基于TMS320F2812的CAN总线接口通用电模拟器研制

李 迎[1]，孙亚飞[2]
（1. 深圳职业技术学院机电工程学院，深圳 518055；2. 哈尔滨工业大学基础与交叉科学研究院，哈尔滨 150001）

摘 要：基于TMS320F2812及其内置CAN总线控制器，开发了一套适合多种CAN总线接口配置要求的通用电模拟器硬件系统，用于某型卫星地面电联试系统中敏感器电模拟器的研制，取得了良好效果。该电模拟器硬件系统具有CAN总线接口配置灵活、数据处理能力强、应用程序开发方便、通用性强等特点，可用于卫星地面电联试系统中的多种电模拟器开发研制。

关键词：TMS320F2812；CAN总线；电模拟器
中图分类号：TP23；V241.62 **文献标识码**：A **文章编号**：1000-1328(2009)06-2328-06
DOI：10.3873/j.issn.1000-1328.2009.06.045

0 引言

在各类型卫星研制过程中，地面电联试系统是其不可缺少的重要地面实验系统。通过该系统，研制人员能够对卫星系统中的各种电气设备的电气特性、各部件及分系统之间的通信协议、各重要部件及分系统中的软件算法进行半物理及物理仿真、验证与测试，以便及时发现方案设计及研制过程中存在的问题，提出有效的改进方案。同时利用该系统还可以对一些关键技术及方案进行实验验证，以测试其可行性及有效性。

电模拟器是卫星地面电联试系统中常见的一类设备，其作用是在各部件的原型样机还没有研制出来之前，对其基本电气特性及设备功能进行模拟，以完成卫星半物理仿真试验。哈尔滨工业大学孙亚飞等人曾先后开发了基于PXI总线测试平台的[1]和基于TMS320F2812及C8051F040单片机的[2]CAN总线接口电模拟器，取得了良好效果，但是系统存在硬件系统成本较高、应用程序开发较复杂、通用性不佳等缺点。

为达到通用性好、软件开发结构简单、算法处理功能强的目标，作者提出和研制了基于TMS320F2812的具有良好CAN总线接口配置功能的通用电模拟器硬件系统，以满足某型卫星地面电联试系统中各类型电模拟器的开发需求。

1 电模拟器总体结构设计[3-4]

TMS320F2812是目前常用的一类高性能DSP，具有运算主频高（最高可达150MHz）、内置外设模块多（CAN总线模块、SPI模块等）、运算能力及事务处理能力强等特点，完全满足各类常见电模拟器对算法的运算需求。

CAN总线协议则是目前现场控制领域的主流通信协议，与RS-232、RS-422等串行接口通信相比较，具有信号抗干扰能力强、通信结构配置灵活、数据传输速度快等优点。

本文所开发的基于TMS320F2812的CAN总线接口通用电模拟器硬件系统总体结构如图1所示。它利用TMS320F2812内置CAN总线控制器，构建了两路CAN总线通信接口，可分别与外界CAN总线网络进行独立通信。

其基本CAN总线通信流程是：首先通过CAN总线接口1接收CAN总线网络1发送过来的数据信息；TMS320F2812收到该数据后对其进行解析和运算处理，并得到计算结果；最后TMS320F2812对该运算结果进行打包处理，然后通过CAN总线接口2

