

基于 LwIP 的网口与串口数据透传设计^{*}

许向阳,张宇,毕胜,王晓君

(河北科技大学 信息科学与工程学院,石家庄 050000)

摘要: 对于目前某些特殊设备只配备 RS-422 或 LVDS 串口而没有以太网口的情况,上位机与它们之间的数据透传只能依靠串口转换器实现,例如 Moxa Uport 系列 USB 转串口转换器等。这样的数据透传方式不仅传输距离近、效率低、成本高,而且不能够接入网络。针对这些问题,提出了一种基于 LwIP TCP 网口-串口数据透传设备设计方案,该数据透传设备使用 ZYNQ-7020 SoC 作为主控芯片设计了 RS-422 接口电路和 LVDS 接口电路,实现了网口数据与 RS-422/LVDS 串口数据的透传,最后在某地检设备上进行了性能测试。测试结果表明该数据透传设备的 RS-422 和 LVDS 串口可实现在 2 Mb/s 以内的任意速率下无丢包、无误码的数据透传功能,为网口与串口之间的数据透传提供了一种可靠的实现方案。

关键词: ZYNQ-7020;RS-422;LVDS;LwIP;数据透传

中图分类号: TN919.3;TP336

文献标识码: A

Network Port and Serial Port Data Penetration Design Based on LwIP

Xu Xiangyang, Zhang Yu, Bi Sheng, Wang Xiaojun

(School of Information Science and Engineering, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang 050000, China)

Abstract: For some special devices only equipped with RS-422 or LVDS serial port without an Ethernet port, the data transparent transmission between the upper computer and they can only be realized by the serial port converter on the market, such as Moxa Uport series USB to serial port converter. This data transparent transmission mode not only has short transmission distance, low efficiency, high cost, but also cannot access the network. To solve these problems, a design scheme of TCP network-serial data transmittal device based on LwIP is proposed. The data transmittal device uses ZYNQ-7020 SoC as the main control chip to design RS-422 interface circuit and LVDS interface circuit, which realizes the transmittal of network data and RS-422/LVDS serial data. Finally, through the performance test carried out on a certain inspection equipment, it is proved that the serial ports of RS-422 and LVDS of the data transparent transmission equipment can realize the data transparent transmission function without packet loss and error at any rate less than 2 Mb/s, which provides a reliable implementation scheme for the data transparent transmission between the network port and the serial port.

Keywords: ZYNQ-7020;RS-422;LVDS;LwIP;data penetration

0 引言

现如今,绝大多数 PC 机都是通过以太网、USB、RS-232 接口进行数据传输,并没有保留外置的 RS-422 和 LVDS 接口,给 PC 机与传统工业化设备的数据互传带来很大不便^[1-2]。针对这些问题,本文提出了一种基于 ZYNQ 的 LwIP TCP 协议网口与串口数据透传设备,该数据透传设备支持 1 路 RS-422 电平标准串口和 1 路 LVDS 电平标准串口,适用于所有兼容这两种电平标准的串口设备。为了测试该数据透传设备的性能,采用实际工作中 PC 机对某地检设备进行数据加载的握手机制,测试

了数据透传设备的 RS-422 和 LVDS 串口分别以 2 Mb/s 的速率传输百万级别字节情况下的误码率和丢包率,对数据透传设备的有效性和可靠性进行了分析验证,为网口与不同电平标准串口之间的数据传输提供了一定借鉴。

1 总体设计

本文设计了一种以 ZYNQ PS 端为控制核心、LwIP TCP 以太网转 RS-422/LVDS 电平标准的串口传输方式,实现了该设备串口与 PC 机网口间的数据透传,串口传输速率可在一定范围内任意设置,增强了串口设备和 PC 机的灵活适配性,并且其可靠性高,后期易于维护。

设计中使用 Xilinx 公司的 ZYNQ-7020 SoC 作为数据透传设备的主控单元芯片,不仅集成度高、功耗低,而且 SoC 外设接口可灵活配置^[3-4]。通过 EMIO 引脚使两路

