片，这样的设计是为了整个系统可以扩展，同时又适应不同型号的数字信号处理器。图 1-3 所示为微处理器单元结构图。

微处理器单元包括下列单元和芯片：①TI 公司的数字信号处理器 TMS320LF2407A；②2 片 64K×16 位动态存储器 IS61LVC6416 分别作为程序存储器和数据存储器；③一个 5V 转 3.3V 电源转换模块；④一个为整个系统提供系统时钟的有源晶振；⑤一个 14 针的 JTAG 调试接口等器件。其中，实验开发板接口的引脚功能如图 1-4 所示。

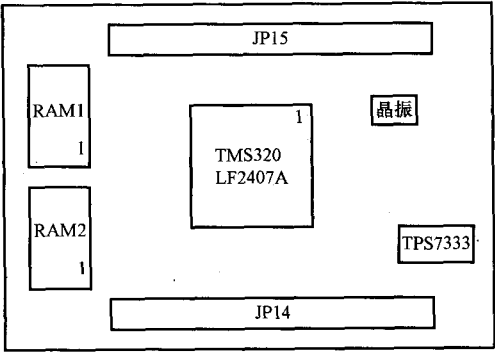


图 1-3 微处理器单元结构图

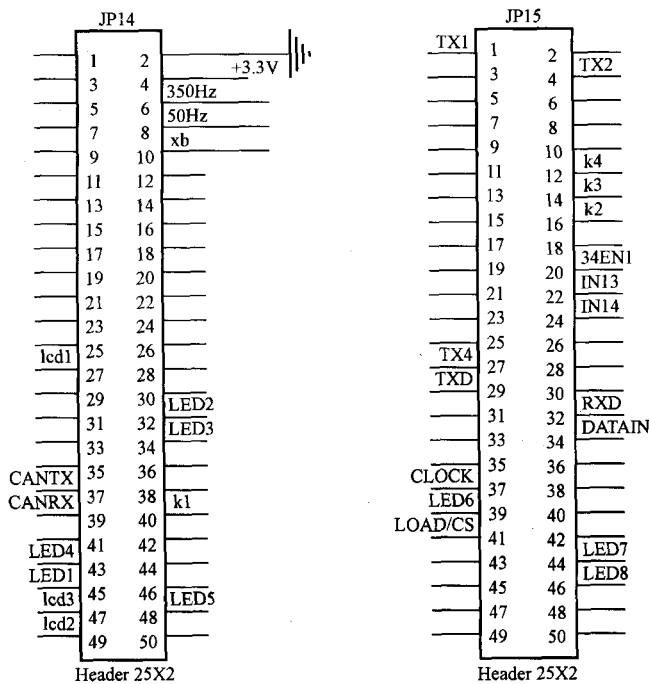


图 1-4 实验开发板接口引脚功能图

2. SPI 模块

SPI 是一个高速、同步串行 I/O 口，它允许长度为 1~16 位可编程的串行位流以可编程的位传输速度移入或移出器件。通常 SPI 用于 DSP 处理器和外部设备及其他处理器之间的通信。与并行总线相比，SPI 总线可以简化电路设计、提高设计的可靠性。TMS320LF2407A 包括

4 个引脚的串行外设接口 (SPD) 模块。4 个外部引脚分别为:

- 1) SPISOMI: SPI 从动输出/主动输入引脚;
- 2) SPISIMO: SPI 从动输入/主动输出引脚;
- 3) $\overline{\text{SPISTE}}$: SPI 从动发送使能引脚;
- 4) SPICLK: SPI 串行时钟引脚。

本综合实验系统采用 MAXIM 公司的 SPI 器件 LED 显示驱动芯片 MAX7219 来实现 8 位 LED 数码管显示, 同时实现 DSP 的 SPI 总线数据传输。图 1-5 所示为 DSP 与 MAX7219 连接示意图。

3. UART 模块

TMS320LF2407A 包括 1 个串行通信接口 SCI 模块。SCI 模块支持 CPU 与其他使用标准格式的异步外设之间的数字通信。SCI 模块的接收器和发送器是双缓冲的, 每一个都有独立的使能和中断标志位。两者都可以独立工作, 或者在全双工的方式下同时工作。综合实验系统设计了用 TMS320LF2407 的串行通信接口模块与 RS-232 串行口进行 DSP 与 PC 机之间的异步通信, 实现上位机与下位机的数据交换, 模拟实际生产过程中计算机对所开发的应用设备的监测和控制。图 1-6 所示为 DSP 与 PC 机连接示意图。

