

基于 TMS320VC5509A 的多路同步数据采集与存储系统

黄霞, 鲍慧, 赵伟, 田新成

(华北电力大学电子与通信工程系, 河北 保定 071003)

摘要: TMS320VC5509A 是 TI 推出的新一代高性能、低功耗数字信号处理芯片, 并扩充了当今流行的 USB 设备接口模块。系统以 TMS320VC5509A 为核心处理器, CPLD 为系统控制译码芯片提出了一种多路 A/D 数据采集与存储系统的设计方案。充分利用 TMS320VC5509A 内置的 USB 接口, 构成一个数字采集处理和 USB 传输系统。简要介绍了系统的部分硬件和软件的设计, 并分析了 TMS320VC5509A USB 接口模块的结构, 给出了 USB 设备固件的设计和实现方案。

关键词: TMS320VC5509A; 数据采集; 固件协议栈

A multi-channel synchronous data-acquisition and storage system based on TMS320VC5509A

HUANG Xia, BAO Hui, ZHAO Wei, TIAN Xin-cheng

(Dept of Electronic and Communication Engineering, North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

Abstract: TMS320VC5509A is a high-performance, low-power, fixed-point TMS320C55x(tm) Digital Signal Processor with USB interface module. The chip of TMS320VC5509A and CPLD are used as the control and processing core of the multi-channel synchronous data collection and storage system. The USB module of the TMS320VC5509A is used to build up a data acquisition and USB data transfer system. It also introduces the software and hardware design of the system, analyzes the architecture of TMS320VC5509A USB module, and introduce a firm ware design based on TMS320VC5509A.

Key words: TMS320VC5509A; data acquisition; firmware protocol stack

中图分类号: TM76

文献标识码: B

文章编号: 1003-4897(2007)23-0024-04

0 引言

数据采集是获取信息的基本手段, 数据采集技术作为信息科学的一个重要分支, 与传感器、信号测量与处理以及微型计算机等技术一起构成了一门综合应用技术, 研究信息数据的采集、存储、处理及控制等作业, 具有很强的实用性。通用数字信号处理器(DSP)以其强大的数据处理能力在高速数字信号处理方面得到广泛的应用, 但它的通信接口功能一般都较弱, 而随着嵌入式系统在各个领域的广泛应用, 越来越多的应用不仅要求嵌入式处理器有足够的处理能力, 还希望有简单、可靠的数据通信功能。USB 是目前非常流行的通信接口, 具有低功耗、即插即用、广泛的软硬件支持、价格低廉等优点。TI 最新推出的新一代 TMS320VC5509A DSP, 整合了嵌入式系统的许多功能, 具有高性能(400MIPS&200 MHz)、低功耗的特点, 并在外设中集成了 USB 设备接口, 具有广泛的适用性。

1 系统总体设计

在 DSP 芯片及 CPLD 的控制下, A/D 转换器对输入的多路模拟信号进行采样处理, 将采集的模拟信号转换成数字信号, 存入双口 RAM 中, 然后, DSP 芯片将数据从双口 RAM 中读出来通过 USB 口传输并存入硬盘, 用于后续的数据分析与处理。图 1 给出了系统的原理框图。

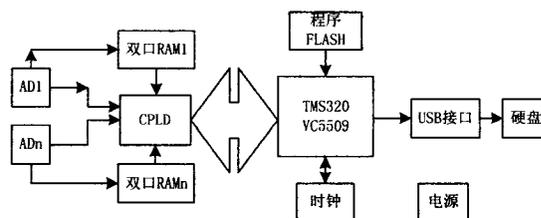


图 1 系统原理框图

Fig.1 System functional block diagram

2 系统硬件设计

系统采用+5 V 直流电源供电, 内部将 5 V 电压转换为 3.3 V 和 1.5 V 电压以供各器件使用。选择 12 MHz 晶体时钟作为 TMS320VC5509 的输入时钟, 同时该时钟还通过分频作为 A/D 器件的工作时钟。