^{*} 基金项目:河北省省级科技计划项目,新一代电子信息技术创新专项(21310402D)。

79

2.2 UART 转 RS-422/LVDS 电路

主控芯片 ZYNQ PS 端的两路 UART 串口通过 PL 部分扩展的 EMIO 引脚与外部进行通信,采取的是单端通信模式、TTL 电平。RS-422 与 UART 接口不同,数据信号采用差分传输方式^[8]。所以 ZYNQ 的 UART 与串口设备的 RS-422 串口进行通信时,需要进行电平和数据信号的转换。

采用 SN74LVC2T45DCUR 作为 TTL 电平转 RS-422 电平芯片,该芯片是一个 2 位同相总线收发器,使用两个独立的可配置电源轨,旨在实现两条数据总线间的异步通信,利用 DIR 信号可控制传输方向。使用 MAX490 芯片实现 RS-422 信号收发处理功能,最高支持 2.5 Mb/s 的传输速率,用来完成差分信号和单端信号的相互转换^[9]。UART 转 RS-422 电平原理图如图 3 所示。

LVDS 是一种低压差分信号技术,采用差分传输方式,由于独有的信号特性优势被广泛应用于数据传输系统^[10]。UART 转 LVDS 原理图如图 4 所示,ZYNQ 的 UART 与 LVDS 接口进行通信时,需要将单端信号转换为差分信号。LVDS 的发送芯片采用 SN65LVDS31D,供电电压为 3.3 V,输入信号来自 ZYNQ 的 UART 信号,该芯片将输入信号转换为 LVDS 信号后直接发送至 LVDS 接口;接

