

基于 USB 的交叉调试器的开发与设计

高 阳, 达 力, 周剑扬

(厦门大学信息科学与技术学院 福建 厦门 361005)

【摘 要】: 软件调试是软件开发过程中的一个重要环节,对于嵌入式系统开发来说,调试器尤为重要。本文在研究 GDB 嵌入式交叉调试器和 LEON3 处理器的体系构架的基础上,给出了一种基于 LEON3 处理器内置 USB 接口的交叉调试器的开发和实现方法,该设计实现了 GDB 能通过 USB 接口迅速下载程序到目标机并进行调试的功能,加快了调试速度,并使得开发更加方便,缩短了开发周期。

【关键词】: 交叉调试器 USBDCI ARCDSU 嵌入式

1.引言

在嵌入式系统软件开发过程中,为了缩短嵌入式软件开发的时间和提高嵌入式软件的质量,对调试器的要求越来越高,交叉调试是嵌入式系统开发中普遍采用的调试方法。目前支持片上调试的处理器类型也越来越多,如 ARM,LEON,POWERPC 处理器等,调试方式也出现了多样化,如串口,JTAG,网络,USB 等。作者所在的实验室设计完成了 LEON 系列处理器交叉调试器 ARCDSU。在吴志雄发表文章中已经完成了通过串口进行调试的 ARCDSU 调试器,在戴祖彬发表文章中已经完成了通过网络进行调试的 ARCDSU 调试器。本文将应用 USB2.0 通讯技术提供的调试支持,并针对 ARC LEON3 处理器平台给出一种嵌入式交叉调试软件的设计与实现。

2.交叉调试系统的总体结构

交叉调试系统由主机调试器、目标机上的调试代理、调试协议 3 大部分组成,其体系结构如图 1 所示。图中主机调试器主要实现对源文件、目标文件和符号表的访问处理,接收用户输入的调试命令,并根据调试协议封装成调试命令请求包发送给调试代理,同时接收调试代理返回的调试信息,以获取目标程序的当前运行状态。目标机上的调试代理负责根据调试协议接收并解析调试命令,监控目标程序的运行状态,将目标程序状态信息返回主机端。调试协议则规定了调试命令和调试信息的数据格式及通过程程。

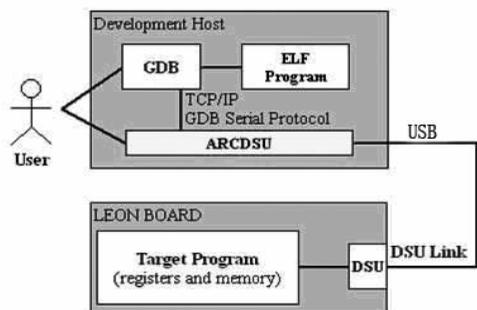


图 1 交叉调试系统体系结构

此结构的特点是主机端环境为 LINUX 操作系统,主机调试器采用 GDB+ARCDSU 的方案,由 GDB 完成对源文件、目标文件和符号表的访问处理和与用户的交互,由 ARCDSU 程序封装对交叉调试的支持;调试协议是 ARCDSU 程序与调试代理程序之间的通信规范,此协议遵循 ARC LEON3 芯片手册规定的调试过程及步骤。

3.调试协议设计

3.1 总述

USBDCI (USB Debug Communication Link) 为 USB2.0 和 AMBA-AHB 之间的连接提供了连接接口,同时还需要一个外部全高速 UTMI (Universal Transceiver Macrocell Interface) 与 USB 相连,它们之间通过一个 8 位的接口连接。USBDCI 是 AHB 的

