

## 无压缩多路数字视频光纤传输系统的研制

王 华 汶德胜 李相国 郑培云 李 涛 张 颖

(中科院西安光学精密机械研究所, 西安 710068)

**摘 要** 提出了一种无压缩多路数字视频光纤传输系统, 该系统基于时分复用技术采用比特串行数字视频传输方式实现在一根光纤中传输多路视频信号. 介绍了系统设计思想、关键技术及高速数据接口设计, 并通过实验证明该系统工作稳定、实时传输效果好、是远程视频监控系统及安防系统的实用方案.

**关键词** 数字视频; 光纤传输; 串行传输; TDM; 信道编码; PECL 电平

**中图分类号** TN911.72

**文献标识码** A

## 0 引言

随着光纤通信技术的发展, 视频光纤传输技术越来越广泛地被应用到交通、铁道、桥梁、电站、矿井、大楼等监视系统中. 因此研制高质量、低成本的视频光纤传输系统具有重要意义. 传统的模拟视频光纤传输技术已经比较成熟, 但是仍然存在很多缺点, 诸如信号失真严重、传输质量低、系统性能不稳定、多路视频信号同传时易产生镜像、交调干扰等<sup>[1]</sup>. 而数字视频光纤传输技术则可以很好的解决以上问题, 大大提高信号的传输质量, 增强系统稳定性. 目前, 基于各种压缩技术的数字视频传输方案已经存在, 但其系统复杂, 价格昂贵, 总体性价比不高. 本文介绍一种全数字、无压缩多路数字视频光纤传输系统, 最多可在一根光纤中同时传输 8 路视频信号, 且容易实现, 传输性能好, 总体性价比高.

## 1 系统设计与实现

## 1.1 原理与总体设计

无压缩数字视频光纤传输系统的原理是, 在发送端将多路模拟视频信号进行 A/D 变换后, 直接送入复用单元 (包括信道编码、并/串转换) 以 TDM (Time-division multiplexing) 时分复用技术进行复接, 复接后的高速串行码流经电/光转换模块转换为光信号通过光纤传输; 在接收端, 首先由光/电转换模块将光信号转换为串行电信号, 然后经解复用单元 (包括串/并转换、信道解码) 从串行信号分离出各路数字视频数据, 并经 D/A 变换器恢复为模拟视频信号输出<sup>[2]</sup>. 系统中数字视频信号没有经压缩即进行复接, 系统传输速率较高, 但由于光纤的带宽非常大, 所以高数据速率也并没有对传输通道提出过高要求, 而且该系统正是用高的数据速率来保证视频信号的传输质量和实时性.

对于 PAL 制带宽为 6 MHz 左右的视频信号, 系

统中以 13 MHz、10 bit 对其进行采样量化, 采用的复用器可接收 16 bit 的并行数据, 允许输入的并行数据频率范围为 7.5 ~ 75 MHz. 为了尽可能多的传输多路视频信号, 在 A/D 转换器后加一 10:2 合路器, 使每路 10 bit 的数字视频数据合并为 2 bit 以 65 MHz 的频率输出, 则复用器可接收 8 路 (16 bit 输入/每路 2 bit = 8 路) 数字视频信号; 对应的在接收端解复用器后加入 2:10 分路器, 将 2 bit 还原为 10 bit 数字信号再送到 D/A 器恢复为模拟视频信号, 实现多路视频信号在一根光纤中同时传输. 需要说明的是, 接收端要正确恢复多路视频数据, 必须在串行码流中确定 16 bit 并行数据 (一帧) 和每路 10 bit 数字视频字节的起始位, 因此发送端需为接收端提供帧同步信息和视频字节同步信息.

实现无压缩多路数字视频光纤传输系统框图如图 1 (a) 和 (b).

