

USB 信号的远距离光传输设计

郭 军, 郭文龙, 任 喆

(中国电子科技集团公司 第三十四研究所, 广西 桂林, 541004)

摘要:为解决通用串行总线(USB)信号的传输距离受限问题,提出了一种用光纤来代替电缆传输的 USB 信号延长方案。该方案将 USB 信号转换为千兆以太网光信号来实现信号的远距离传输。同时在用户端电路加入 USB 接口扩展设计,将单路用户接口扩展为多路,可满足多个 USB 设备同时接入的要求。

关键词:通用串行总线; 光纤传输; 千兆以太网; 接口扩展

中图分类号: TN911.72 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-5561(2018)04-0018-03

DOI: 10.13921/j.cnki.issn1002-5561.2018.04.005

Design of long distance optical transmission for USB signals

GUO Jun, GUO Wenlong, REN Zhe

(The 34th Research Institute of CETC, Guilin Guangxi 541004, China)

Abstract: In order to solve the problem that the transmission distance of universal serial bus (USB) signal is limited, the USB signal transmission scheme in which the optical fiber transmission takes the place of the cable transmission is proposed. The USB signal is transformed to gigabit ethernet optical signal to achieve long distance transmission of the signal in the scheme. At the same time, the USB interface expansion design is added to the client circuit and the single user interface is extended to multiple, the requirements that multiple USB devices insert at the same time can be satisfied.

Key words: universal serial bus; optical fiber transmission; gigabit ethernet; extended interface

0 引言

随着计算机技术和数字技术的迅猛发展,通用串行总线(USB)接口因其具有灵活方便、应用范围广泛、支持热插拔和信号传输稳定等优点,已成为现今计算机必备的通信接口。传统的 USB 信号通过电缆传输,对传输距离有较大的限制,最长传输距离不超过几十米。在越来越多的应用场合,需要将 USB 信号延长到几百米甚至几千米来使用。因此,远距离 USB 信号传输系统的开发具有重要意义。

本文针对 USB 信号的远距离传输需求,提出一种利用光纤通信技术代替传统电缆传输方式的设计方案,从而大大延长 USB 信号的传输距离。

1 USB 信号的远距离光传输系统总体构架

系统的总体构架框图如图 1 所示。整个系统分为发射端和接收端两部分。发射端通过 USB 电缆与 PC 主机连接,接收端作为终端接口,提供 4 个 USB 用户接口。发射端和接收端之间通过单模光缆连接。PC 主

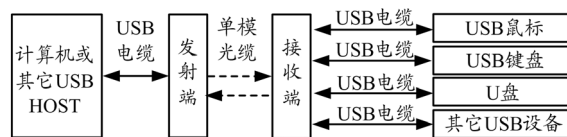


图 1 USB 信号的远距离光传输系统总体构架

机可以实现对终端设备的透明访问,终端接口允许设备热插拔并能自动识别插入设备类型。

2 系统功能单元的划分和设计

本文按照系统的功能和信号传输要求,将设备划分为多个功能单元进行设计。包括 USB 信号处理单元、千兆以太网信号处理单元、光电转换单元、USB 接口扩展单元以及电源供电单元。其中,USB 信号处理单元、千兆以太网信号处理单元、光电转换单元和电源供电单元在发射端和接收端可以通用,而 USB 接口扩展单元只在接收端存在。各功能单元系统框图如图 2 所示。

2.1 USB 信号处理单元设计

USB 信号处理单元主要完成的功能是将 USB 信号转换为 RGMII 接口信号。采用江苏沁恒公司的

收稿日期:2017-08-09。

作者简介:郭军(1982-),男,工程师,从事光通信技术方面的工作。

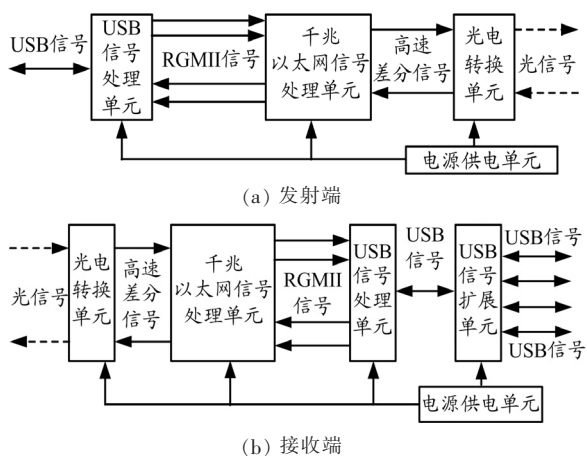


图2 系统功能单元框图

CH317 芯片, 外加少量外围电路即可实现所需功能。CH317 作为一款 USB 延长器控制芯片, 支持高速、全速和低速 USB 传输; 支持 USB 扩展; 不需要额外安装软件; 兼容所有操作系统; 支持热插拔、即插即用。CH317 芯片原理框图如图 3 所示。