收稿日期：2008-12-31； 修回日期：2009-01-19
基金项目：国家863计划资助项目（2004AA742200）

将该数据发送到 CAN 总线网络 2 上。如果该硬件系统只与一个 CAN 总线网络通信,则使用其中任一 CAN 总线接口即可完成 CAN 信号收发。

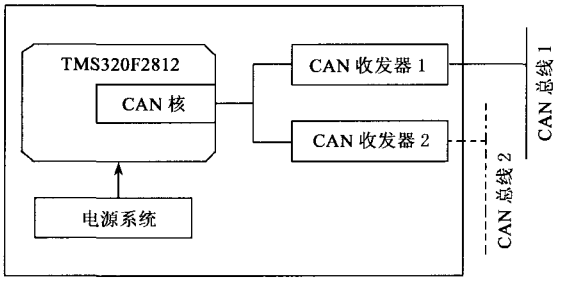

图 1　电模拟器硬件系统总体结构

Fig.1　The hardware whole structure of electric simulator

2　CAN 总线接口设计原理

CAN 总线接口设计是该电模拟器硬件系统设计的重点,其设计原理分析如下。

该电模拟器硬件系统的 CAN 总线接口设计原理如图 2 所示。TMS320F2812 内置一个 CAN 总线控制器,将其与外部两个 CAN 信号收发器相连,同时将 TMS320F2812 两个通用数字 I/O 接口通过电阻 R(阻值可为 10 K 到 100 K 欧姆之间,本文设计值为 10K 欧姆)分别与两个 CAN 信号收发器方式选择用的 Rs 引脚相连。

下面对其信号输出及输入过程进行分析。

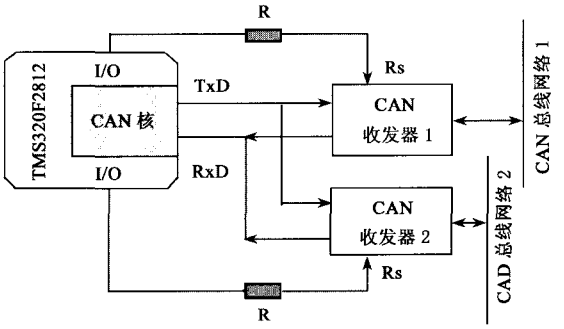

图 2　CAN 总线接口设计原理图

Fig.2　The principle of the CAN-Bus interface design

2.1　CAN 信号输出

当 TMS320F2812 需通过 CAN 总线接口 1(与 CAN 收发器 1 相连)向其所连接 CAN 总线网络 1 发送 CAN 信号时,可以通过将相应数字 I/O 接口使 Rs 电平置高来将 CAN 收发器 2(与 CAN 总线接口 2 相连)关闭,这样 CAN 总线控制器通过其 TxD 输出引脚发送出来的信号只能被 CAN 收发器 1 接收到,而 CAN 收发器 2 将停止工作,不会向其所连的 CAN 总线网络 2 发送该 CAN 信号。当 CAN 信号发送完成后,将 CAN 收发器 2 的控制端 Rs 置低,启动其正常工作。

同样,当需通过 CAN 总线接口 2 向其所连 CAN 总线网络 2 发送 CAN 信号时,其处理方法与上述过程相同。

2.2　CAN 信号输入

空闲情况下,电模拟器硬件系统的 CAN 收发器 1 和 2 都处于开启状态,随时准备接收来自各自所连 CAN 总线网络所发送过来的 CAN 信号。

当 CAN 总线网络 1 向该电模拟器硬件系统发送 CAN 信号时,通过 CAN 控制器的 RxD 接收数据引脚即可完成数据接收。该 RxD 数据同时传送到 CAN 收发器 2 的 RxD 接收数据引脚,但该引脚的数据并不对 CAN 总线网络 1 的 CAN 信号接收产生任何影响。

同样,当 CAN 总线网络 2 向电模拟器硬件系统发送 CAN 信号时,其处理方法与上述过程相同。

值得注意的是当 CAN 收发器 1 和收发器 2 同时接收到各自所连 CAN 总线网络所发送过来的 CAN 信号时,可能会出现冲突,但只要两个 CAN 总线网络所发送过来的 CAN 信号 ID 号不同,CAN 控制器即可按照 CAN 信号优先级顺序来完成接收工作。

通常,该电模拟器硬件系统所连的两个 CAN 总线网络 ID 号不能重复,以免接收 CAN 信号时产生冲突。如果两个 CAN 总线网络的 CAN 信号传输量不高(负载率 < 25%),则接收时的冲突问题可不考虑。

