

基于串口实现 DSP 程序的在线编程

On-line Programming of DSP Systems Based on Serial Port

(1.长春光学精密机械与物理研究所;2.中国科学院研究生院) 吕春雷^{1,2} 王延杰¹

LV Chun-lei WANG Yan-jie

摘要:目前 DSP 处理器普遍使用 Flash 作为其程序代码存储器,通过 DSP 的 JTAG 仿真接口对 Flash 存储器进行编程实现代码的更新,这给 DSP 系统的软件维护和升级造成了很大的困难。本文提出基于 DSP 设备的串口实现 DSP 程序在线编程的方法,使 DSP 代码的更新可以脱离仿真器,改善了 DSP 设备的易用性、可维护性,增强了 DSP 系统的技术生命力。

关键词: DSP; Flash; 在线编程; 仿真器

中图分类号: TP332 **文献标识码:** B

Abstract: The software upgrade of Digital Signal Processor (DSP) systems which use Flash as program storage area commonly, is done by programming Flash through JTAG interface. But it brings about great inconvenience for software maintenance and upgrade. This paper proposes a new solution for on-line programming based on DSP with serial port, so that DSP code can be updated without emulator. This method brings many conveniences, which enhance the technique vitality of DSP systems, to the software maintenance and upgrade of the DSP systems.

Key words: DSP; Flash; Software Upgrade; Emulator

1 引言

随着微电子技术的飞速发展,通用数字信号处理器(DSP)的性价比不断提高,在数字信号处理、通信、控制等领域运用的越来越广泛。在以前的 DSP 系统中,大部分使用 EPROM、E2PROM 等存储器来存放程序代码。由于这类存储器的编程条件比较苛刻,需要将芯片取下后使用专用的编程器来编程,给系统的升级、尤其是比较复杂、不易拆装的系统的升级带来了一定难度。非易失性存储器 Flash 由于不需要复杂的编程环境,可以直接使用板上 MCU 进行编程,同时还具有容量大、速度快、功耗低的特点,已经广泛应用于 DSP、嵌入式系统和其它可编程系统中,提高了 DSP 的在线编程能力。

DSP 在线编程是指不更改目标系统硬件的情况下,实现系统功能的更新。传统实现 DSP 在线编程的方法是:通过 JTAG (或 MPSD)接口下载 Flash 写入程序和代码数据到 DSP 片内运行,实现对 Flash 的编程。它由于具有下载速度快、无需添加额外接口设备等优点,被 DSP 开发者广泛采用,其具体实现方法,可以参考有关文献。虽然传统方法实现起来比较简单,但也存在很多的局限性:

(1)JTAG(或 MPSD)接口不能满足远距离传输要求,难以实现远端系统的在线编程;

(2)不能在高、低温等复杂环境下工作;

(3)由于要连接仿真器进行程序下载,常常需要打开设备外壳;

(4)接口信号太多,难以在掌上 PDA 等小体积设备中应用。

针对上述问题,提出基于 DSP 设备串口实现 DSP 程序在线编程的方法,并从总体角度介绍了系统硬件、软件实现方案,

本方案已经成功应用于多个项目,具有较好的指导意义。

2 实现原理

通过深入研究 DSP 的上电引导机制,预先编写一个核程序 Kernel,使用 DSP 仿真器通过 JTAG 接口对 Flash 芯片植入该核程序,此过程每个设备一次。Kernel 是一个可以完成与计算机通讯、Flash 编程操作和 DSP 用户代码加载的内核,每次上电或重启后,DSP 依靠其自举功能从 Flash 中加载 Kernel 程序到 DSP 内部开始运行,此后 DSP 被 Kernel 核程序接管,在设定的时间内 Kernel 程序监视串口通讯数据,如果检测到 Flash 编程请求,则开始接收用户代码并缓存到 DSP 片内,在用户代码全部正确接收后,启动 Flash 编程指令将代码编程到 Flash 中。如果在设定的时间内没有检测到 Flash 编程请求,则 Kernel 程序负责搬移 Flash 中已有的 DSP 用户代码到 DSP 内部的程序 RAM 中开始运行,此后 DSP 完全由用户程序控制。在本文中,DSP 用户代码(程序)指 DSP 开发人员编写的、控制 DSP 设备完成特定处理功能的、经过编译以后形成的二进制代码。

DSP 开发人员完成程序编写并调试通过形成 DSP 用户代码后,连通 DSP 设备和计算机之间的串口,运行计算机的在线编程软件,发出 Flash 编程请求给 DSP,同时给 DSP 上电或重启使 DSP 处在被 Kernel 核程序接管的状态,在 DSP 返回确认指令表示准备就绪后,在线编程软件就可以通过串口通讯把 DSP 用户代码发送给 DSP,实现用户代码的在线编程。