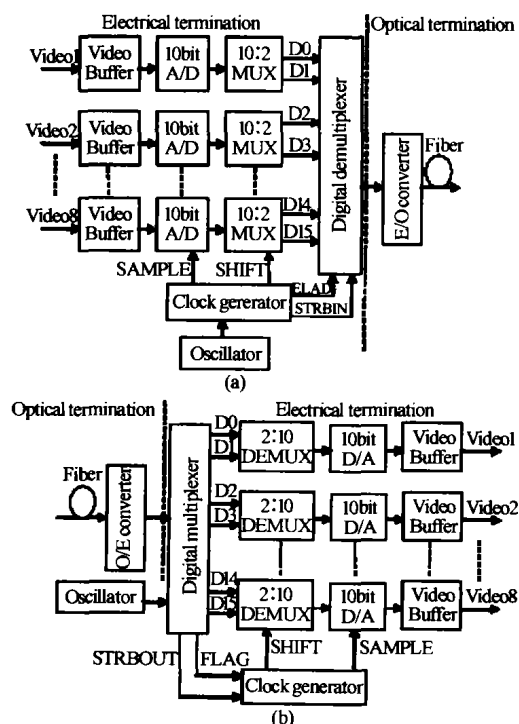


图 1 (a) 发射机原理框图, (b) 接收机原理框图  
Fig. 1 (a) Video transmitter block diagram, (b) Video receiver block diagram

1.2 关键技术

时分复用技术及同步环路的保持是系统设计的关键,其中系统中 10:2 合路/2:10 分路及复用/解复用器中并/串及串/并转换体现了时分复用的思想,而帧同步信息和视频字节同步信息的提供是系统发送端与接收端同步环路保持的基础,下面分别进行详细讨论.

1.2.1 10:2 合路及 2:10 分路

1) 10:2 合路

系统中 10:2 合路器是由一同步并行置数、串行输入、并行输出的移位寄存器实现,其示意图如图 2(a),移位时钟 SHIFT、控制时钟 LOAD 与发送端各时钟信号的时序关系如图 2(b). 图 2(a)和(b)均以右边时刻为事件先发生的时刻.

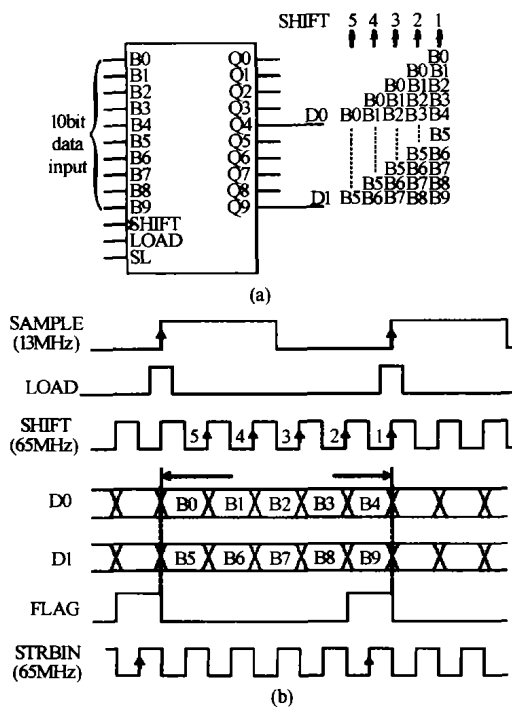


图 2 (a) 10:2 合路器示意图, (b) 移位时钟 SHIFT、控制时钟 LOAD 与发送端各时钟信号的时序关系图  
Fig. 2 (a) 10:2 MUX, (b) Timing diagram of clock signals for transmitter

由图 2(b), 在 A/D 采样时钟 SAMPLE 上升沿对各路模拟视频信号进行采样、量化时, 合路时钟 SHIFT 的第一个上升沿到来且合路控制时钟 LOAD 为高电平, 将每路 A/D 转换的 10 bit 数字视频数据并行置入各自的合路器, 此时寄存器的输出管脚 Q4、Q9 分别输出为 B4、B9; 而后 LOAD 为低电平, 合路器在移位时钟 SHIFT 的控制下向左(即 Q0 到 Q9 的方向)移位, 在第 2~5 个 SHIFT 上升沿到来时寄存器的输出位 Q4、Q9 分别输出为 B3、B2、B1、B0 和 B8、B7、B6、B5, 可见将移位寄存器的 Q4、Q9 管脚作为合路器的输出位, 经过 5 个 SHIFT 时钟周期即完成 10:2 的合路. 其中间状态及结果见图 2(a).

2) 2:10 分路

系统中 2:10 的分路模块由两个串入、并出的移位寄存器实现, 其示意图如图 3(a), 移位时钟 SHIFT、控制时钟 HOLD 与接收端其他时钟信号的时序关系如图 3(b). 图 3(a)和(b)也是以右边时刻为事件先发生的时刻.