2.1 前置模拟信号输入通道

系统选用了 AD 公司推出的一款 3 MHz 的单电源工作的 14 位模数转换器 AD9243。它是一个完整的片内带取样电路的 14 位模数转换器, 仅需 110 mW 功耗和单一+5 V 电源供电, 具有良好的交流性能和低噪声以及灵活的输入范围和数字输出。

前置模拟信号输入通道是被测量信号的采集和传输通道, 同时也是外界干扰汇入的主要渠道。因此前置模拟输入通道方案设计的优劣将直接影响到整体测量结果的准确度及测试模块的整体指标。本模块设计中, n 个模拟通道同时开始采集, 因此对应 n 个完全相同的模拟输入通道, 图 2 为其中一个 A/D 转换器与它的前端电路。

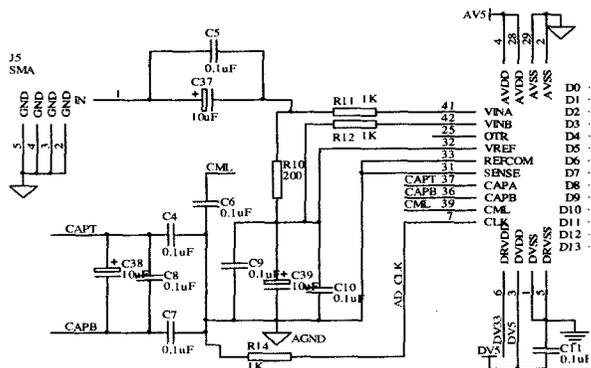


图 2 A/D 转换器与它的前端电路

Fig.2 A/D switch and its front end electric circuit

2.2 A/D 与双口 RAM 的连接

双口 RAM 兼容性强, 读 / 写时序与普通单端口存储器完全一样, 存取速度几乎可以满足各种 CPU 的要求, 所以我们采用双口 RAM 来实现 DSP 与双口 RAM 的高速通信。IDT70V24 是美国 IDT 公司采用高性能 CMOS 工艺生产的高速 4k*16 bit 双端口静态 RAM。它可以作为 16 位双口 RAM 单独使用, 也可以进行位扩展, 将数据线扩展到 32 位, 甚至更宽。这样组成的双口 RAM 系统可以全速运行, 而且无须任何额外的附加逻辑。

由于 AD9243 输出的数字信号是 14 bit, 所以 IDT70V24 的 D[15:14]L 两个数据信号在这里不起作用。我们应注意到 AD9243 的最高有效位是 D0, 最低有效位是 D13, 所以 AD9243 的 D0~D13 需分别和 IDT70V24 的 D13L~D0L 相连接。

2.3 DSP 与双口 RAM 的连接

TMS320VC5509 是 TI 推出的高性能的定点 DSP, 最高可以运行在 144 MHz 的主频, 它基于 TMS320C55xDSP 的核, 因而具有高效且低功耗的特点, 适合便携设备使用, 其功耗仅为 C54x 系列 DSP 的 1/6。C5509 采用统一编址的方式来划分存储空间, 程序与数据总线均能对其访问, 从而使 C5509 便于大量数据的处理与程序的优化。除此之外, C5509 还具有以下的外设: USB1.1 的标准接口; MMC(SD)Card 的标准接口; IIC、MCBSP、RTC 接口。我们将充分利用 TMS320VC5509 内置的 USB 接口, 构成数字采集处理和 USB 传输系统。

从图 3 可以看到 TMS320VC5509 的外部存储器接口同 IDT70V24 的 r 端口数据、地址和读写控制信号相连接, 而 IDT70V24 的 L 端口则同 A/D、CPLD 相连接, 从而实现了它们之间的数据通信。因为外部存储器接口采用了 10 位数据总线的连接方式, 这时其它的地址线不起作用, 只需 1~12 地址, 所以图中 TMS320VC5509 使用了地址线的第 1~12 位。