在设计中,Kernel 程序与用户程序在 Flash 里分开存储。Flash 中的 Kernel 程序设置为写保护,不能随便擦除,所以在操作过程中遇到突然掉电或误操作引起的擦除、写入不成功也不会影响程序的再次更新。

3 实施方式

3.1 硬件实现

吕春雷:助理研究员

美国德州仪器公司(TI)TMS320C6416 DSP 不仅具有强大的处理内核,能够完成各种复杂的数据处理任务,同时片内硬件资源充足,可以作为设备通用的微处理器来使用。S29AL004D 是 SPANSION 公司生产的 CMOS 单电压供电 Flash 存储器,具有低功耗、大容量、擦写速度快等特点,内部嵌入 ISP(In System Program)功能,支持在线的实时擦除和再编程操作。通过 TMS320C6416 与 S29AL004D 的配接,为在线编程系统提供一个通用硬件操作平台。ST16C752 是一款串口芯片,完成数据的串并转换,通过 DSP 提供的 EMIF 接口实现与 DSP 无缝数据交换。

在此设计中,计算机采用 RS232 串口标准,通过 MAX232 实现电平格式转换送往 ST16C752,ST16C752 实现串并数据转换(UART)和产生串口收发中断。通过 CPLD 完成译码选通,实现 ST16C752 和 S29AL004D 与 DSP 的连接,其硬件连接方式如图 1 所示。

本硬件实现方案只是为了说明原理而采用的一个硬件平台,本文提出的设计思想可以在符合以下条件的硬件平台中得到应用:一、DSP 与计算机之间可以完成数据通讯(包括网络通讯);二、DSP 可以通过特定指令完成对 Flash 的编程。

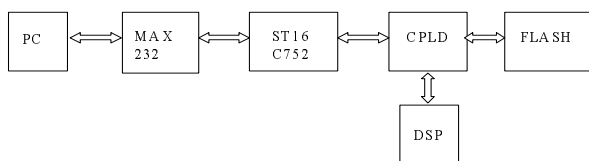


图 1 硬件连接框图

3.2 Flash 编程操作

S29AL004D 的命令集与 JEDEC 单电压供电 Flash 标准完全兼容,DSP 可以使用满足特定时序要求的写操作将 Flash 操作命令写入其命令寄存器中,由内部状态机根据命令寄存器中的命令完成对 Flash 的擦除和编程电路的控制,实现 Flash 的读写、扇区保护等操作。由于编程指令不能使 Flash 中的数据位从“0”变为“1”,只能从“1”变为“0”,而擦除命令可使“0”变为“1”,所以正确顺序是先擦除后编程。下表是 S29AL004D 常用操作的命令写入时序,“XX”表示任意值,RA 是 Flash 地址,RD 是从 RA 中读取的数据,PA 是要编程的 Flash 地址,PD 是编程数据。

序列	周期数	总线周期											
		1		2		3		4		5		6	
		地址	数据	地址	数据	地址	数据	地址	数据	地址	数据	地址	数据
字节读取	1	RA	ED										
字节编程	4	XX	AA	XX	55	XX	AA	PA	PD				
整片擦除	6	XX	AA	XX	55	XX	00	XX	AA	XX	55	XX	30
扇区擦除	6	XX	AA	XX	55	XX	00	XX	AA	XX	55	XX	30

3.3 软件实现

3.3.1 串行通信协议

DSP 用户代码一般都有上百 K 字节,由于串口通讯容易受到干扰,一次性传递这么大量的数据容易造成误码,为保证传输可靠性,本文对 DSP 用户代码采取了分包处理,把 DSP 用户代码分成若干个大小相等的数据包,然后在每个包中加入帧头、帧尾和校验码形成完整的一帧数据,DSP 和计算机之间的通讯以帧方式进行。

计算机与 DSP 之间的串行通信波特率设置为较小值 57600kbps,数据格式为:1 个起始位,8 个数据位,1 个停止位。

计算机端主动发起连接,在发出一帧数据后开始计时,若在两秒内没有收到 DSP 的正确响应,则重发当前帧,DSP 端被动地接收计算机发出的数据,在收到正确的一帧数据,则根据协议(文中由于篇幅关系未给出)做出相应的响应,如果收到的数据是错误的,DSP 不做任何操作。协议中包含随机码字段,计算机端每次发起连接时使用的随机码是不同的,以此来保证 DSP 和计算机之间的通信是针对当前连接的。校验码是用除帧头、帧尾以外的数据通过某种计算方法生成的用来验证本帧数据在传输过程中是否发生差错的校验机制,本文采取了对每个字节求和的方式来生成校验码,这种方法实现简单、计算量小,并且在实际使用过程中确实满足了校验要求。