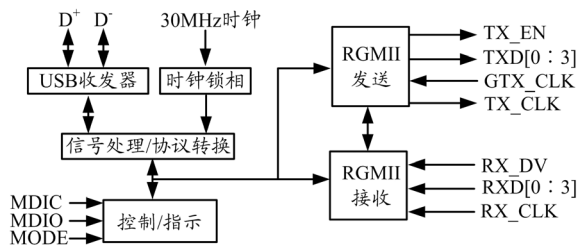


图3 CH317 芯片原理框图

我们在进行设计时, 应注意将发射端 CH317 芯片 USB 接口设置为上位机模式, 接收端设置为下位机模式。具体实现方式为: 芯片 38 号管脚(MOD0)接地时, USB 接口工作在下位机模式; 悬空时, 工作在上位机模式。

2.2 千兆以太网信号处理单元

千兆以太网信号处理单元主要是采用 MARVELL 公司的 88E1111 芯片作为主芯片, 将 RGMII 信号转换为适合光传输的高速串行数据。88E1111 芯片应用示意框图如图 4 所示。

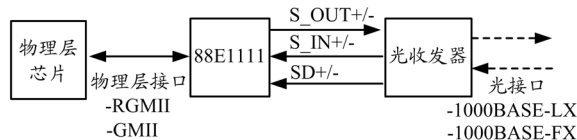
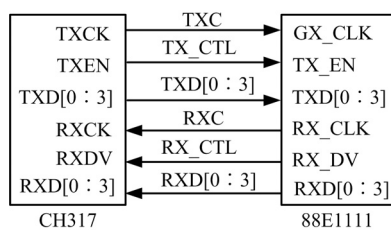


图4 88E1111 芯片应用示意图

88E1111 芯片工作在 RGMII 信号转换为光纤信号模式下。信号接口可以与 CH317 芯片的对应接口直接相连, 连接示意如图 5 所示。

图 5 中, TXC 和 RXC 分别为发送时钟和接收时钟, 在其上升沿和下降沿均可传输数据。TX_CTL 和 RX_CTL



分别为发送和接收控制信号。TXD[0:3]和 RXD[0:3]分别为发送数据和接收数据。

为保证 88E1111 芯片正常工作, 需要对芯片寄存器进行相应的配置来设定相应的工作模式。88E1111 芯片支持软件配置和硬件配置两种方式。本次设计采用硬件配置方式, 通过芯片的 CONFIG 管脚与 LED 管脚进行相应的连接来实现。针对设计要求并参照芯片资料, 关键配置如下: HWCFG MODE[3:0]管脚配置为“0011”, 表示芯片工作在 RGMII 接口到光纤接口转换模式; ANEG [3:2]管脚配置为“10”, 表示强制光纤接口工作在全双工模式。其配置连接示意图如图 6 所示。

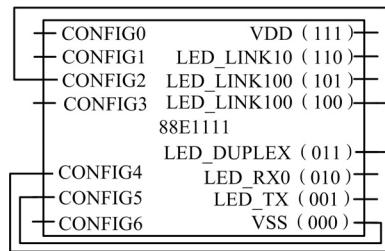


图6 88E1111 芯片硬件配置连接示意图

2.3 光电转换单元

光电转换单元

主要完成高速差分信号与光信号之间的互相转换。由于传输信号为 1000Mb/s 的以太网信号, 因此选择 1.25Gb/s 速率的光收发模块。该类型的光收发模块属于标准封装器件, 一般有 SFF 或 SFP 两种封装形式, 设计者可以根据自己的设计要求选择适合封装的产品。

本单元设计的重点是两种信号电平的转换和差分信号的布线。88E1111 芯片输出的信号电平为 CML 电平, 而光收发模块的信号电平为 PECL 或 LVPECL 电平, 两种信号之间存在一定的电平差异。因此, 在进行互连时, 需要对信号进行相应的匹配耦合, 其信号互连方式如图 7 所示。

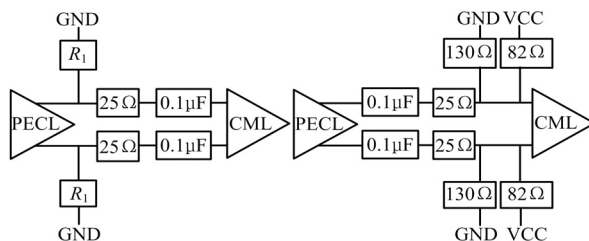


图7 PECL 电平与 CML 电平相互连接方式

图 7 中,两种电平之间采用交流耦合方式,线路中间串接一个 $0.1\mu\text{F}$ 的隔直耦合电容。当芯片工作电压为 3.3V 时, R_1 的阻值可在 $130\sim 200\Omega$ 范围内选取。由于 PECL 电平的摆幅大于 CML 电平,因此在线路上串接一个阻值为 25Ω 左右的电阻,将 PECL 电平的电压摆幅减小为原来的 70%。另外,在进行电路板设计时,该信号的布线需遵守高速差分信号布线规则,两根信号线尽量短且平行,并注意阻抗匹配。