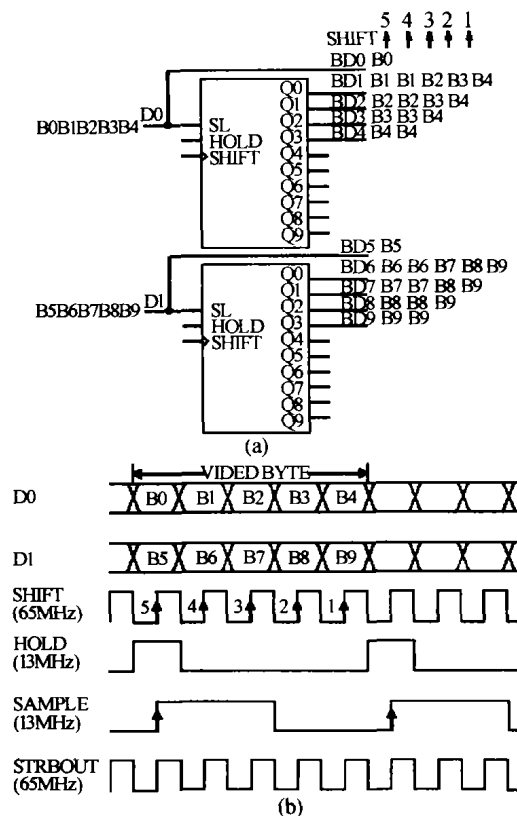


图 3 (a) 2:10 分路器示意图, (b) 移位时钟 SHIFT、控制时钟 HOLD 与接收端各时钟信号的时序关系图  
Fig. 3 (a) 2:10 DEMUX, (b) Timing diagram of clock signals for receiver

由图 3(a)和(b)看出, 在 SHIFT 的前四个时钟周期, HOLD 为低电平, 寄存器处于向左移位的状态, SL 输入的数据 B4~B1 及 B9~B6 依次移入寄存器, 并在并行端口左移输出; SHIFT 第五个时钟周期对应 HOLD 为高电平, 移位寄存器的输出不变, 而串行输入端分别为 B0、B5, 此时 D/A 恢复的采样时钟 SAMPLE 的上升沿到来, 恰能采到传输来的 10 bit 数字视频数据 B0~B9, 实现 2:10 分路. 图 3(b)中 STRBOUT 为解复用器恢复出的同步并行时钟, 设计中将其直接作为移位时钟 SHIFT.

由于每路视频信号的传输均需一个合路器和一个分路器, 若直接用移位寄存器专用芯片来完成, 则发送端和接收端需大量的移位寄存器芯片, 这将占据 PCB 的许多空间. 因此系统设计时合路器、分路器及时序处理部分均由 CPLD 实现. CPLD 具有可编程性及可重复擦写性, 不但可以节省 PCB 空间而且便于系统调试.

1.2.2 系统同步信息

### 1) 帧同步信息

帧同步信息的产生与采用的信道编码方式有关。目前用于数字光纤传输的信道编码方式有很多,如 4B/5B、8B/10B、CMI、CMT 等,本系统中采用 CIMT (Conditional-Invert Master Transition) 编码方式。CIMT 编码将每帧并行数据分为 D 域(Data-field) 和 C 域(Coding-field) 两部分进行编码。D 域为所要传输的数据,宽度为 16 bit。C 域附加在 D 域后,根据所输入的控制逻辑信息进行编码,宽度为 4 bit。无论输入什么样的逻辑信息,C 域中间的两位一定为一对互补码,“10”或“01”,这样每一帧就都产生了一个主电平跳变点,即 Master Transition<sup>[3]</sup>。此跳变点为接收端提供帧同步信息,通过搜索它能很好的确定串行码流中每帧的“起始”及“末尾”时刻。这样采用 CIMT 信道编码技术就无需象 4B/5B、8B/10B 编码方式周期性中断视频数据流而插入特殊的帧同步字(如:K28.5)来保持系统同步,从而保证了视频传输的实时性<sup>[4,5]</sup>。