3　硬件电路设计与开发

该电模拟器硬件系统包括:TMS320F2812 电路、JTAG 接口(用于对芯片测试和编程的标准接口)电路、外部复位电路、时钟电路、CAN 收发器电路等几大部分,其硬件系统总体结构设计如图 3 所示。

下面按照硬件电路设计与开发两部分对其分别进行说明。

3.1　硬件电路设计

电模拟器硬件电路各部分设计说明如下。

3.1.1　TMS320F2812 电路设计

TMS320F2812 电路设计部分主要包括对主频、

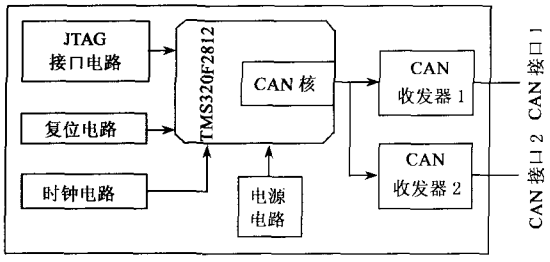

图3 硬件电路总体结构图

Fig.3 The whole structure of the hardware circuit

存储器等的设计,具体如下。

TMS320F2812 主频设计为 120 MHz,以便对算法代码进行高速处理;程序存储器大小设计为 64 KB,采用片内 Flash,用于存储程序代码;数据存储器大小设计为 18 KB,采用片内 SRAM,用于存储程序运行时的临时数据。

3.1.2 JTAG 接口电路设计

TI 公司 DSP 的仿真接口采用兼容 IEEE1149.1 标准的 JTAG 接口,通过此接口可以全面控制 DSP 的运行方式,实现在线仿真和程序烧写。

JTAG 接口采用 14 引脚 JTAG 插头,具体电路设计如图 4 所示。

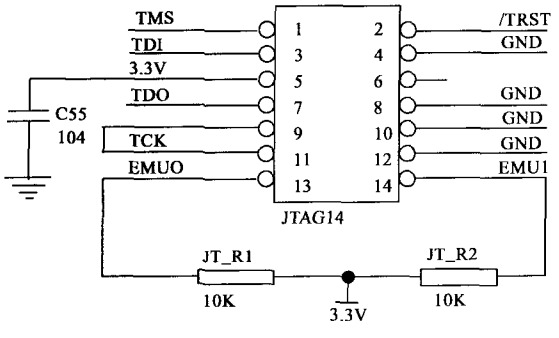

图4 JTAG 接口电路

Fig.4 The circuit of JTAG interface

3.1.3 外部复位电路设计

外部复位电路用来在系统上电及运行期间对系统进行复位操作之用。

外部复位电路采用上电复位和手动复位两种方式。系统上电时,XRS 引脚产生一定时间长度的低电平,实现复位;在运行期间通过闭合手动开关 S1 使 XRS 引脚产生一定时间长度的低电平,实现复位。复位电路具体设计如图 5 所示。

3.1.4 时钟电路设计

时钟电路主要用来给 TMS320F2812 芯片提供高

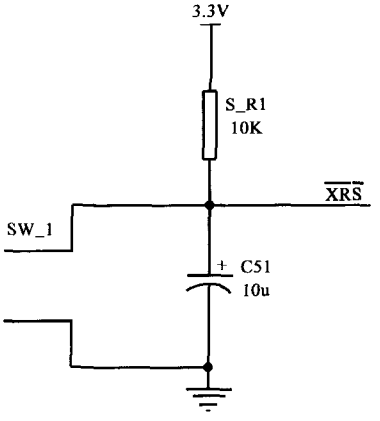

图5 外部复位电路

Fig.5 The external reset circuit

精度时钟信号,为其稳定运行提供保障。

考虑到时钟信号精度要求及 TMS320F2812 芯片内部具有锁相环功能(可以从一个较低频率的外部时钟通过倍频获得较高频率内部时钟,倍频数为0.5~5倍,可编程实现),时钟电路利用外部时钟源为给 TMS320F2812 芯片提供时钟信号,该外部时钟信号频率为 30 MHz,通过对其进行 4 倍频就可得到所需时钟频率 120 MHz。时钟电路具体设计如图 6 所示。