主设备,它依据 USB 端口之间协议,提供了读写全部 AHB 地址空间的通道。USBDCI 与 UTMI 的连接如图 2 所示。

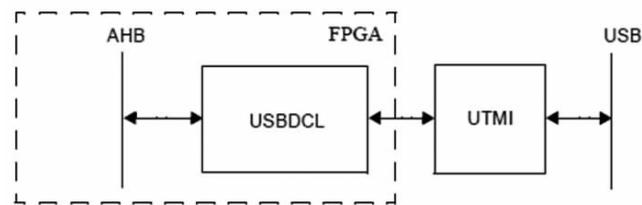


图 2 USBDCI 与外部 UTMI 的连接

3.2 操作

3.2.1 系统概要

图 2 显示了 USBDCI 的内部结构,这部分简要地描述各个模块的功能。

SNE(The Speed Negotiation Engine)通过监听 USB 连接器上的 VBUS 来检测连接情况。当检测到电压值稳定在 5V 时,SNE 会等待重置并启动高速协议。当高速协议和重置进程完成后 SNE 会把速度选择模式通知 SIE (Serial Interface Engine)。

SIE 在 SNE 通知重置进程完成后,SIE 就可以启用了。SIE 等待包到达后,根据 USB 2.0 规范进行处理。

从一个端口接收的数据被储存在 BLOCK RAM 里的端口缓冲区。AIE 从该缓冲区读数据,如果该缓冲区中有从端口 0 接收的数据,设备请求会被直接处理,而响应情况会存储在 IN 的端口 0。下一个 IN 令牌一到就会通知负责传送数据到主机的 SIE。设备请求不会通过 AHB 总线来传送。

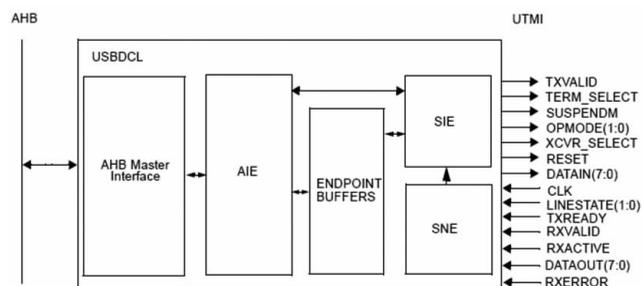


图 3 USBDCI 内部结构框图

AHB 命令是通过端口 1 来接收数据,当确定是 AHB 命令时,AIE 会通过 AHB 总线来传送数据。读命令经由 OUT 端口 1 以相同的方式被传送到端口 0。

写命令同样经由 OUT 端口 1 输入,并在总线上立即执行。写命令没有回应。

每个端口都有两个缓冲区,每个缓冲区可以储存下载的最大有效负荷的数据包。如果一个包已经被接收或传送,USBDCI 会自动改变这两个缓冲区的内容。若以高速模式进行数据包的传送,那么当另外一个缓冲区是空的时候,OUT transaction 会收

到 ACK 握手信号,而当它是满的时候,OUT transaction 会收到 NYET 信号。如果两个缓冲区都满了,再收不到数据,就会发送一个 NAK 信号。

3.2.2 协议

AHB 命令所使用的协议比较简单,它由两个 32 位的控制字组成。第一个字由 32 位的 AHB 地址组成,第二个字由一个第 31 位的读/写位构成。而这些字的编号是从 2 到 16。

第二个字的其他位被保留待以后用,并且被置 0。而读/写位被置 1 以被写入。

图 4 是写命令的层次图。写命令在输出事件中被作为数据内容送到端口 1。而一条命令的数据也必须包含在相同的包里面。当运行在 64B 的全高速模式下时,最大下载量达 512B。因为信息量控制为 8B,当运行在 56B 的高速模式下时,最大下载量达 504B。因为不足一个字的数据写入不被支持,所以字节的编号必须是 0 到 504 中的数字,并且是 4 的倍数。

字应该与最先写入到首地址的字节同时被发送出去。而单独的字节则先传送最高有效位如位 31-24。

对于写命令一般不作回应,因为 USB 握手机制保证包能够被目标板正确接收。

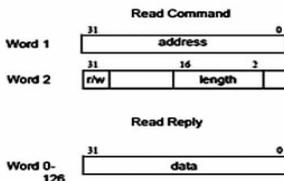
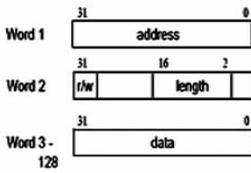


