

文章编号 1004-924X(2001)01-0023-05

机动式大气激光通信系统中的电学系统接口设计及其CPLD实现

顾海军^{1,2}, 宋建中¹, 解成俊¹

(1. 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130022;

2 吉林大学通信系, 吉林 长春 130012)

摘要: 为适应战地通信的要求, 采用机动式大气激光通信的方法作为通信的接力手段, 以提高其抗无线电干扰的能力, 其中电子学系统的接口是设计的关键部分。通过深入分析电子学系统接口的具体要求, 给出了接口设计的新方法, 从总体设计思想、接口要求、系统设计难点以及解决方案等方面做了较为全面的分析和论证; 提出了码速率调整和帧同步提取的新方案, 利用在系统可编程器件实现了该方案, 并给出了CPLD的具体实现结果。该接口电路在机动式大气激光通信整机的应用中获得了满意的效果, 这种方案可为串行通信系统的设计提供一定的参考。

关键词: 串行通信; 同步提取; 码速率调整
中图分类号: TN 929.11 **文献标识码:** A

1 引言

为解决战地通信的抗干扰问题, 采用激光大

气接力通信来保证通信安全。系统的整体框图如下:

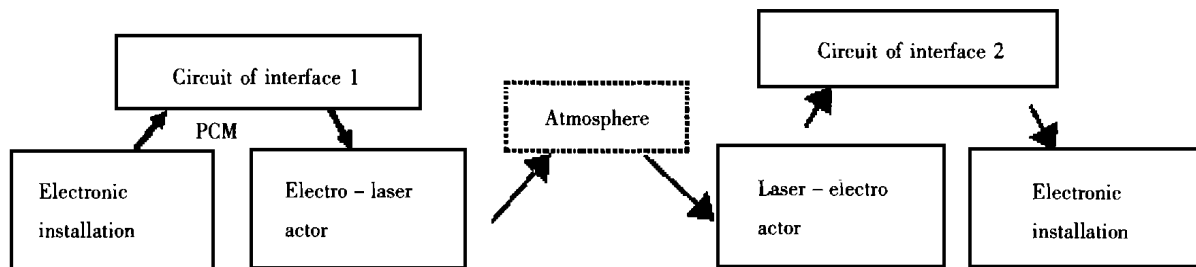
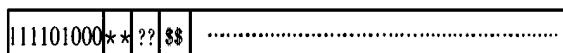


Fig. 1 Block diagram of laser-air communication

系统接受电端机的标准 PCM 信号, 经接口电路的变换由光端机变换成光信号发射出去, 在接收端光端机将接收的光信号经接口电路的反变换转换成标准的电信号送给电端机接收。发端系统中的电端机产生的信号是 PCM 二次群信号。PCM 二次群信号由四个数码率为 2048kb/s 的 PCM 基群信号复接而成, 二次群输出的是 8448kb/s 的数字信号。其中的四路信号中两两复

用。形成的二次群信号的帧结构具有以下的特点: 除帧同步以外其余的数据两两相同, 二次群输出的是 8448kb/s 的数字信号。



光端机中利用声光调制器件的声光调制效应, 将数字脉冲信号施加于声光调制器的射频调制电

源,使激光经过声光调制器后产生偏转。其偏转效应和所加的脉冲信号相对应。因此可利用声光器件的特性进行数字通信。由于光端机中声光调制器件的调制频率上限的限制。二次群的信号无法直接作用于光端机进行通信。必须通过接口电路进行压缩编码以满足光端机的要求。因此接口电路的设计和实现是激光大气通信系统关键的一环。

在大气激光通信系统中,只传送信码,而不传送时钟。因此在接收端,必须从收到的码流中提取定时信号。这就要求在线路码中能够含有足够的定时信息。以利于定时信号的提取。为此,必须限制线路码流中同符号连续数不能过大。也就是说,应避免长连 0 及长连 1 的出现。提高电平的跳变的密度,使定时提取简单。