TMS320F2812 所需时钟信号电平为 1.8 V,而晶振所产生时钟信号的电平为 3.3 V,需要进行电平转换。TMS320F2812 的 X1 端口有 1.8 V 钳位二极管,因此仅需串联一个限流电阻即可。

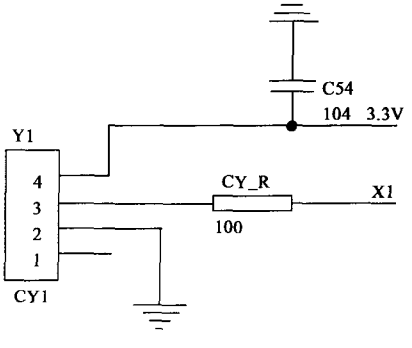

图6 时钟电路

Fig.6 The clock circuit

3.1.5 CAN 收发器电路设计

TMS320F2812 芯片内部集成一个 CAN 总线控制器模块,通过 CAN 总线收发器芯片与外部 CAN 总线网络进行通信。CAN 收发器电路部分用来完成 CAN 控制器与外部 CAN 总线网络的物理连接和信号通信。采用两个 CAN 收发器结构,其中一个作

为 CAN 数据接收端,另一个作为 CAN 数据发送端。

CAN 收发器选用 TI 公司的 SN65HVD231D 芯片,它具有较强的抗干扰能力,其最高通信速率可达 1 Mbps。通过对引脚 8 的不同连接,可以实现三种不同的工作方式:高速、斜率控制和待机。本设计通过 RS 跳线 J8 实现高速和斜率控制的工作方式。

3.1.6　电源电路设计

电源电路部分主要给该电模拟器硬件系统提供电源。

外界提供的输入电压为 28 V 直流电压和 5 V 直流电压两种中的任一种。输出电压需求为:TMS320F2812 芯片需要 3.3 V 和 1.8 V 双电压供电,SN65HVD231 收发器和 IS61LV128 外部 RAM、时钟晶振等外围设备为 3.3 V 电压供电。

综合考虑,电源电路设计如下:采用两级降压结构,第一级由 28 V 转变为 5 V,第二级由 5 V 转变为 1.8 V 和 3.3 V。在第一级降压电路中,由于要提高功率转换效率,因而选用开关式电源稳压器。在第二级降压电路中,由于要考虑电源稳压效果和压差低等问题,因而选用 LDO(Low Drop Out Regulator)电源转换芯片供电。同时为了保证电源供电功率及稳定性,对处理器芯片和外设芯片采用分别供电方式。电源电路二级设计具体结构如图 7 所示。

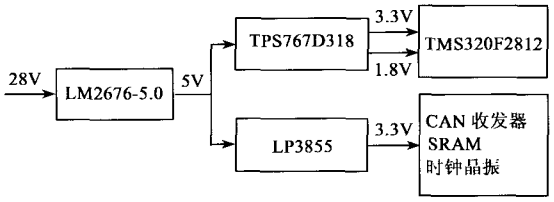

图 7　28 V 及 5 V 电源电路结构图

Fig.7　The structure of 28 V & 5 V power circuit

当电模拟器外部供电电压为 5 V 时,屏蔽第一级降压电路,启用第二级降压电路即可。当电模拟器外部供电电压为 28 V 时,电源电路第一级和第二级顺序工作;这样就可以同时满足 28 V 直流或 5 V 直流电压供电的需要,增强电模拟器硬件系统的通用性。