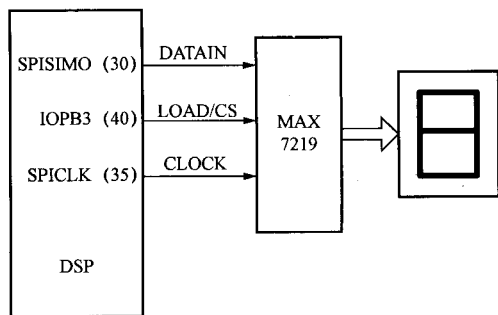


图 1-5 DSP 与 MAX7219 连接示意图

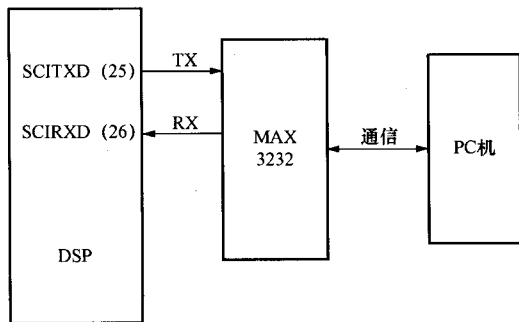


图 1-6 DSP 与 PC 机连接示意图

4. CAN 模块

CAN (Controller Area Network) 即控制器局域网, 是现场总线的一种, 最初是由德国 Bosch 公司为汽车的监测系统和控制系统而设计的, 主要用于汽车、车间及电梯等场合。CAN 具有独特的设计思想, 良好的功能特性和极高的可靠性, 很强的现场抗干扰能力。TMS320LF2407 具有一个完整的 CAN 控制器, 该控制器是一个 16 位的外设模块。CAN 控制器运行在自测试模式时, 接收邮箱可以接收 CAN 自身的发送邮箱发送的信息帧, 检测该 CAN 控制器工作是否正常。本实验系统为了实现与其他 CAN 控制器之间的数据通信, 设计了 CAN 驱动器与 DSP 相连接的方式。由于 CAN 控制器 UC5350 工作电压为 5V, 而 TMS320LF2407 工作电压为 3.3V, 因此 DSP 与 CAN 驱动器通过 74LVC04 进行隔离, 实现信号电压的匹配。同时也为了防止输入信号高于工作电压, 对 DSP 进行保护。图 1-7 所示为 DSP 与 CAN 驱动器的连接示意图。

5. 信号发生模块及 AD 转换模块

TMS320LF2407 内部集成了一个 10 位 16 通道的串行模数转换 (ADC) 模块。有多种触发方式启动 AD 转换, 如软件立即启动 (用 SoC SEQn 位启动)、事件管理器启动 (在

EVA、EVB 中有多个事件源可以启动 AD 转换)、外部信号启动 (ADCSoc 引脚启动) 等, 最小转换时间为 500ns。TMS320LF2407 综合实验系统设计了分别对五种信号进行采样, 使学习者能够掌握 DSP 内部 AD 模块转换控制方法。通过对信号发生模块输出信号采样, 得到相关波形数据, 从而完成 FFT 实验和电能质量分析实验, 对学习者实际开发应用有一定的帮助。图 1-8 所示为信号发生模块及 AD 转换模块连接示意图。

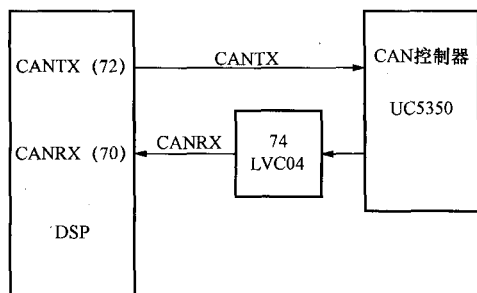


图 1-7 DSP 与 CAN 驱动器连接示意图

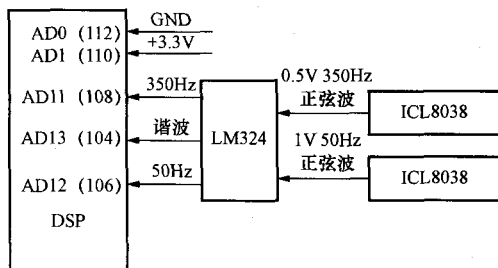


图 1-8 信号发生模块及 AD 转换模块连接示意图

6. LCD 模块

对于现在流行的嵌入式电子产品, 如便携式仪表、智能电器、消费电子产品等, 显示输出模块是必不可少的, 在诸多的显示方式中, 液晶显示已经成为首选。本实验系统采用 128×64 全点阵液晶屏 LCM128645ZK, 利用 DSP 的通用输入/输出引脚 (GPIO), 模拟液晶屏串行工作方式所需要的时钟、片选和数据信号线, 实现显示输出功能。图 1-9 所示为 DSP 与 LCD 模块连接示意图。

