

# Base 型 Camera Link 高速视频的光纤传输系统设计

## The High-speed Base Camera Link video signals Fiber Transmission System Design

(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所) 张 岳 吴元昊 阴玉梅

ZHANG Yue WU Yuan-hao YIN Yu-mei

**摘要:**针对大型望远镜需要对标准 Camera Link 接口相机进行远距离视频传输和控制的具体要求,提出了基于 FPGA 的 Base 型 Camera Link 高速视频光纤传输系统设计方案。设计主要包括 Camera Link 信号转 TTL、FPGA 控制、高速并/串转换、光纤收发等部分。以此方案设计出的系统,分别在视频信号为 1280x1024 像素、30 帧频,数据 10 位和 256x256 像素、420 帧频,数据 10 位条件下传输成功,经实验证明实现了 Camera Link 接口相机的远程控制及图像传输。

**关键词:** FPGA; TLK2711; Camera Link; 光纤通讯

**中图分类号:** TP212;TP934.5 **文献标识码:** A

**Abstract:** In large astronomical telescope system, there are need to remotely transmit digital signals from the standard Camera Link Camera to the control computer. For that, the paper carries out a high speed video signal fiber transmitting system based on FPGA. The system design mainly includes the standard Camera Link transforming the parallel TTL signals, the high speed transition between parallel signals and serial signals and fiber optical send/ receive. The system that based the scheme realize the correct transmission of the high standard Camera Link signals, pass by the experiment in 1280 x 1024,30 fps,10bit monochrome and 256x256,420fps, 10bit monochrome.

**Key words:** FPGA; TLK2711; Camera Link; Fiber Transmission

### 前言

在用于天文观测的大型望远镜系统中,多用高精度相机进行图像采集,然后由计算机完成对信息的处理。一般高精度的相机数据输出为 Camera Link 标准接口。其传输距离仅仅 10m,但由于天文观测一般要求中远距离控制,望远镜设备与负责处理的主控计算机距离较远。Camera Link 的传输距离显然无法适应大型望远镜系统的需要。本文提出一种把 Camera Link 数据转换为高速串行信号并通过光纤传输的方案,实现望远镜图像数据远距离传输给主控计算机。光纤传输具有频带宽传输容量大、损耗小、传输距离远、抗电磁干扰性好、保密性好等一系列明显的优点。设计采用光纤作为传输 Camera Link 数据信息的媒介,提高了信息传输的距离,改善远距离信息传输的质量。

## 1 Camera Link 信号标准简介

Camera Link 是一种基于视频应用发展而来的通讯接口标准。由 National Semiconductor 公司基于 Channel Link 技术发展而来。实际上 Camera Link 是若干高速串行 LVDS 信号的集合。使用专用的并转串行 LVDS 驱动器和串行 LVDS 转并接收器传输数据。Camera Link 标准中规定四种相机信号:相机控制信(见表 1)号;视频数据(见表 2);电源;串行通信信号。

表 1 控制信号 Control Signals

信号名称缩写	定义
Camera Control1/CC1	EXSYNC (外部同步信号)下降沿出发开始读取数据
Camera Control2/CC2	PRIN (像素重置)低电平有效
Camera Control3/CC3	FORWARD 高电平有效,低电平翻转
Camera Control4/CC4	保留

表 2 视频数据 Video Datas

信号名称缩写	定义
Frame Valid/FVAL	帧有效时为高电平。在行扫描相机中接高电平
Line Valid/LVAL	行有效时为高电平
Data Valid/DVAL	高电平表示数据有效
Spare	保留
Port(A0-A7)...Port (H0-H7)	端口 A-H 是 8 位数据,共 8 组。

同时 Camera Link 具有 SerTFG(从相机串行输出到采集卡)和 SerTC(从采集卡串行输出至相机)一对符合异步 RS-232 标准的串口。Camera Link 同时定义了硬件端口,分为三类:Base、Medium、Full,其配置如表 3。

表 3 硬件接口 Hard Interface

配置	端口	有效数据位数	芯片数	连接器数
Base	A,B,C	24	1	1
Medium	A,B,C,D,E,F	48	2	2
Full	A,B,C,D,E,F,G,H	64	3	3