3.2　硬件电路生产和调试

根据上述各部分电路的具体设计,下面对该电模拟器硬件电路板进行生产和调试。

该电模拟器硬件电路板按照标准的 3 U 尺寸进行设计,这样就能将其方便的安装在 3 U 尺寸机箱中,便于统一管理和使用。3 U 标准的具体尺寸为:170 mm(长) × 100 mm(宽)。电模拟器硬件电路板采用 4 层板结构,各层分别为(自上而下):元件层、地层、电源层、信号层。

根据电模拟器硬件电路板尺寸要求及板层结构安排,基于 Protel99(SE)电路板设计软件对其进行了原理图制作、PCB 板设计与布线等,加工制作后的电模拟器硬件电路板、焊上元器件及安装上前面板以及安装上电模拟器的电模拟器箱实物图如图 8 所示。

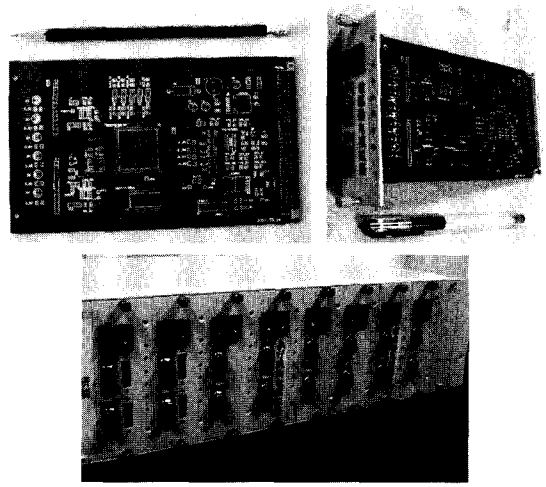

图 8　电模拟器硬件电路板及电模拟器箱实物图

Fig.8　The real pictures of electric simulator hardware PCB and electric simulator box

基于 TMS320F2812 的电模拟器硬件系统应用程序开发软件采用 TI 公司的 CCS2000(1.2 版)软件开发环境,CCS2000 软件开发环境基于 C 语言,并能与汇编语言进行混合编程,具有开发功能强大、代码兼容性强、编程效率高、代码模块化管理方便等特点。

4　应用程序开发框架

下面对基于 CCS2000 软件开发环境的电模拟器硬件系统的应用程序开发框架进行系统说明,以便为具体应用程序设计奠定基础,主要内容包括:系统寄存器定义、系统配置初始化以及 CAN 外部接口初始化。

4.1　系统寄存器定义

系统寄存器定义是指对 TMS320F2812 所规定的各寄存器地址进行标识符命名,以方便使用。

TMS320F2812 的片内寄存器定义包含在头文件

F2812_Reg.h 中，在应用程序开发过程中将该头文件包含到相应的 c 源文件中，即可按照相应的寄存器标识符名对其进行设置。

4.2 系统配置初始化

系统配置初始化部分主要是对 TMS320F2812 芯片内部一些通用外设进行初始化设置，为处理器正常运行进行准备，具体说明如下。

4.2.1 系统时钟、外设时钟、锁相环初始化

主要工作包括：设置系统倍频系数(PLLCR)；设置各外设时钟频率(HISPCP、LOSPCP)；设置各外设时钟使能(PCLKCR)。

4.2.2 看门狗初始化

主要工作包括：初始化看门狗模块(WDCR)。本系统对其进行屏蔽。

4.2.3 GPIO 初始化

主要工作包括：配置 GPIO 接口功能，使其成为通用 I/O 接口或外设 I/O 接口(GPxMUX)；配置通用 I/O 接口的传输方向(GPxDIR)；操作通用 I/O 接口(GPxSET、GPxCLEAR、GPxTOGGLE)。

4.2.4 片外存储器接口 XINTF 初始化

主要工作包括：设置 XINTF 时序寄存器(XTIMING2)；设置 XINTF 配置寄存器(XINTCNF2)；设置 XINTF 切换控制寄存器(XBANK)。