### 2) 视频字节同步信息

视频字节同步信息通过设置视频字节标志位 FLAG 产生,FLAG 信号与数字视频数据的时序关系在图 2(b)中已有所示。在发送端,FLAG 由时钟处理器产生,并与数字视频数据同时送入复用器复用为高速串行码流进行传输;接收端,解复用器从串行码流中分解出该同步信号,将其做为 10 bit 视频字节的起始标志位,控制分路器的 HOLD 时钟,便于 10:2 分路的实现。系统中以 Agilent 公司的 G-LINK 系列芯片组做为复用/解复用器。该芯片组发送和接收芯片有一自检位,通过逻辑设置可作为第 17 个数据位。设计中将该自检位设置为数据位,用于视频字节同步信号的传输。

#### 1.2.3 并/串及串/并转换

##### 1) 并/串转换

系统中复用器首先利用内嵌锁相环锁定外部输入的并行时钟 STRBIN,并由内部时钟产生器对其进行倍频产生高速串行时钟,然后利用该串行时钟将 CIMT 编码器输出的 20 bit (16 bit + 4 bit) 码字及 FLAG 信号共 21 bit 并行数据复用为高速串行码流去驱动电/光转换器件,实现并到串的转变。串行数据的传输速率为 1.365 Gb/s ((17 + 4) bit/帧 × 65 帧/s = 1.365 Gb/s)。

##### 2) 串/并转换

解复用器以本地提供的与并行同步时钟同频的振荡时钟 OSC 为参考时钟,利用内嵌锁相环首先进行频率锁定,然后再通过搜索接收的高速串行数据中的 C 域主电平跳变点进行相位锁定。频率和相

位均锁定,系统同步环路建立,再正确地将串行数据恢复为并行数据,同时内部时钟发生器从串行数据中提取出帧同步时钟 STRBOUT。

### 1.3 高速串行数据接口设计

系统串行数据的传输速率达 1.365 Gb/s,为了提高视频数据传输的可靠性,设计中复用器与电/光转换器及光/电转换器与解复用器的连接均采用 PECL 电平差分交流耦合的连接方式,连接图如图 4(a)和(b),其中 R1、R2、R3 为直流偏置电阻,其阻值大小根据 PECL 电平的输入输出性能确定。

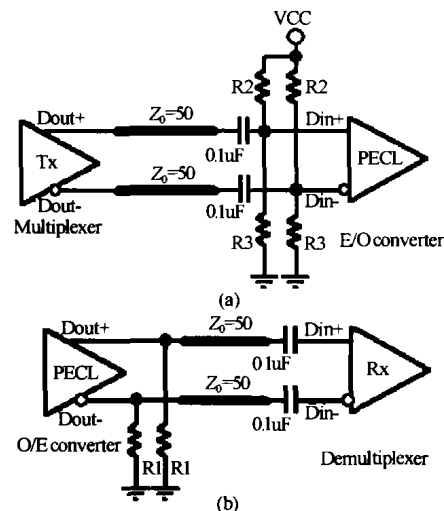


图 4 (a) 复用器与电/光转换器模的连接图,(b) 光/电转换器与解复用器连接图

Fig. 4 (a) Interfacing multiplexer and E/O converter, (b) Interfacing demultiplexer and O/E converter

图 4 中粗连接线表示传输线。为实现阻抗匹配,防止振铃和反射现象的发生,传输线的特性阻抗  $Z_0$  应控制在  $50\Omega$ <sup>[6]</sup>。 $Z_0$  由微带传输线特性阻抗式(1)决定,在 PCB 设计时通过调整线宽、线厚及电路板的介质层厚度来实现。式(1)中  $\epsilon_r$  为板子介质的介电常数; $h$  为微带线与底层的厚度; $w$  为微带线宽度; $t$  为敷铜厚度。

$$Z_0 = \frac{87}{\sqrt{\epsilon_r + 1.41}} \ln \left( \frac{5.98h}{0.8W + t} \right) \quad (1)$$

## 2 实验结果及系统部分技术指标

根据项目需要,实际中按照以上讨论的方案设计了 5 路无压缩视频传输系统。图 5 为完成系统的工作照片,摄像头摄取实验人员手中翻动的一本书,经过该传输系统,监视器可清晰地呈现摄取的场景。

实验中对完成的系统分别用静止、运动的目标物在只传一路视频信号及多路视频信号同传等不同情况做了观察测试,结果表明,系统工作稳定,图像清晰,实时传输效果好,多路同传时无互扰现象发生。系统部分技术指标如表 1。