电源一般用单独的连接提供。Camera Link 标准允许相机制造商自定义电源连接器和相机的工作电流、电压。

## 2 光纤数据收发

Camera Link 数据通过专用芯片后转换为并行 TTL 数据。而并行 TTL 信号与光纤用串行数据之间是通过高速串行收发器来转换的。我们所采用的 TLK2711 是 TI 公司推出的 G 比特级串行收发器,其同时具有串化/解串功能,并行数据宽度 16 位,参考时钟在 85MHz~135MHz 内,提供 1.6Gbps 到 2.7Gbps 的串行速率,最大带宽可达到 2.16Gbps,适用于双向点对点数据传输系统。

TLK2711 内部集成并/串和串并转换单元、时钟合成/恢复

张 岳: 副研究员 博士

单元、自动 8B/10B 编码/解码单元、自动 Comma 检测单元等。同时 TLK2771 提供自测试功能,当自测功能开启时串行后数据直接连接到本芯片的解串部分,另外还提供随机数列发生/验证单元和信号丢失检测电路,方便使用者调试。其内部原理图如图 1 所示。

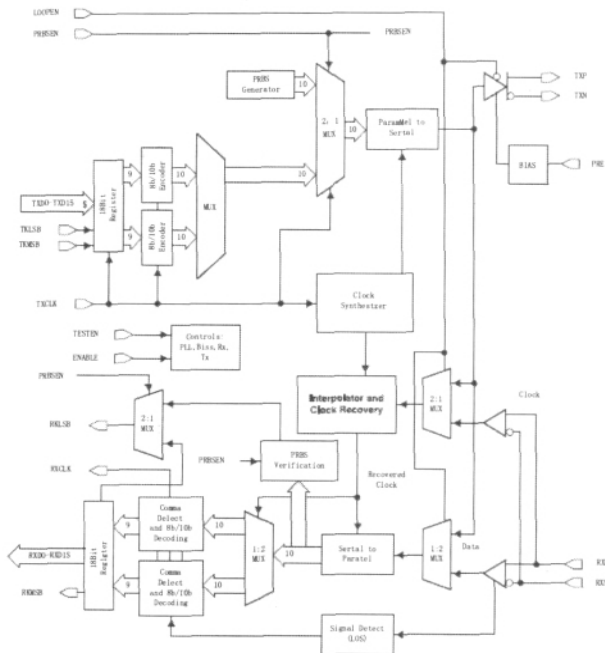


图 1 TLK2711 内部原理图

Fig.1 Block diagram of TLK2711

### 3 系统组成

Camera Link 标准是双向传输,一方面控制信号和 RS-232 信号由主控计算机发出来控制相机。另一方面控制信号后进入相机后,相机接收命令,发送视频数据传递给主控计算机。所设计的光纤传输系统中视频数据由相机经转换部分传输到主控计算机。同时要求 RS-232 串行信号和主控计算机发出的控制信号传输到相机。一般相机的设置命令为标准 RS-232 串行信号,通常在 Camera Link 内部串行信号 SerTFG 和 SerTC 外还留一个 RS-232 接口起到和 Camera Link 内部串行通讯信号相同效果。

系统包括: Camera Link 转并行 TTL 模块;FPGA 控制模块,并行 TTL 信号与串行信号转换模块;光纤收发模块等部分。由于本次所用 Micro Vista 相机没用到 Camera Link 定义的 CC1-CC4 控制信号和内部的串行信号 SerTFG 和 SerTC,实际系统为从相机到主控计算机的 Camera Link 视频数据传送和主控计算机 RS-232 端口到相机的串行控制命令传输,如图 2 所示。

首先设计符合 Camera Link 标准的高速串行 LVDS 信号和 TTL 的互换。如图 3 所示 Camera Link 标准推荐视频数据的串行 LVDS 驱动传输由 National Semiconductor 公司制造的 28 位 Channel Link 芯片组来完成,目前速度最快的是 DS90CR287/DS90CR288A 芯片组,支持 85MHz 并行数据。Base 型 Camera Link 标准信号需要 1 对芯片组;相应的 Medium 型需要 2 对芯片组;Full 型需要 3 对芯片组(见表格 3)。另外如果设计需要使用控制信号和 RS-232 串口 SerTFG、SerTC,推荐使用 National Semiconductor 公司的 DS90LV047/DS90LV048 和 DS90LV017/