图 4 USB DCL 写命令的层次图 图 5 USB DCL 读命令及回应的层次图

图 5 是 USB DCL 读命令及回应的层次图。在这种情况下,读命令仅包含两个字。这两个字的控制信息与前面的写命令的两个字的涵义是一样的。另外,读命令中 R/W 位必须置 0。

执行读命令时,数据会被读到 IN 端口 1 的附属缓冲区。回应的包会在下一个 IN 令牌收到时,也就是所有的数据都被储存

在缓冲区内时被发送。回应的包包含所读到的数据以及从最先传送的地址内读到的字。个别的字节会与最重要的字节一并被发送,如字节在 31 位到 24 位。

4. 主机端调试器的 USB 驱动设计

USB 驱动根据 LEON3 处理器的 USB DCL 数据传输协议,利用 Linux 下的 libusb 库实现了对 USB 的无驱设计和控制操作,使调试数据可以通过 USB 进行传输。主要流程如下:

打开 USB 设备:在 Linux 系统下,USB 驱动程序由操作系统提供,打开 USB 设备是通过使用 libusb 库打开函数操作。

读写 USB:利用读/写位判断读写,当读/写位为 1 时,设置字节编号为 4 的倍数,利用 usb_bulk_write() 函数进行写入,当读/写位为 0 时利用 usb_bulk_read() 函数进行读出。

关闭 USB 设备:当 USB 读写完成后,就可以使用 libusb 库提供的相关函数来关闭 USB 设备。

5. 结论

交叉调试器是嵌入式开发的一个重要工具。本文给出了一种交叉调试器的设计方案,解决了通过 USB 对 LEON3 目标机上的程序进行调试的问题,使得 LEON3 平台的嵌入式应用程序的开发更加方便,缩短了开发周期。并且提高了下载目标程序的速度。该调试系统已经通过测试并在企业的实际应用中取得良好的效果。

参考文献:

- 1.戴祖彬,达力,周剑扬.基于以太网的 LEON3 交叉调试器的设计与实现[J].福建电脑,2009 年第 1 期
2.吴志雄.一种易于扩展的交叉调试器设计及其实现[J].电子技术,2007,36(11):26-29.
3.GRLIB IP Core User's Manual[Z]. http://www.gaisler.com/,2008.
4.乔容,彭思鹏,柏桂枝.嵌入式软件源码级交叉调试器的设计与实现[J].舰船电子工程,2004,24(3),56-60,101
5.Gaisler Research. GRMON User's Manual (Version 1.1.23) [Z]. http://www.gaisler.com,2007.

(上接第 130 页)

将各种统计结果生成报表进行打印,打印格式及打印内容能根据需要进行任意设置。

(7)系统使用权限设置

工作量的统计涉及到每位教师的切身利益,因此对不同层次的人员要设置不同的权限,以确保系统的安全性。教务部门登录超级用户进行全面管理,其他用户登录相应权限用户进行查询等操作。

相应的系统功能结构图如图 1 所示:

3、数据库结构设计

根据系统功能设计要求和模块划分,数据库主要数据表和数据结构如表 1:

4、系统实现

该软件系统采用 B/S 构架,前台采用 JAVA 和 JSP,系统后台采用服务器安装 SQL Server 数据库管理软件,用来管理教师工作量等信息。

该系统能够辅助高校的教学管理工作,可以减轻教学管理人员的繁重工作,有助于提高计算的准确性、公平性、快速性。提高了工作效率

该系统是学生课程教学与实践结合的一个完美成果,学生

参与到教师的科研中,利用所学知识,进行实践性锻炼,实际操作能力得到很大提高。该套软件系统涉及到后台数据库技术和前台 Java 语言,刚好联系到数字媒体技术专业以及计算机类专业中的《数据库原理及应用》和《计算机程序语言》等系列课程,因此该系统已经多次应用在这两门课程的案例教学中,大大提高了教学效果。

Table with 2 columns: 数据表 (Data Table) and 字段 (Fields). Lists various tables like 教师信息表, 班级表, 课程表, etc., and their corresponding fields.

表 1 教师工作量信息系统数据库表及结构