2.4 USB 接口扩展单元设计

本文采用 GL850A 芯片作为 USB 接口扩展单元的主芯片来实现 USB 接口的扩展。GL850A 芯片是一款集线器芯片,适用于低功耗、体积小和高性能的应用场合,同时提供 USB 端口扩展。GL850A 芯片内部原理如图 8 所示。

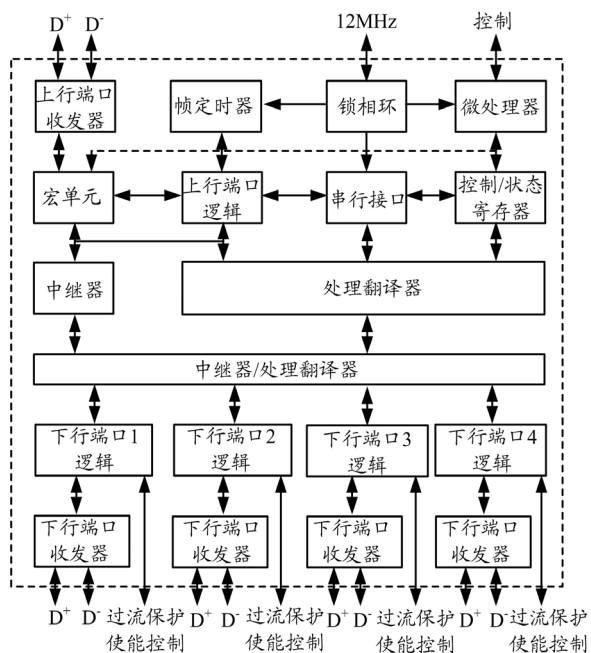


图 8 GL850A 芯片原理框图

GL850A 芯片具有独立工作和协同工作两种工作模式,供电方式也有两种模式可以选择,分别为总线供电方式和独立供电方式。在实际设计中,芯片配置为独立工作和总线供电模式。主要的芯片管脚配置连接如下:

◇PSELF,该管脚用于配置芯片供电模式。外接大于 $100\text{k}\Omega$ 的下拉电阻,使芯片工作在总线供电模式。

◇PGANG,该管脚用于选择芯片工作模式。外接大于 $100\text{k}\Omega$ 的上拉电阻,使芯片工作在独立模式。

◇XTAL1 和 XTAL2,参考时钟输入管脚。外接 12MHz 晶体振荡器,通过锁相环(PLL)为芯片提供稳定时钟。

2.5 电源供电单元设计

整个系统中,CH317 芯片需要提供的电压为 $\text{DC}3.3\text{V}$ 和 $\text{DC}1.8\text{V}$;88E1111 芯片需要提供的电压为 $\text{DC}2.5\text{V}$ 和 $\text{DC}1.0\text{V}$;GL850A 芯片和光收发模块需要提供的电压为 $\text{DC}3.3\text{V}$ 。综合这几种电源需求,采用外部输入 $\text{DC}5.0\text{V}$ 电压,在系统内部进行电压转换方式来解决电源供电问题。本次设计使用 REG1117 三端稳压芯片来实现电压的转换。设备电源电压转换示意图如图 9 所示。

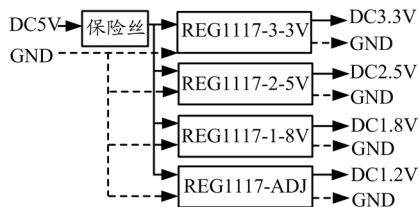


图 9 电压转换连接示意图

3 测试结果分析

按照上述设计方案制作的电路完成调试后,我们对其进行实际功能测试。近端机与远端机之间使用 5km 光缆连接,用户接口插入鼠标、键盘和 U 盘。移动鼠标、打开文件、编辑文档和 U 盘读写等操作均能正常进行。使用 Keyboard Test Utility 测试软件对键盘进行操作响应测试,每次键盘操作动作都能被测试软件识别。测试结果表明经过远距离光纤传输后的 USB 信号正常,满足使用要求。

4 结束语

本文设计一款远距离光传输系统,本系统采用将 USB 技术与光纤传输技术相结合的设计方式,实现了 USB 信号的远距离传输,解决了传统 USB 电缆传输距离受限的问题。同时,设计中采用的光纤传输方式具有抗干扰、防电磁辐射和保密性好等特点,使得该系统既可作为普通产品应用于民用领域,也可作为特种设备应用于某些使用环境复杂的特定领域,具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 张宏. USB 接口设计[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2002.
- [2] 戴捷,胡晓吉. 基于光传输的 USB 键盘鼠标一体化设计[J]. 计算机工程与设计 2012,33(7):2620-2627.
- [3] 黄丽,刘雪. 通过光纤传输 USB 信号的电路设计及应用[J]. 电子技术应用,2006(2):143-144.
- [4] 孟翔鹭,李新碗,卢加林,等. 远程 USB 光纤传输系统远端设备工作性能分析[J]. 光通信技术,2005,29(12):54-55.
- [5] 赵增辉,刘中友,彭圻平. 高速差分信号的互连设计[J]. 无线电通信技术,2010,36(1):50-53.