以 7E、7F 分别作为每帧的帧头、帧尾标记,为了保证每一帧的其余字节中不出现 7E、7F,对所有出现的 7E、7F 字节采用替换算法,对 7E 用 7D5E 两字节代替,对 7F 用 7D5F 代替,对 7D 用 7D5D 代替。DSP 端在接收到一帧完整的数据后,先对数据进行反向替换,再对替换后的数据进行校验,通过校验后根据命令字做出相应的响应,如果没有通过校验,则抛弃该帧数据。

3.3.2 在线编程应用软件设计

在线编程应用软件由编程文件载入模块、串口配置模块、控制管理模块组成,属于计算机端应用程序。编程文件载入模块完成编程文件的装载,根据 DSP 用户代码大小实现分包、生成校验码、特殊字节替换和装帧处理;串口配置模块用于配置串口通讯端口和速率;控制管理模块主要实现在线编程时与 DSP 的交互和发送数据帧等功能。

3.3.3 Kernel 软件设计

Kernel 软件主要由编程文件接收模块、差错校验模块、Flash 写入模块、Flash 擦除模块、完整性校验模块、二次加载模块和控制模块等组成。

编程文件接收模块负责接收来自串口的编程文件,经差错校验模块校验无误后,把收到的字节缓存到已分配的内存中,并对在线编程应用软件发出应答信号;如果差错校验没有通过,则不做任何应答等待在线编程应用软件重发数据包。Flash 擦除、写入模块对 Flash 实施在线编程的具体操作,在整个编程文件接收完毕后,启用 Flash 擦除、写入模块完成 Flash 的在线写入,写入完成后,由完整性校验模块对 Flash 编程的正确性进行检查,把编程前数据的校验和和编程后从 Flash 中读出数据的校验和进行比较,确认编程是否成功。二次加载模块负责引导 DSP 用户程序的执行。控制模块是 Kernel 程序的调度者,在设定的时间内监视 Flash 编程请求,如果收到 Flash 编程请求,则控制 DSP 工作在 Kernel 核程序接管状态,如果没有收到,启用二次加载模块导入用户程序开始执行。

4 结论

论文提出了一种新的基于串口的 DSP 在线编程的解决方法,并应用到实际的项目中,使 DSP 代码的固化可以脱离仿真器,避免了代码固化过程中插拔仿真器及拆卸 DSP 设备引起的损坏,使没有 DSP 开发经验的人员也能够完成 DSP 代码的固化。实践表明,这种编程方法可操作性好,在设备的功能扩展、售后维护等方面发挥了较大的作用,提高了设备的技术生命力,值得推广和借鉴。

(下转第 169 页)

3.3 系统的软件定制

OMAP 的软件体系结构基于两个操作系统,一个是基于 ARM 的嵌入式操作系统,如嵌入式 Linux、WindowsCE 等,一个是基于 DSP 的实时操作系统内核 DSP/BIOS。何使两个操作系统协同工作,是实现开放的软件平台的关键。本系统利用 DSP/BIOS 桥提供的对于软件开发便于使用的接口,在 GPP 上利用一套标准 APIs 进入和控制 DSP 的运行环境,从而实现两个操作系统任务的无缝链接,使应用程序能够以独立于设备的方式,高效地交换信息和数据。图 5 是基于 DSP/BIOS 桥的 OMAP5912 软件架构。

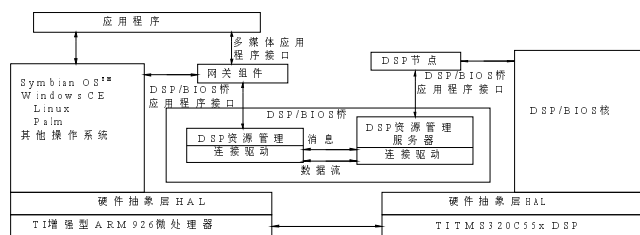


图 5 基于 DSP/BIOS 桥的 OMAP5912 软件架构

4 实验测试

在光纤传感器上取 6 个点进行恒温 40℃测试,测得的温度与实际的加热温度对比如表 1 所示。从中可以看出,系统提供的温度分辨率为 0.1℃,精度在±1℃之内。并且在超过 2km 之后,误差有增大的趋势,主要原因是距离过远导致散射光减弱。