4.3 芯片外部接口设置[5]

TMS320F2812 内置多种外部接口。在应用程序开发过程中，需根据实际需要对各接口进行配置和初始化，为其正常运行提供保障。

下面以 CAN 控制器通信接口为例，对其初始化内容进行分析，其他外部接口设置过程类似。

4.3.1 eCAN 初始化

eCAN 是芯片内置的增强型 CAN 控制器。对 eCAN 初始化主要工作包括：配置 CANTX、CANRX 为 CAN 的发送、接收引脚；选择 ECAN 工作模式；初始化所有邮箱的主控制域寄存器 MSGCTRL；清除所有中断标志位，包括 CANTA、CANRMP、CANGIF0、CANGIF1；配置位时序参数；设置接收和发送数据顺序；设置 CANGIM，使能两个中断线 ECAN1INT、ECAN0INT，并使能全局中断；使能邮箱中断；屏蔽所有邮箱。

4.3.2 eCAN 邮箱配置

主要工作包括：设置全局接收屏蔽和邮箱接收屏蔽；设置接收邮箱 ID；设置发送邮箱 ID；设置邮箱方向；设置邮箱内数据长度 DLC；使能邮箱；选择邮箱中断产生的中断线。

上述三步对基于 TMS320F2812 微处理器的应用程序开发框架进行了全面分析，在此基础上便可以根据实际需要开发相应的应用程序。

5 电模拟器应用实例

为了验证该电模拟器设计的正确性，将其应用于某卫星地面电联试系统中对具有 CAN 总线接口的敏感器系统开发，该敏感器系统包括星敏感器、红外地平仪、陀螺、三轴磁强计等功能。

该地面电联试系统由飞行器动力学仿真系统、敏感器系统、姿轨控系统及执行部件系统等四大部分组成，构成一个闭环仿真与控制系统，对飞行器飞行姿态与轨道进行控制仿真。四部分之间通过 CAN 总线接口构成一套总线型 CAN 总线通信网络，以实现各系统之间的数据通信。

敏感器电模拟器应用程序主要包括：系统初始化模块、CAN 初始化模块、CAN 数据接收模块、接收数据解析模块、敏感器算法模块、CAN 数据发送模块等主要部分。

在应用程序设计中，将 CAN 数据接收模块在中断程序中完成，而系统初始化模块、CAN 初始化模块、接收数据解析模块、敏感器算法模块、CAN 数据发送模块在 main 函数中完成。敏感器电模拟器应用程序流程图如图 9 所示。

开发完成后的敏感器电模拟器硬件系统通过一个 CAN 总线接口与外部 CAN 总线网络进行通信。联机调试后，整个系统工作正常稳定，从而验证了该电模拟器硬件系统结构设计及软件开发框架设计的正确性。

6 结论

作者采用 TMS320F2812 及其内置 CAN 总线控制器，成功研制了一套适合多种 CAN 总线接口配置需求的卫星地面电联试系统中的电模拟器硬件系统，并对其应用程序开发框架进行了系统分析，为该硬件系统应用程序开发奠定了基础。