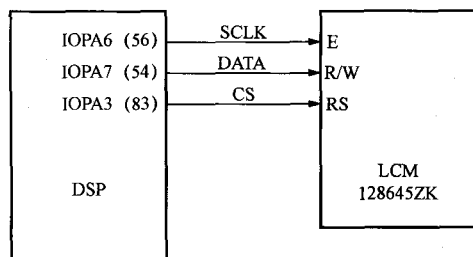


图 1-9 DSP 与 LCD 模块连接示意图

7. DA 转换模块

在单片机应用系统中, 微处理器处理后的结果最终常常必须转换成实际的模拟量, 这种将数字量转换成模拟量的过程就是 DA 转换。DA 转换方式根据输入数据的格式分为并行方式和串行方式两种。并行 D 芯片进行 DA 转换时, 输出建立时间短, 但芯片的引脚比较多, 且体积大, 与 CPU 连接时电路较复杂。与并行方式相比, 串行方式虽然输出建立时间稍长, 但串行 DA 转换芯片与 CPU 连接时所用引线少、电路简单, 而且芯片体积小、价格低。在对 DA 转换时间要求不高的情况下, 串行 DA 转换是很好的选择。本实验系统采用 12 位串行 DA 转换芯片 TLV5616, 利用 DSP 的通用输入/输出引脚 (GPIO) 模拟 SPI 串行通信方式, 实现对 DA 转换芯片的控制, 使之产生所需要的波形。图 1-10 所示为 DSP 与 DA 转换芯片 TLV5616 连接示意图。

8. 电机控制模块

TMS320LF240x 系列 DSP 是 TI 公司针对逆变器、电机、数控机床等进行优化处理而推出的新一代数字信号处理器。特别是其内部的事件管理器模块能够自动生成 PWM 脉冲, 使用者可以方便地用来对电机、逆变器等进控制, 简化了控制程序。TMS320LF2407 综合实验系统就是利用事件管理器 EVA 生成 PWM 脉冲实现对电机的控制功能。L293D 为电

机驱动芯片。图 1-11 所示为 DSP 与电机驱动芯片 L293D 连接示意图。

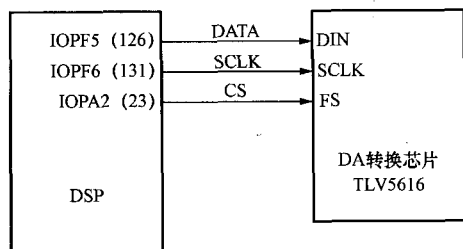


图 1-10 DSP 与 DA 转换芯片 TLV5616 连接示意图

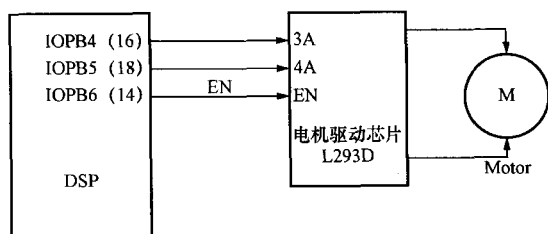


图 1-11 DSP 与电机驱动芯片 L293D 连接示意图

1.3 DSP 综合实验系统可开设的实验方案

DSP 综合实验系统可开放的实验方案包括以下 13 种。

- (1) CPU 指令实验 (熟悉 DSP 指令特征);
- (2) CAN 总线的自发/自收及通过 CAN 总线与上位机进行通信实验;
- (3) RS-232 异步串行通信接口与 PC 机通信实验;
- (4) 键盘与 LED、LCD、7 段数码管显示实验;
- (5) IO 端口输入/输出实验;
- (6) AD 转换实验;
- (7) DA 转换实验;
- (8) 中断编程实验;
- (9) 定时器实验;
- (10) PWM 与 SVPWM 输出实验;
- (11) 捕获单元 CAP 实验;
- (12) EEPROM 非易失数据存储器编程实验;
- (13) SPI 总线与 I²C 总线接口编程实验。