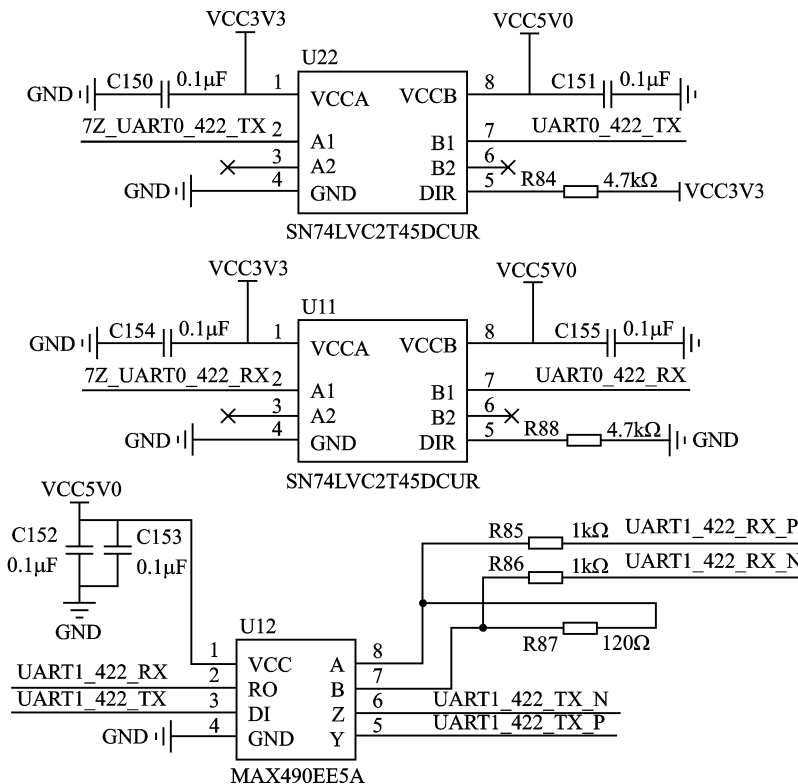


图 3 UART 转 RS-422 原理图

收芯片采用 SN65LVDS32D,输入信号来自 LVDS 接口信号,将输入信号转换为 UART 串口信号后发送至 ZYNQ 的 EMIO 接口。

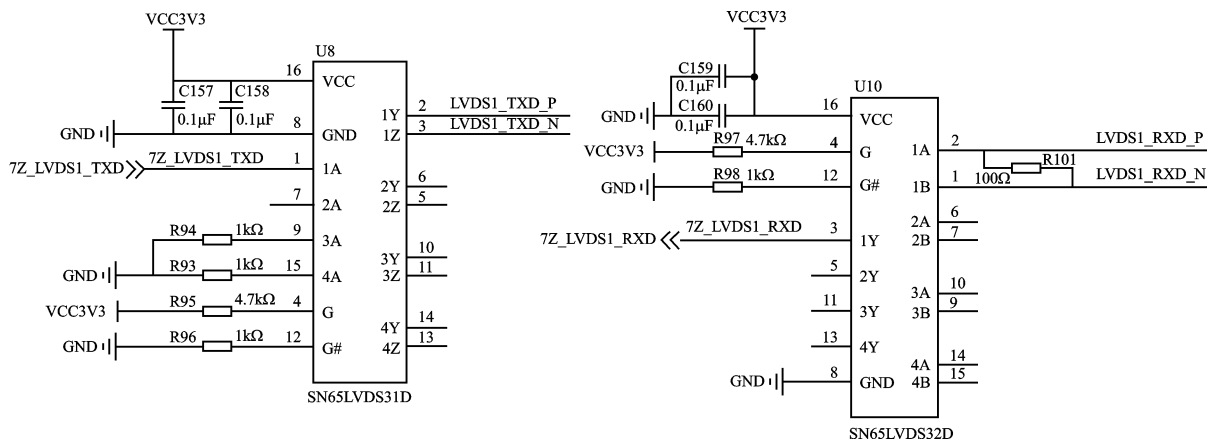


图 4 UART 转 LVDS 原理图

3 软件设计

软件部分的主要功能是完成系统的初始化(包括硬件平台初始化、网络相关初始化和 UART 串口初始化),然后利用基于 LwIP TCP 协议的网口回调函数和串口中断标志函数建立网口-串口数据转换应用进程。

3.1 任意波特率设置

波特率生成器的作用是为串口的接收和发送提供波

特率时钟,其流程图如图 5 所示。

波特率生成器首先判断所设置的波特率是否超过阈值(系统时钟的一半),再通过模式寄存器的值决定波特率生成器的输入时钟等于系统时钟还是系统时钟除以 8,然后计算出 BDIV 分频系数在 4~254 之间的 CD 分频系数和对应两个分频系数的实际波特率。

CD 分频系数表达式如下:

$$CD = \frac{\text{InputClk}}{\text{BaudRate} * (\text{BDIV} + 1)}$$

实际波特率表达式如下：

$$\text{CalcBaudRate} = \frac{\text{InputClk}}{\text{CD} * (\text{BDIV} + 1)}$$

式中, InputClk 为波特率生成器的输入时钟, BaudRate 为设置生成的波特率。

通过计算所设波特率和实际波特率的差值来确定错误率, 并找出在分频系数 4~254 之间满足最小波特率误差的 CD 值, 最后若最小波特率误差小于允许的最大错误率, 则将 BDIV 分频系数和 CD 分频系数的值写入相应寄存器, 生成对应的波特率, 否则生成波特率失败。表 1 列出了几种输入时钟、波特率、时钟因子(CD 和 BDIV)和错误率之间的关系。

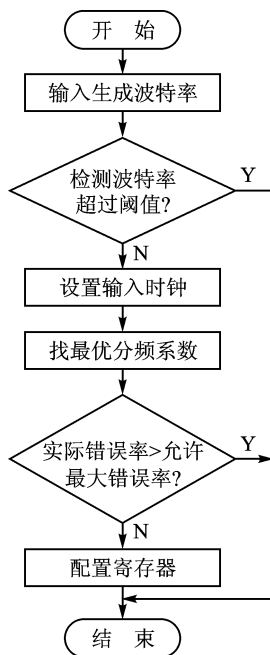


图5 波特率生成器流程图

表1 波特率生成器参数实例

InputClk /MHz	BaudRate /bps	CD	BDIV	CalcBaudRate /bps	Error/%
100	9600	2083.333	4	9600.001	0.00001
100	115200	173.611	4	115200.073	0.00006
100	500000	40	4	500000	0
100	1000000	20	4	1000000	0
100	2000000	10	4	2000000	0