该套系统设计的关键技术和难点有：对 CAN 总线接口进行了合理设计，满足多种 CAN 总线网络的接口

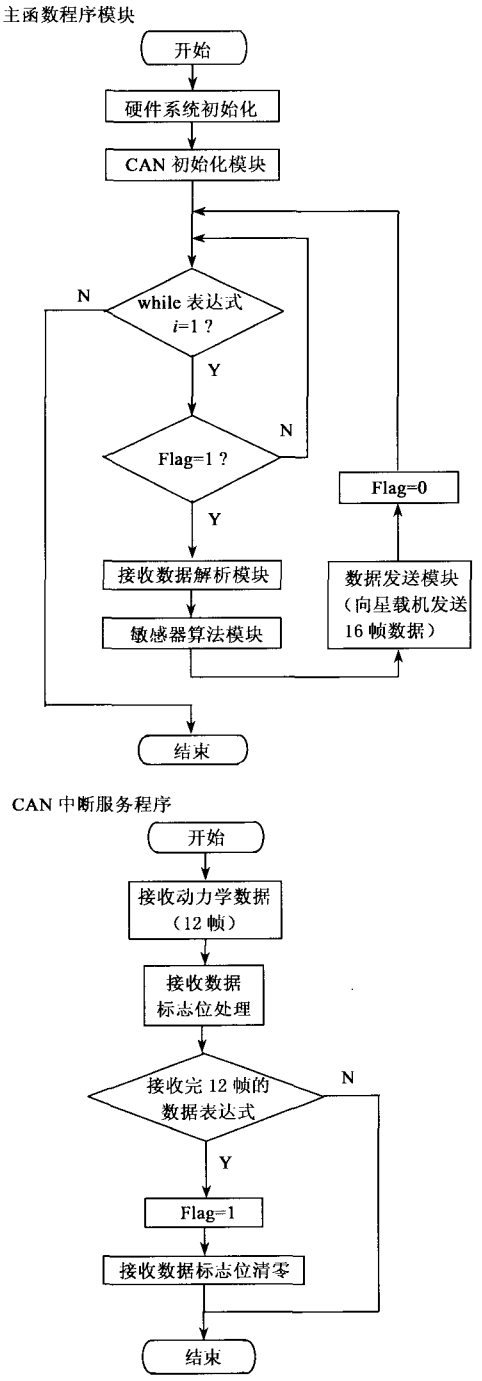

图 9　敏感器电模拟器应用程序流程图

Fig.9　The flow chart of the sensor electric simulator software application

要求;考虑了硬件系统及应用程序开发的通用性,满足卫星地面电联试系统对电模拟器开发的需求。

该电模拟器硬件系统已应用于某型卫星地面电联试系统中的敏感器系统开发。通过实验测试,验证了该电模拟器硬件系统电路结构及软件开发构架设计的合理性和有效性,且通用性强,可用于各种基于 CAN 总线接口的卫星地面电联试系统中的电模拟器工程开发中。

参考文献:

[1] 孙亚飞,梁斌,等. 基于卫星通用电模拟器开发平台的目标测量系统电模拟器研制[J]. 宇航学报,2008,29(2):705 - 709. [SUN Ya-fei, LIANG Bin, et al. Research and development on target measurement system electric simulators[J]. Journal of Astronautics, 2008, 29(2):705 - 709(in Chinese).]

[2] 孙亚飞,梁斌, 等. 基于 TMS320F2812 和 C8051F040 的目标测量系统电模拟器研制[J]. 电子测量技术,2008,31(4):142 - 145(转 170).[SUN Ya-fei, LIANG Bin, et al. Development of electric simulators of target measurement system based on DSP and C8051 microprocessor[J]. Electronic Measurement Technology, 2008, 31(4): 142 - 145(170)(in Chinese).]

[3] Taxas Instruments Incorporated(著),张卫宁(译). TMS320C28X 系列 DSP CPU 与外设(上/下)[M]. 北京:清华大学出版社,2005. [Taxas Instruments Incorporated, ZHANG Wei-ning. CPU and Exterior Equipments(1/2)[M]. Beijing: Publishing House of Tsinghua University, 2005.]

[4] 苏奎峰,吕强, 等. TMS320F2812 原理与开发[M]. 北京:电子工业出版社,2005.[SU Kui-feng, LV Qiang, et al. The Principle and Development of TMS320F2812[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2005.]

[5] 吴俊, 等. TMS320F2812 内嵌 eCAN 模块的 CAN 总线通信[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2003(11):44 - 46.[WU Jun, et al. The CAN-Bus communication of TMS320F2812's embedded eCAN controller[J]. Microcontrollers & Embedded Systems, 2003(11):44 - 46(in Chinese).]