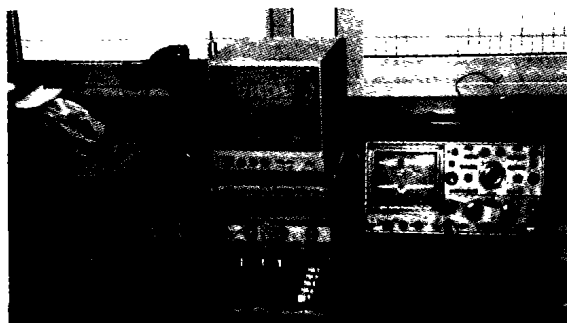


图5 无压缩多路数字视频光纤传输系统工作照片  
Fig.5 Test photo of uncompressed multichannel digital video optical fiber transmission system

表1 无压缩多路数字视频光纤传输系统技术指标

	技术指标	参数
视频部分	视频输入/输出阻抗	75Ω
	视频输入/输出电压	1 V <sub>p-p</sub>
	视频带宽	0~6 MHz
	视频数码位宽	10 bit
	信号接口	BNC 接口
	视频路数	8 路
光学部分	光源	FP 激光器
	光发射功率	-3 dBm
	光电探测器	InP 光电二极管
	光接收灵敏度	-24 dBm
	光纤接口	SC
	光纤种类	单模 1300 nm

### 3 结论

本文介绍的基于 TDM 技术的无压缩多路数字视频光纤传输系统具有以下特点:1)既无模拟视频

光纤传输系统的非线性失真也无数字压缩视频光纤传输系统的压缩失真,以光纤带宽大的优势,用高的数据传输速率保证了传输质量;2)无需压缩解压缩处理,实时性好;3)采用集成度高的芯片及 CPLD,系统设计方便,易于调试;4)造价低;5)系统电路稍作调整修改,可用于视频、音频、数字数据多业务的传输,因此该无压缩多路数字视频光纤传输技术是远程视频监控系统及安防系统的经济实用的方案。

### 参考文献

- 1 吴秀. 单模光纤多路视频传输系统. 光纤与电缆及其应用技术, 1996, (1): 41~43  
Wu X. *Optical Fiber & Electric Cable*, 1996, (1): 41~43
- 2 张琦, 杨盈昀, 张远等著. 数字电视中心技术. 北京: 北京广播学院出版社, 2001. 45~48  
Zhang Q, Yang Y Y, Zhang Y, et al. *Digital TV-Studio Technology*. Beijing: Beijing Broadcast Institute Press, 2001. 45~48
- 3 Agilent Technologies, Inc. Technical data: Low Cost Gigabit Rate Transmit/Receive Chip Set, 1999. 23~26
- 4 Hewlett-Packard Co. Application note 1077. 1995. 1~7
- 5 Walker R C. A two-chip 1.5 Gb/s serial link interface. *IEEE Journal of Solidstate Circuits*, Dec 1992, 27 (12): 1805~1810
- 6 武斌, 夏宇闻. 数字视频信号的长线传输. 电子技术应用, 2003, 29(1): 62~65  
Wu B, Xia Y W. *Application of Electronic Technique*, 2003, 29(1): 62~65

## Development of Uncompressed Multichannel Digital Video Optical Fiber Transmission System

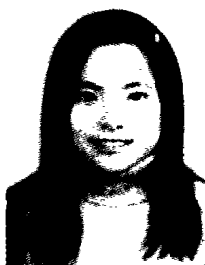
Wang Hua, Wen Deisheng, Li Xiangguo, Zheng Peiyun, Li Tao, Zhang Ying

*Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710068*

Received date: 2003-11-20

**Abstract** A solution of uncompressed multichannel digital video transmission system is presented. Based on time-division multiplexing technology and the serial digital video transmission, the system can transfer multichannel video signal over a single optical fiber. Designing scheme, main technologies and high speed data interface design are introduced in detail. Experiments show that the system works stably and has a good effect of real-time transmission. It is a good and practical scheme for security and surveillance systems.

**Keywords** Digital video; Optical fiber transmission; Serial transmission; Time-division multiplexing; Channel coding; PECL (Positive Emitter Coupled Logic) level



**Wang Hua** was born in 1980. She is a postgraduate student of Xi'an Institute of Optics and Mechanics of CAS. Her research interests include video transmission and processing, video compression, and FPGA-based system development.