3.2 网口-串口数据透传程序设计

网口与串口数据透传设备的核心功能是将以太网 TCP 数据转换成 RS-422/LVDS 电平数据, 或者将 RS-422/LVDS 电平数据转换成以太网 TCP 数据。TCP 数据转换 RS-422/LVDS 电平数据在主程序 TCP 服务的回调函数中实现, 而 RS-422/LVDS 电平数据转换成 TCP 数据是在主程序的 while 循环中实现。

以太网给 RS-422/LVDS 发送数据的流程图如图 6 所示。在 TCP 服务中不断侦听 PCB 的连接, 若侦听到, 则调用回调函数将接收的数据放到缓冲区中, 然后根据缓冲区中的数据判断是给 RS-422 发送还是给 LVDS 发送。若是给 RS-422 发送, 则将数据通过 ZYNQ 的 UART0 通道发出; 若是给 LVDS 发送, 则将数据通过 ZYNQ 的 UART1 通道发出。

RS-422/LVDS 给以太网发送数据的流程图如图 7 所示。在主程序 while 循环中, 检查 UART0 和 UART1 通道的中断标志 XUARTPS_SR_RXOVR, 若检测到

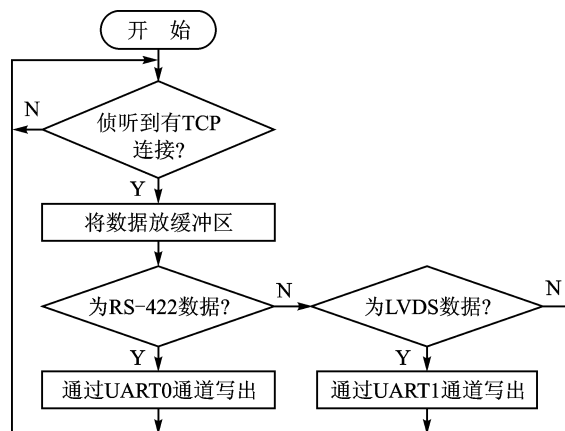


图6 以太网给 RS-422/LVDS 发送数据流程图

UART0/UART1 通道状态的标志位置 1, 则立即将 UART0/UART1 缓冲区中的数据通过 TCP 发送函数 tcp_write 和 tcp_output 发送出去, 完成网口与 RS-422/LVDS 的数据共享。

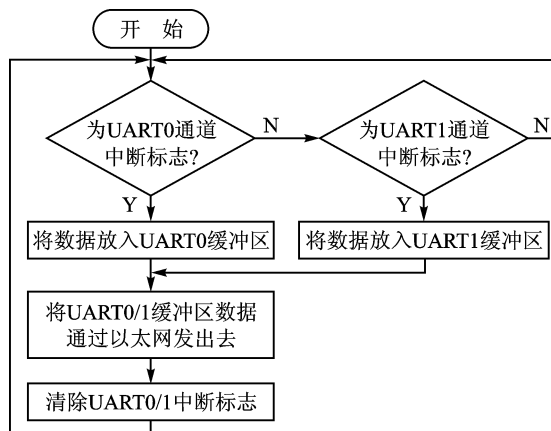


图7 RS-422/LVDS 给以太网发送数据流程图

4 实验测试与分析

为了便于对该数据透传设备进行测试, 将测试阶段分为调试验证和性能测试。调试验证是测试数据透传设备是否能够正常收发数据; 性能测试则是测试数据透传设备在实际工作中的可靠性和有效性。

4.1 调试验证

调试模式是用来验证该数据透传设备收发功能是否正常, 为了便于观察数据的透传, 将串口接收数据显示到 PC 端的串口助手上, 网络发送数据中第 8 位是串口设备号, COM24 端口为 LVDS, COM23 端口为 RS-422, 网口分别与 RS-422 和 LVDS 串口相互透传 ff 49 96 02 d2 00 0e 30 31 f2 00 00 00 00 51 00 00 aa, ff 49 96 02 d2 00 0e 31 31 f2 00 00 00 00 51 00 00 aa, 数据透传调试图如图 8 所示。由图可知,