DS90LV018LVDS 驱动器/接收器芯片组,来实现 TTL 信号和 LVDS 信号的转换。

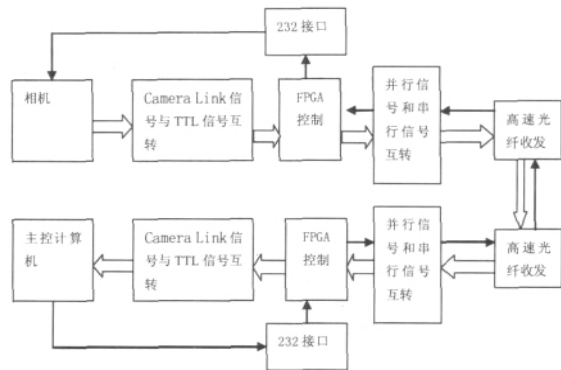


图 2 系统组成

Fig.2 Block diagram of system

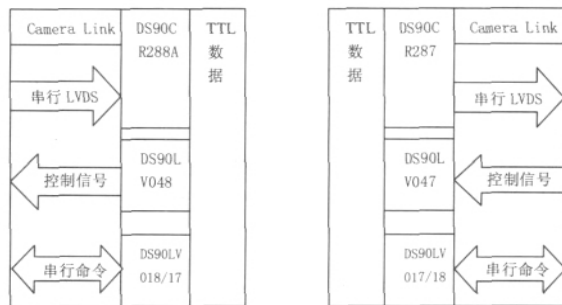


图 3 Camera Link 接口设计

Fig.3 Camera Link interface design

我们所使用的相机为 Base 型视频,选用一对 DS90CR287/DS90CR288A 芯片组。高速串行 LVDS 和 TTL 信号互换中包括视频数据、行场同步信号、采样时钟。DS90CR288 输出 TTL 时钟,在此时钟上升沿可以采集数据。所用相机提供的时钟频率为 44MHz,图像位数为 10 位。44MHz 时钟作为 FPGA 外部时钟源,在上升沿采集 10 位视频数据到 FPGA 内部开辟的双端读写缓存区。同时经过 FPGA 内的 DCM 倍频 44MHz 时钟到 88MHz,作为 TLK2711 的并/串转换的基准时钟。

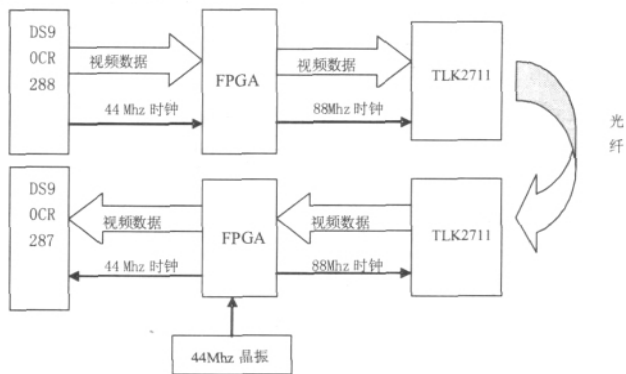


图 4 系统时钟

Fig.4 System Clock

芯片 TLK2711 负责 TTL 并行数据和高速串行之间的互相转换。FPGA 为其提供在 85MHz 到 135MHz 内的时钟,为保证数据正确读写避免竞争冒险,输出给 TLK2711 的数据时钟应该和输入的 TTL 时钟同源。我们把通过 DS90CR288A 得到 44MHz 的时钟倍频 88MHz 后作为串行时钟。在此时钟内对并行数据串行

合成。解串时同样要求一个频率为 88MHz 的时钟作为参考连同输入串行数据恢复数据时钟;同时通过 DS90CR287 把 TTL 数据合成 Camera Link 数据时,由于行/场同步信号和视频数据读取频率间的时间关系一定,必须提供给 DS90CR287 频率为 44MHz 的时钟才能完全恢复原相机输出的 Camera Link 信号,并且这两个时钟也要求同源。由于上述原因必须选择 44MHz 的外部晶振作为时钟,满足信号时序要求。如图 4 所示。

#### 4 硬件设计、调试与实验

由于系统涉及高速信号,如 TLK2711 输入端的高速并行信号(80MHz—135MHz)和输出端的高速串行差分信号(1.6Gbps—2.7Gbps),在硬件设计时需要考虑信号的完整性问题。注意差分对等长设计和阻抗匹配。同时考虑并行 TTL 信号等长和相互间的串扰。TLK2711 可视作数字/模拟混合芯片,注意数字信号和模拟信号之间的隔离。差分信号对电源波动敏感,采用 LC 电源滤波、完整地平面设计和加入旁路电容等改善供电质量。