第 2 章 CCS 集成开发环境

CCS (Code Composer Studio) 是一种针对标准 TMS320 调试器接口的集成开发环境 (Integrated Development Environment, IDE)。CCS 提供了配置、建立、调试、跟踪和分析程序的工具, 它便于实时嵌入式信号处理程序的编制和测试, 能够加速开发进程, 提高工作效率。

本章将讲述如何利用集成开发环境 CCS 2000 对 DSP 进行开发应用。

2.1 CCS 集成开发环境概述

CCS 提供了基本的代码生成工具, 它具有一系列的调试和分析能力。CCS 支持如图 2-1 所示的开发周期的所有阶段。

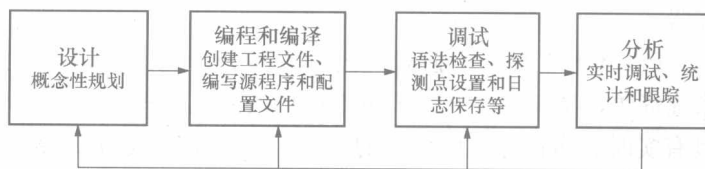


图 2-1 CCS 支持的一个开发周期的所有阶段

CCS 构成及接口如图 2-2 所示。

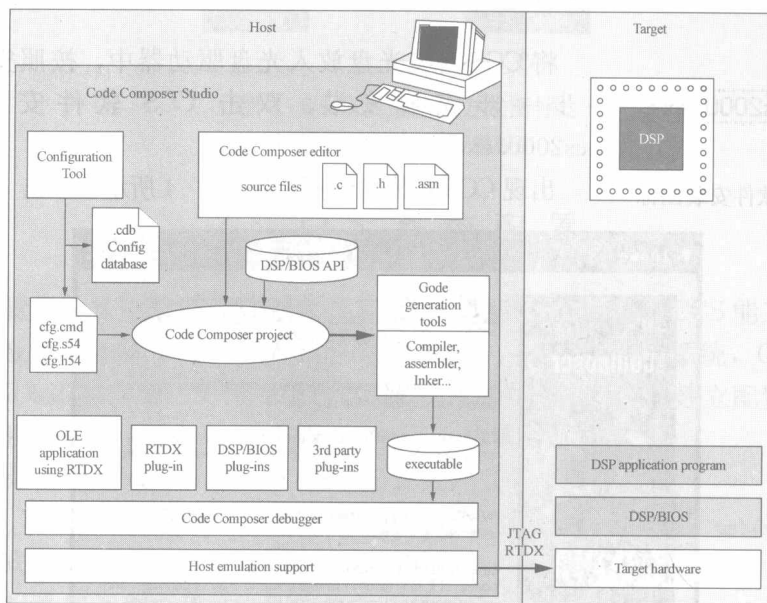


图 2-2 CCS 构成及接口

CCS 是一个完整的 DSP 集成开发环境, 是基于 PC 机的 DSP 开发软件环境, 可以在 Windows 98、Windows 2000、Windows XP 环境下运行。

CCS 主要包括以下功能:

- (1) 它集成可视化代码编辑界面,可直接编写 C、汇编、.H 文件和 .CMD 文件等。
- (2) CCS 代码生成工具包括汇编器、优化 C 编译器和连接器等。
- (3) 它具有基本调试工具的功能,如装入执行代码、查看寄存器、反汇编和变量窗口等。
- (4) 它支持多 DSP 调试。
- (5) 它具有断点工具的功能,包括硬件断点、数据空间读/写断点、条件断点等功能。
- (6) 它具有探针工具 (Probe Points) 的功能,可用于算法仿真、数据监控等。
- (7) 它具有分析工具 (Profile Points) 的功能,可用于评估代码执行的时钟数。
- (8) 数据的图形显示工具,可绘制时域/频域波形、图像等,并可自动刷新。
- (9) 它提供 GEL 工具,用户可以编写自己的控制面板/菜单,方便直观地修改变量、配置参数等。
- (10) 它支持 RTDX (Real Time Data Exchange) 技术,可在不中断目标系统运行的情况下,实现 DSP 与其他应用程序的数据交换。
- (11) 它具有开放式的 Plup-in 技术,支持其他第三方的 ActiveX 插件、支持包括仿真软件在内的各种仿真器。
- (12) 它提供 DSP/BIOS 工具,增强对代码的实事分析能力、调度程序执行的优先级、方便管理或使用系统资源,从而减少开发人员对硬件资源熟悉程度的依赖性。