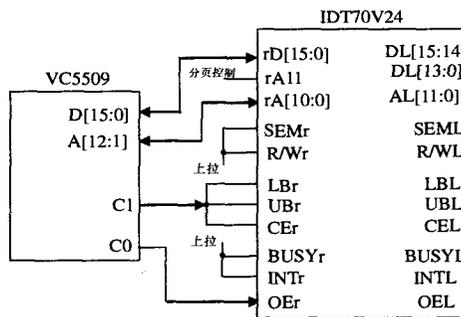


图 3 TMS320VC5509 与 IDT70V24 的连接

Fig.3 TMS320VC5509 and IDT70V24 connection

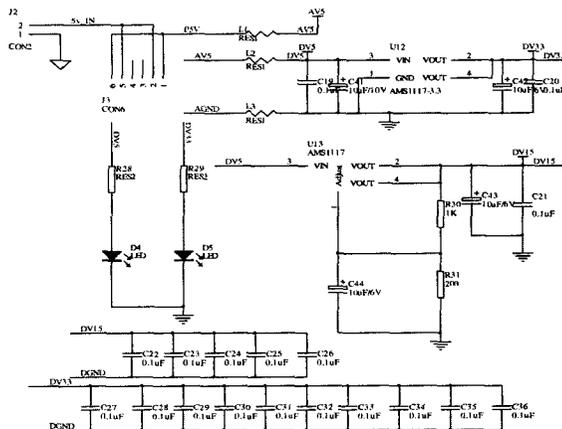


图 4 供电电源部分电路

Fig.4 Electric power supply partial electric circuits

图 4 为供电电源部分的电路原理图。利用 AMS1117 电压转换芯片将 5 V 电压转换为各器件所需要的 3.3 V 或 1.5 V 电压。电源管脚附近的电容主要是为了提供瞬间电流, 保证电源/地的稳定, 对噪声也有较好的去耦作用。其中, D4、D5 分别是 +5 V、+3.3 V 电源指示灯, 当系统正常供电时, 指示灯亮。

3 系统软件设计

系统软件设计部分主要由 VC5509 的初始化程序、CPLD 设计程序、USB1.1 软件设计程序以及各功能模块相关寄存器初始设置程序构成。系统软件设计的主要流程如图 5 所示。

首先是系统的初始化, 根据 DSP 芯片固有的功能和特征, 进行主程序的入口设置, 所有寄存器清零, 程序 ROM 区和数据 RAM 区的初始化, 中断矢量设置等主程序运行前的准备工作。DSP 的初始化程序对系统必须的寄存器和标志位设置初始值, 如状态寄存器 ST0-ST3、时钟模式寄存器、中断标志寄存器 IFR、中断使能寄存器 IER、USB 模块内部寄存器等; 然后系统进入采集处理状态。

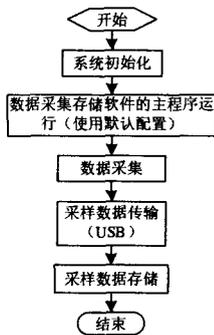


图 5 软件总体设计流程图

Fig.5 Software system design flow chart

CPLD 具有强大的逻辑控制功能, 开发与升级系统方便。CPLD 电路与 DSP 相连, 利用 DSP 处理器强大的 I/O 功能实现系统内部的通信。CPLD 在系统中的主要功能是: 系统工作时, 完成模数转换的时序控制、A/D 转换器的片选及中断; 本系统选用的 EPM7128 芯片, 是 ALTERA 公司的 MAX7000 系列产品, 具有高阻抗、电可擦等特点, 可用门单元为 2500 个, 管脚间最大延迟为 5 ns, 工作电压为 +5 V。

图 6 是主机与 DSP 存储器之间通过 USB 接口进行数据传输的示意图。在进行输入(相对主机而言)操作时, SIE(SIE(serial interface engine)把来自 UBM(USB buffer manager)的并行数据转换为串