在调试时要特别注意差分电平稳定:接收端差分信号电压之差不能小于 200mv;之和的平均电压不能小于 1000mv 或大于 2250mv。发送端电压之和的平均值不能小于 1000mv 或大于 1400mv。串化是在一个并行时钟内(88MHz)对数据进行 20 倍频,要求时钟的‘品质’要好,否则会影响传输数据的质量甚至造成数据异常。由于发送端所用的时钟是从 Camera Link 信号中恢复而来,应尽量缩短 Camera Link 电缆长度,减少 PCB 路径,并对时钟信号包地等措施重点保护输入时钟信号的质量。



图 5 30 帧 1280x1024 视频

Fig.5 30fps 1280x1024 video signals



图 6 30 帧 1280x1024 视频 经过光纤系统

Fig.6 420fps 30fps 1280x1024 video signals pass by Transmission System

采用 INTEVAC 公司的一款 CMOS 相机 Micro Vista,输出标准 Camera Link 视频信号。数据 10 位 1280x1024 像素、30 帧频视频信号。通过 Micro Vista 控制软件输出 RS-232 串行信号设

置相机。系统采用 Avago 公司的 57R5APZ 波长为 850nm 的多模光纤收发器,多模光纤传送长度为 100 米。控制信号和 Camera Link 内部的串行控制命令本实验没有应用。主控计算机内用 NI 公司的 1428 采集卡接收 Camera Link 视频。建立连接后在主机计算机得到完整的图像信息,通过远距离传输系统图像采集正确,图像流畅,没有异常死机的情况出现。图 5、图 6 分别为 30 直接采集的图像和通过光纤传输系统采集的图像。

在实验条件等同下,通过对未经过光纤传输的图像和传输后图像进行峰值信噪测试。其峰值信噪比为 41.8154dB,考虑到图像并非同一时刻采集,系统存在随机噪声和环境光线变化的原因,传输信噪比已经达到较高的水平。

#### 5 小结

应用于大型望远镜观测的高速视频光纤传输系统,把 Camera Link 信号转换为高速串行信号,并通过光纤传送,实现了 Base 型 Camera Link 标准信号的远距离传输。目前已完成样机并实验成功。下一步将继续致力于解决噪声干扰,提高传输信息的稳定性。

#### 参考文献

- [1]Specifications of the Camera Link[S].
- [2]Texas Instruments. TLK2711 1.6 to 2.7Gbps transceiver Datasheet [EB].
- [3]Micro Vista User Manual Datasheet [EB].
- [4]DS90CR288A/DS90CR287 Datasheet [EB].
- [5]魏明 基于 Camera Link 接口的 CMOS 数字相机技术研究[D] 长春理工大学硕士论文,2005
- [6]吴舒辞,陈等.基于 FPGA 和 DSP 的光纤信号实时处理系统[J]. 微计算机信息.2009,1-2:p203-204

作者简介:张 岳(1979—至今),男(汉),吉林省长春市人,副研究员,博士,主要研究高速处理及运动控制。

**Biography:** ZHANG Yue (1979—now), man, JILIN, associate professor, Doctor, Research high-speed process.

(130033 吉林长春 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所光电探测室) 张 岳 吴元昊 阴玉梅

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun, Jilin 130033, China)

ZHANG Yue WU Yuan-hao YIN Yu-mei

通讯地址:(130033 吉林长春 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所光电探测室) 张 岳

(收稿日期:2010.05.17)(修稿日期:2010.08.17)

#### (上接第 43 页)

**Biography:**DENG Yu (1983—),male ( Han nationality) , Jiangxi Province, tutor of Key laboratory, Wuhan Radar Academy, master, major in radar signal processing.

(430019 湖北 武汉空军雷达学院重点实验室) 邓 钰 陈 辉

(250002 山东济南 94402 部队) 何雅晶

(301716 天津 93534 部队) 王 婧

(Key laboratory, Wuhan Radar Academy, Wuhan 430019, China) DENG Yu CHEN Hui

(The 94402th unit of PLA, Jinan 250002, China) HE Ya-jing

(The 93534th unit of PLA, Tianjin 301716, China) WANG Jing

通讯地址:(430019 湖北 武汉空军雷达学院重点实验室) 邓 钰

(收稿日期:2010.03.31)(修稿日期:2010.06.30)