因此,CCS 具有实时、多任务、可视化的特点,决定了其成为 TI 系列数字信号处理器设计、开发、调试、优化必不可少的工具。

2.2 CCS 软件的安装



ccs2000.exe

图 2-3 CCS 软件安装图标

将 CCS 安装光盘放入光盘驱动器中,按照安装要求提示,一步一步完成安装。双击 CCS 软件安装图标中的“ccs2000.exe”,如图 2-3 所示。

出现 CCS 安装对话框,如图 2-4 所示,单击“Next”按钮。

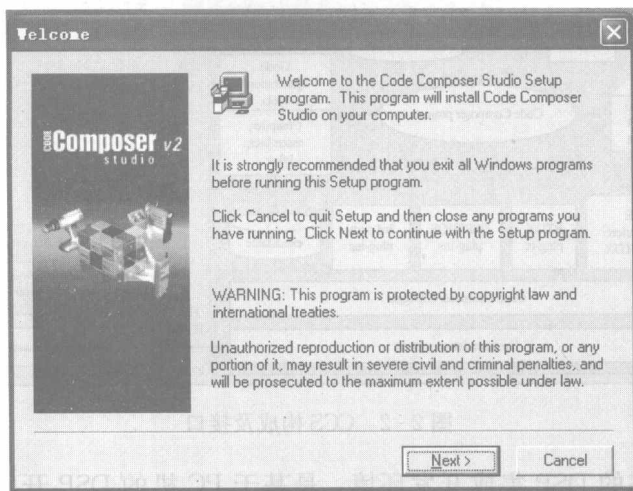


图 2-4 CCS 安装对话框

当出现如图 2-5 所示对话框时, 选择 CCS 安装目录。

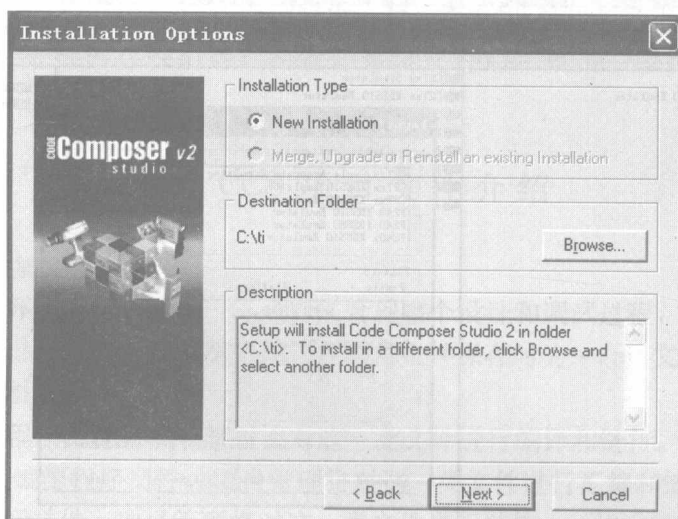


图 2-5 选择 CCS 安装目录对话框

将 CCS 软件成功安装到计算机后, 安装程序将自动在桌面上创建如图 2-6 所示的两个快捷方式图标。其中, “CCS 2 ('C2000)” 对应 CCS 的应用程序, 而 “Setup CCS 2 ('C2000)” 对应 CCS 配置程序。



图 2-6 CCS 的快捷方式图标
(a) 应用程序; (b) 配置程序

2.3 CCS 系统配置

CCS 的配置文件是用来定义 DSP 芯片和目标板类型的, 为了使 CCS 能工作在不同的硬件或仿真目标板上, 必须为 CCS 配置相应的配置文件, 对于 C2000 系统, CCS 默认的配置文件为 F240 XD510 仿真器, 它需要用户自己根据所用仿真器的类型建立配置文件, 配置系统结构, 本实验系统选用的是 ICETEK-5100USB 仿真器。

双击文件夹中 “usbdrv28x.exe” CCS 配置文件安装图标, 如图 2-7 所示, 安装配置文件, 然后对系统进行配置, 配置方式如下:



图 2-7 CCS 配置文件安装图标

(1) 启动配置 CCS 配置程序。双击桌面上的 “Setup CCS 2 ('C2000)” 快捷图标, 弹出 CCS 设置对话框, 如图 2-8 所示。

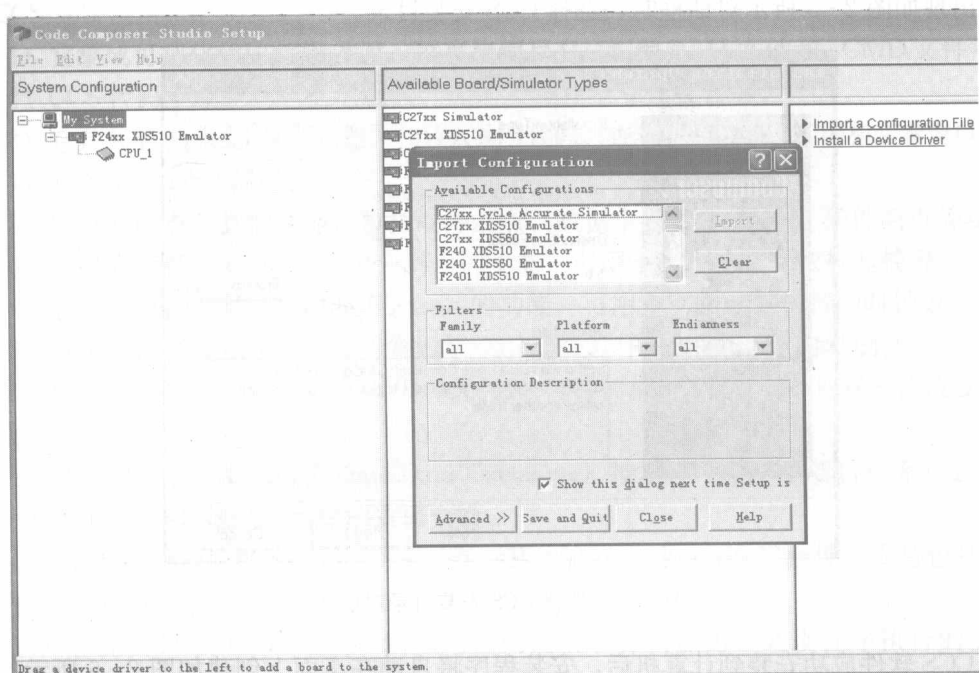


图 2-8 CCS 设置对话框

(2) 清除历史的配置。在图 2-9 所示的对话框中，单击“Clear”按钮，弹出确认清除命令对话框，单击“Yes”按钮，CCS 系统清除历史的配置。

(3) 选择与目标系统相匹配的配置文件。

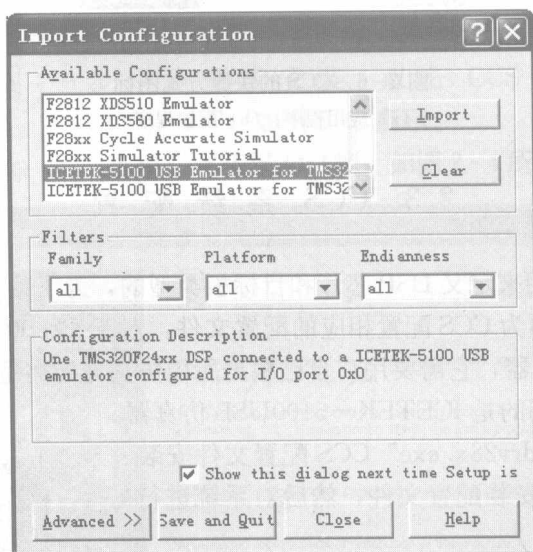


图 2-9 CCS 系统清除历史的配置

因为本实验系统选用的是 ICETEK-5100USB 仿真器，所以在“Available Configurations”列表中选择 (F24xx XDS510 Emulator)，单击“Import”按钮，“Setup CCS”将

“ICETEK-5100 USB Emulator for TMS320F24xx”作为系统配置,并将所选择的配置显示在系统配置窗口(“System Configuration”)中。对话框中的“Filters”用于设置DSP类型、平台类型以及是否进行内存映射等。配置好系统文件后,单击“Save and Quit”启动“CCS2 (2000)”。