行数据输入到主机; 输出操作时, SIE 把主机传来的串行数据转换为 UBM 所需的并行数据。UBM 负责从 SIE 转移数据到 buffer RAM 或者由 buffer RAM 转移数据到 SIE。具体实现过程中, 需要注意的是 CPU 或者 USB DMA 控制器必须在 UBM 传递数据到 SIE 前, 把数据放入 buffer RAM; 而当 CPU 或者 DMA 控制器准备好向存储器传递的数据后, 则需要等待 UBM 把数据由 SIE 转移到 buffer RAM, 方可进行后续操作。

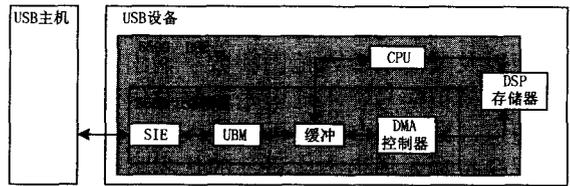


图 6 主机与 DSP 存储器之间的数据传输

Fig.6 Data transmission between main engine and DSP memory

使用 VC5509A 的 USB 接口, DSP 系统对外部而言可以看作一个 USB 设备。它作为一个完整的硬件设备, 是由硬件和固件两部分组成的。固件包括有关系统的配置、模块初始化以及 USB 协议栈三部分。其中, 系统配置是在芯片上电就完成的, 与具体系统实现的功能密切相关。因此对于 VC5509A 来说, 固件设计需要实现的主要功能可分为两部分:

- 1) USB 设备的初始化与配置: 告知主机设备的能力和特性, 并为设备分配地址。
- 2) USB1.1 标准的协议应答(即实现固件协议栈)。

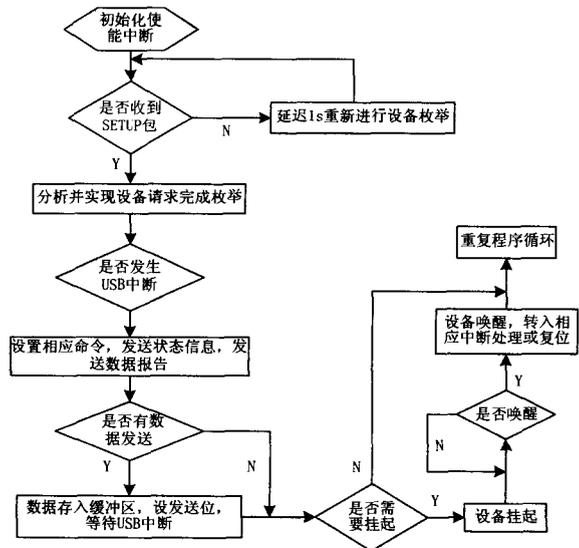


图 7 USB 设备固件流程图

Fig.7 USB equipment firmware flow chart

图 7 所示是一个比较精简的 USB 设备固件流程图。

3.1 初始化配置

VC5509A 的 USB 固件设计中,初始化配置是很重要的一环。对于 55xx 系列的 DSP 芯片, TI 在其开发环境 CCS 中带有芯片支持库 CSL(chip support library), CSL 以函数或者宏的形式提供一系列 DSP 硬件操作接口。使用 CSL 可以使 USB 模块驱动的编写变得方便快捷。编写通信接口固件可以通过 CSL 对 USB 模块进行配置,首先初始化应用函数接口向量指针, USB_setAPIVectorAddress()函数使得使用者可以通过函数调用来访问芯片支持库 CSL 的 USB 应用函数 API。然后初始化 USB 时钟产生器产生 USB 模块所需要的 48 MHz 时钟,这可以通过 USB—initPLL()函数来完成,接着初始化函数 USB_init()初始化 USB 模块,当 USB 模块初始化完成后,通过 USB_devConnect 函数,使 USB 模块与总线联接,发送和接收 USB 源数据。USB 模块与主机相连接,需要在 DSP 上运行相应的代码,以支持 USB 协议。如果没有 USB 协议处理代码。DSP 将不能处理接收到的数据,导致 DSP 被主机挂起。