作者简介:李迎(1976 -),女,硕士研究生,讲师,研究方向为计算机测控技术、虚拟仪器测试系统、无损检测等。
通信地址:深圳市南山区深圳职业技术学院机电工程学院(518055)
电话:(0755)26731214
E-mail:symly@hotmail.com

(下转第 2371 页)

Transactions on Networking, 2005, 6(3): 596 - 609.

[12] Cen Song, Cosman Pamela C, Voelker Geoffrey M, End-to-end differentiation of congestion and wireless losses[C]. Proc. SPIE Multimedia Computing and Networking 2002, 4673: 1 - 15.

[13] Biaz S, Vaidya N. Discriminating congestion losses from wireless losses using inter-arrival times at the receiver[C]. Proc. 1999 IEEE Symposium on Application-Specific Systems and Software Engr and Techn, Richardson, TX, Mar 1999: 10 - 17.

[14] Floyd S, Henderson T. The NewReno Modification to TCP's Fast Recovery Algorithm, in RFC 2582. 1999.

[15] 刘德辉,张小义,杨征, 等. 基于卫星网络的 TCP 协议拥塞控制机制与公平性研究[J]. 小型微型计算机系统, 2006, 27(2): 224 - 227. [LIU De-hui, ZHANG Xiao-yi, YANG Zheng, et al. TCP congestion control and fairness evaluation over satellite network[J]. Journal of Chinese Computer Systems, 2006, 27(2): 224 - 227.]

作者简介:孙彦东(1978 -),男,哈尔滨工业大学计算机系统结构博士研究生,主要从事计算机网络,卫星宽带网络研究。
通信地址:哈尔滨市南岗区西大直街 92 号哈尔滨工业大学 320 信箱(150001)
电话:(0451)86416614
E-mail: sunyandong@pact518.hit.edu.cn

An Improved Congestion Control Algorithm for Satellite Broadband Networks

SUN Yan-dong, JI Zhen-zhou, WANG Hui
(School of Computer Science and Technology, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)

Abstract: In satellite broadband networks, congestion controls have lower throughput performance mainly due to long propagation delays and high link error rates. Considering these characteristics, a new congestion control scheme called TCPCA is proposed. The Casablanca discriminator is adopted in the receiver to distinguish wireless losses from congestion losses to solve the problem of high link error rates. In order to alleviate the long retransmission intervals brought by long propagation delays, bulk retransmissions are introduced to retransmit the lost packets in time. Since long propagation delays make the networks need more time to recover, an intelligent congestion window adjustment strategy is adopted to avoid the unnecessary decrease of congestion window due to wireless losses. NS2 simulations show that TCPCA outperforms other conventional TCP schemes in terms of throughput. It also ensures a fair share of network resources with retaining friendliness to other TCP variants.

Key words: Congestion control; Satellite broadband networks; Casablanca discriminator; TCP westwood; Link error

(上接第 2333 页)

Development of General Purpose Electric Simulator Based on TMS320F2812 and CAN-Bus Controller

LI Ying[1], SUN Ya-fei[2]
(1. School of Mechanical and Electronic Engineering, ShenZhen Polytechnic, Shenzhen 518055, China;
2. Academe of Foundation and Cross Science, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)

Abstract: Based on TMS320F2812 and its CAN controller, a general purpose electric simulator hardware system has been developed. It can satisfy many kinds of CAN-Bus configuration requirements. It was applied to develop sensor electric simulators in some satellite desktop electric integration testing system, and worked well. The electric simulators hardware system has the following characterizations: agility of CAN-Bus interface configuration, good processing capability of data, convenience of application software development, and good general purpose of application. It can be used to develop many kinds of electric simulators in satellite desktop electric integration testing system.

Key words: TMS320F2812; CAN-Bus; Electric simulators