表 1 测得的温度与实际的加热温度对比

空间距离 (m)	实测温度 (℃)	实际温度 (℃)	温度误差 (℃)
400	40.0	40.0	0.0
1000	39.9	40.0	0.1
2000	40.1	40.0	0.1
6000	40.2	40.0	0.2
8000	39.7	40.0	0.3
10000	40.3	40.0	0.3

5 结束语

本文基于喇曼散射机理,给出了分布式光纤测温系统原理。并在此基础上,基于 OMAP5912 完成了分布式光纤测温系统设计,给出了系统光路设计和数据处理系统核心硬件设计及软件定制。通过实验测试表明该系统可以实现工程中的测温要求。

本文作者创新点:1. 本文设计了基于 OMAP5912 的分布式光纤测温系统。2. 系统的温度测量距离达到了 10km,精度达到了±1℃,可以应用于路桥工程、土木水利工程、钢架悬梁、场馆建设、工业产品检测等领域。

项目经济效益预计 50 万。

参考文献

- [1]胡欣杰.嵌入式系统应用研究.微计算机信息,1999,15(6):4-5
- [2]孙圣和,王廷云,徐颖.光纤测量与传感技术.哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2000.
- [3]张颖,张娟,郭玉静等分布式光纤温度传感器的研究现状及趋势.仪表技术与传感器,2007,8(3):1-2.
- [4]史晓峰,李铮,蔡志权.分布式光纤测温系统及其测温精度分析.测控技术,2002,21(1):9-10

作者简介:薛佳楣,女,1974 年 11 月出生,女,籍贯黑龙江省佳木斯市,讲师,在读硕士,研究方向:计算机控制技术;玄子玉:男,1975 年 10 月出生,男,籍贯黑龙江省佳木斯市,讲师,在读

硕士,研究方向:电子信息

Biography: XUE Jia-mei: born in 1974.11, female, Heilongjiang Jiamusi, Lecturer, postgraduate, now engaged in the technology of computer control.

(154007 黑龙江省佳木斯市 佳木斯大学公共计算机教研部) 薛佳楣

(154007 黑龙江省佳木斯市 佳木斯大学信息电子技术学院) 玄子玉

(Commonality Teaching Department of Computer, Jiamusi University, Jiamusi, 154007) XUE Jia-mei

(School of Information & Electrical Technology, Jiamusi University, Jiamusi, 154007) XUAN Zi-yu

通讯地址:(154007 黑龙江省佳木斯市佳木斯大学办公楼公共计算机教研部) 薛佳楣

(收稿日期:2009.03.03)(修稿日期:2009.04.05)

(上接第 205 页)

本文作者创新点:提出了一种新的基于串口的 DSP 在线编程的解决方法,改善了 DSP 设备的易用性、可维护性,增强了 DSP 系统的技术生命力。

参考文献

- [1]谢登科等.基于 FPGA 实现的 DSP 远程在线编程[J].微计算机信息,2005,21,7-2:147-148
 - [2]TMS320C6416T fixed-point digital signal processors, Texas instruments. http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/tms_320c6416t.pdf, 2007
 - [3]S29AL032D Data Sheet, Spansion Inc. http://www.spansion.com/datasheets/s29al004d_00_a5_e.pdf, 2006
 - [4]谢希仁.计算机网络(第四版).北京:电子工业出版社,2004
- 作者简介:吕春雷(1980-),男(汉族),浙江东阳人,中国科学院长春光学精密机械与物理研究所助理研究员,主要从事目标快速捕获与实时图像处理研究。王延杰(1963-),男(汉族),中国科学院长春光机所研究员、博士生导师,主要从事目标快速捕获与实时图像处理研究。

Biography: LV Chun-lei (1980-), Male (the Han nationality), Dongyang city, Zhejiang Province, Changchun Institute of optics, fine mechanics and physics, assistant research fellow, primarily engaged in quick target tracking and real-time image processing.

(130033 长春 长春光学精密机械与物理研究所) 吕春雷 王延杰

(100039 北京 中国科学院研究生院) 吕春雷

(Changchun Institute of optics, fine mechanics and physics, Chang Chun, 130033, China) LV Chun-lei WANG Yan-jie (Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100039, China) LV Chun-lei

通讯地址:(130033 吉林省长春市东南湖大路 16 号光机所图像室) 吕春雷

(收稿日期:2009.03.03)(修稿日期:2009.04.05)

欢迎投稿 欢迎订阅