3.2 传输方式的实现

根据 USB 总线传输的不同数据,USB 定义了四种传输方式:控制传输、中断传输、批量传输、同步传输。四种传输方式分别对应于不同的传输环境要求。USB 协议栈应该能够识别不同的数据,并用不同的传输类型对它们进行相应的处理。

控制传输是最为复杂和重要的传输类型,是 USB 枚举阶段最主要的数据交换方式。主机一旦发现 USB 设备连接到总线上,就通过控制传输来交换信息,设置设备地址、读取设备描述符和选择配置。下面重点分析在 VC5509A 上实现控制传输的方法。中断传输、批量传输和同步传输较之控制传输要简单,可以在控制传输的基础上实现。控制传输中的硬件操作接口可通过片上支持库 CSL 中的两个 API 函数实现,接收 Setup 包函数 USB_getSetupPacket()和传输函数 USB_postTransaction()。前者可以由数据缓冲区中读取 Setup 包,后者则可以通过端点发送和接收 USB 数据。当 USB 设备初次联接到总线上时,DSP 通过 USB_getSetupPacket()函数来交换信息、设备地址和读取设备的描述符。利用控制传输实现控制端点 0 的中断服务程序,完成 USB 标准请求命令。

3.3 设备固件协议栈

USB 设备固件协议栈以设备端点的使用和管理作为基础和核心,编写 USB 中断服务程序是整个

设备端固件编写的主要内容。固件协议栈主要完成以下功能:设备上电复位,系统初始化,并使能中断;系统等待,直到将 Setup 包接收到端点 0 缓冲区为止;应答设备请求,完成设备枚举;等待 USB 中断,有中断发生则进入中断服务程序,完成系统要求。

4 结束语

针对 VC5509ADSP 芯片的 USB 接口,本文提出了基于 DSP 的多路同步数据采集与存储系统的新的设计方法,介绍了所设计系统中各功能模块的作用和部分硬件的设计以及基于 VC5509A 的 USB 模块的软件设计。DSP 通过对 CPLD 的访问,实现控制 A/D 对多路模拟信号的同步采集,再通过 DSP5509 内置的 USB 模块把数据存入硬盘中。该方案由于采用 TMS320VC5509 芯片,克服了以前因采用“主处理器+USB 控制器”方式分别处理和传输数据而造成的系统复杂、传输速度延时等缺点,占用系统资源少,既满足实时性,又具有良好的扩展性。因此该方法在工程上具有广泛的应用前景。

参考文献

- [1] 刘元福,王跃存.基于 DSP 和 CPLD 的高精度 A/D 采样、传输系统[J].仪器仪表用户,2004,11(4).
LIU Yuan-fu, WANG Yue-cun. A High Precise A/D Sampling and Data Transmitting System Based on DSP and CPLD[J]. Instrument Measuring Appliance user, 2004, 11(4).
- [2] TMS320C55x CSL USB Programmers Reference Guide[Z].Texas Instruments Incorporated,2001.
- [3] TMS320VC5507 / 5509 DSP Universal Serial Bus (USB) Module Reference Guide[Z].Texas Instruments Incorporated,2004.
- [4] TMS320VC5509A Fixed-Point Digital Signal Processor (Rev. c)[Z].Texas Instruments Incorporated, 2004.
- [5] TMS320C55x DSP Peripherals Reference Guide[Z]. Texas Instruments, 2001.
- [6] 姜宁,沈建华.TMS320VC5509A U S B 设备固件设计与实现[J].微计算机信息,2005,21(8).
JIANG Ning,SHEN Jian-hua. Design of USB Device Firmware in TMS320VC5509A[J]. Micro Computer Information, 2005, 21(8).

收稿日期:2007-04-16;

修回日期:2007-06-14

作者简介:

黄霞(1983-),女,在读硕士研究生,研究方向为信号与信息处理;E-mail:xiamei0615@126.com

鲍慧(1962-),女,副教授,研究方向为电力系统通信;

赵伟(1980-),男,在读硕士研究生,研究方向为信号与信息处理。