双方均可正常接收到对方的数据,且与发送数据保持一致,由此验证了透传设备在调试模式下可正常工作。



图8 网口与RS-422和LVDS数据透传调试图

4.2 性能测试

在实际情况下,PC机与某地检设备的通信机制是PC机给地检设备发送一包数据后,当地检设备接收到PC机所发送的数据时,需要返回一个响应信号,PC机才会发送下一包网络数据。为了测试方便,在地检设备中做循环处理,利用网络助手发送数据到数据透传设备,再经过RS-422/LVDS串口发送给地检设备,然后地检设备将接收的数据原封不动地发送给数据透传设备,最后再返回到网络助手。通过比较网口发送字节和网口接收字节来判断设备的数据透传性能,图9为网口与RS-422和LVDS数据透传测试图,测试环境均在串口波特率为2 Mb/s、每包数据220字节的情况下,分别透传10 780包和11 000包数据,对比可知,发送和接收数据包没有出现丢包和误码的情况。



图9 网口与RS-422和LVDS数据透传测试图

- 77
- [4] 陈卓,杨爱良,王骥.基于PLB总线的多通道SGDMA设计[J].航空电子技术,2009,40(1):4.
- [5] 薛巨峰,黄爱娟.基于PCIe总线的多路复用DMA高速传输系统的设计[J].电子技术,2015,44(5):87-91.
- [6] 金志成.高带宽存储器的模型建立与优先级调度研究[D].成都:电子科技大学,2020.
- [7] 王佳萌.基于UVM的直接存储器读写控制器的验证平台设计[D].西安:西安电子科技大学,2020.

5 结 语

该数据透传设备已经实际应用于上位机对某地检设备的数据加载,经实际应用证明,该数据透传设备的RS-422串口和LVDS串口在2 Mb/s以内任意速率下的数据透传功能具有较高的稳定性,并且该透传设备不仅适用于某地检设备,还适用于所有支持RS-422和LVDS接口的串口设备,为网口数据与串口数据的透传提供了一种解决方案。

参考文献

- [1] 邹传智.基于多串口转以太网的数据采集及分析系统设计[D].上海:东华大学,2017.
- [2] 王庆贺,吴超,唐顺晨,等.基于DSP的以太网-RS422通信转换器的设计与实现[J].电子质量,2020(1):26-29,35.
- [3] 胥泽飞.基于Zynq的智能相机硬件设计[D].南京:南京邮电大学,2018.
- [4] 李金科,秦涛,吴爱平.基于ZYNQ的可配置高速数据传输系统设计[J].信息技术,2023,47(1):1-8.
- [5] 陈晓锦,刘跃成,刘慧芳,等.高波特率网口与串口的转换模块设计[J].单片机与嵌入式系统应用,2022,22(8):75-78,82.
- [6] 赖川,邓蕾,张显.基于STM32F407的FPGA动态加载设计[J].通信技术,2022,55(3):386-393.
- [7] Xilinx Corporation. Zynq-7000 SoC Technical Reference Manual (UG585),2018.
- [8] 李建翔,王洪凯,杨玉华,等.基于RS422+LVDS高速长线通信的设计与实现[J].仪表技术与传感器,2021(3):40-44,96.
- [9] 江耘宇.一种组合导航计算硬件平台的设计与实现[D].重庆:重庆大学,2019.
- [10] 李健一,闫强,李晓蕊.支持数据缓存的LVDS-以太网转接板设计[J].电脑编程技巧与维护,2023(1):82-84.

许向阳(副教授),主要研究方向为电子信息;张宇(硕士研究生),主要研究方向为信息处理;毕胜(硕士研究生),主要研究方向为强化学习;王晓君(教授),主要研究方向为智能信息处理。通信作者:张宇,1123339765@qq.com。

(责任编辑:薛士然 收稿日期:2023-04-27)

- [8] 郭志强.基于AMBA总线协议的可编程DMA控制器的设计与实现[D].长沙:湖南大学,2020.

朱亚琦,主要研究方向为数字电路设计与片上系统、硬件电路设计;侯晓娟(副教授),主要研究方向为能量收集和功能材料。通信作者:侯晓娟,houxiaojuan@nuc.edu.cn。

(责任编辑:薛士然 收稿日期:2023-04-21)