2.4 CCS 项目文件介绍

1. CCS 项目添加文件

CCS 集成开发环境使用项目(Project)来管理整个设计和调试过程,将汇编源代码或C语言源代码文件Build生成DSP可执行代码。项目文件保存时为*.pj1文件。项目中需要添加的文件的扩展名如下:

- (1) *.c C源程序文件,项目管理将对这一类文件进行编译和链接。
- (2) *.asm 汇编源程序文件。项目管理将对这一类文件进行汇编和链接。
- (3) *.obj 目标文件。项目管理将对这一类文件进行链接。
- (4) *.lib 库文件。项目管理将对这一类文件进行链接。
- (5) *.cmd 链接命令文件。项目管理在链接各个文件时,根据此文件分配系统程序空间和数据空间。

完成编译、汇编、链接后所形成的可执行文件*.out,在CCS监控下调试和执行。

2. 命令文件*.cmd

命令文件*.cmd的功能是分配程序存储器空间和数据存储器空间。其常用的伪指令有MEMORY和SECTIONS。

MEMORY伪指令用来标示实际存在的目标系统中且可被使用的存储器范围,即存储器的名字、起始地址和长度。MEMORY伪指令的一般语法为:

```
MEMORY
{
    PAGE0:    name1[(attr)]:    origin = constant, length = constant;
    PAGEn:    namen[(attr)]:    origin = constant, length = constant
}
```

PAGE伪指令用来标示存储器空间,它可以规定多达255数据页。通常PAGE0规定程序存储器,PAGE1规定数据存储器。

name用来命名存储器范围。存储器可以是1~8个字符,在不同页上的存储器范围可以有相同的名字,但是在一页之内,所有的存储器范围必须具有唯一的名字且必须不重叠。

attr用来规定与已命名范围有关的1~4个属性。未规定属性的存储器具有以下所有4个属性:①R表示存储器可以读出;②W表示存储器可以写入;③X表示存储器含有可执行代码;④I表示存储器可以初始化。

origin表示存储器范围的起始地址。

length表示存储器范围的长度。

SECTIONS伪指令的作用是:①描述输入段怎样被组合到输出段内;②在可执行程序

内定义输出段；③规定在存储器内何处放置输出段；④允许重命名输出段。

SECTIONS 伪指令的一般语法是：

SECTIONS

```
{
    name:[property, property, property,...]
    name:[property, property, property,...]
    name:[property, property, property,...]
}
```

每一个以 name 开始的段的规格说明定义了一个输出段。在段名之后是特性列表、定义段的内容以及他们是怎样被分配的，特性列表可以用逗号来分开。段具有的特性为：①装载位置，规定段将被装载在存储器内何处；②运行位置，定义段将在存储器何处运行；③输入段，定义组成输出段的输入段；④段类型，定义特定段类型的标志；⑤填充值，定义用于填充未初始化空位的数值。

其中，初始化段包括：

- (1) .text：存放可执行代码和浮点常数。
- (2) .cinit：存放明确初始化了的全局和静态变量。
- (3) .switch：存放由 switch 语句形成的跳转表。
- (4) .const：存放字符串常数、由 const 限定且明确初始化了的全局和静态变量。

未初始化段包括：

- .bbs：存放全局和静态变量。
- .stack：软件堆栈。
- .systemem：用于由 malloc、free 等语句所需的动态存储区。

3. 库文件 rts2xx.lib

rts2xx.lib 库文件可在 C:\ti\c2400\cgtools\lib 下找到，它包含以下内容：①ANSI C 标准库；②系统启动程序 _c_int0；③允许 C 访问特殊指令的函数和宏。

2.5 CCS 的基本操作

成功安装 CCS 的设备驱动程序后，退出安装程序“Setup CCS2 (2000)”时，安装程序会自动启动 CCS，CCS 的主界面如图 2-10 所示。

在 CCS 下开发 DSP 软件项目需要先建立一个工程文件 (*.pj)，所有相关信息都会存储在这个工程文件中，然后将所需的源程序文件添加到工程文件中。若用 C 开发，还需要将 C 的标准支持库 rts.lib 或 rts-ext.lib 添加到工程文件中。在建立好一个工程后，就可以对该工程文件进行编译、连接、调试、分析和统计等工作，以确保算法的准确性、实时性和高效性。下面对 CCS 基本操作给予简要介绍。

1. 打开工程

在 CCS 文件窗口工作区右键单击 Project / Open，如图 2-11 (a) 所示。弹出选择要打开的工程对话框，如图 2-11 (b) 所示。