采用激光大气通信,线路码型应该是两电平、基带、连续运行、固定长度组码。光线路码型从其变换规则上分字母型和非字母型,平衡型和非平衡型。常用的码型有两种:字母型平衡码,非字母型非平衡码。本文中采用字母型平衡码。其中最典型的是 MBNB 码,且 $N > M$,一般 $N = M + 1$ 。M 的取值可以有很大的范围 (1~27)。其中又以 N 为偶数的 MBNB 码更为典型。所谓字母型码,是将输入的 M 比特一组码作为一个码字,按变换码表,在同样长的时间间隔内,变换成 N 比特一组的输出码字。因此又称字变换码。输出码字中的 1、0 排列可以与输入码字中的排列完全不同。

2 接口电路的方案设计

接口电路设计的关键在于如何设计电路结构,完成码速率的调整,使调整后的码流不丢失原码流中的信息。另外,根据具体系统的特点找出一种适合的通信线路传输码型,并将它们合理结合形成光端机能够接受的通信控制信息。两个接口电路应完成如下功能: 1) 在发射端 使标称码速率 8448kb/s 二次群的标准 PCM 数字信号,变换成为一个码速率低于 6MB/s 的适用于光路传输的数字码流。2) 在接收端 按照相应规则,将光端机接收的信号,还原成为标准的 PCM 分接电路需要的标称码速率为 8448kB/s 的数字信号。系统解决方案如下:

2.1 系统实现方框图

系统实现方框图如图 2 所示,系统的工作过

程如下,在发射端,由电端机来的标准 PCM 二次群信号经压缩编码和码型转换后,利用光端机将其变成光信号经大气发射出去。在接收端经相应的反变换还原回标准的 PCM 二次群信号。

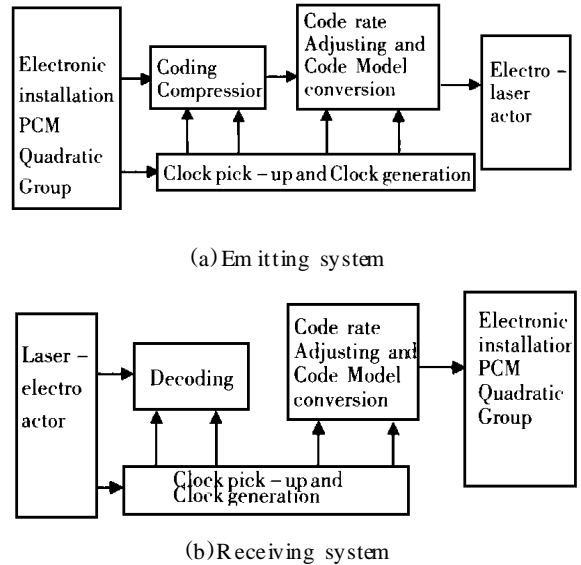


Fig 2 Diagram of system realization

2.2 压缩编码方案

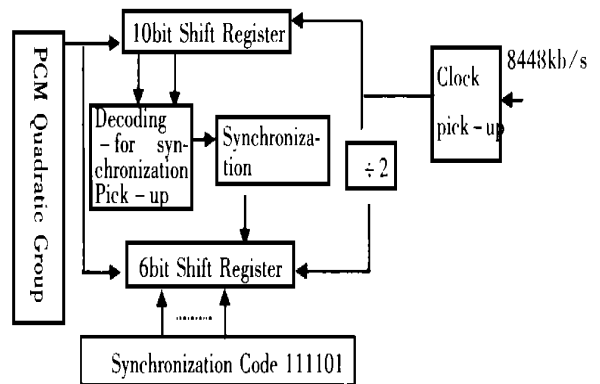


Fig 3 Flow chart of coding compression

将 8448kb/s 的标准 PCM 二次群信号压缩,变为 4224kb/s 的信号。从二次群信号的帧结构可见除帧同步外其余的信号相邻数据是相同的。可以实现 2 倍的压缩。但帧同步中的 10 位同步头信息为 111101000 不可压缩。但是,可以在 10 位同步信号后加上二位进行二倍压缩,产生一个 6 位编码来代替同步信息。利用高速和低速移位寄存器完成数据压缩。在同步码的第 10 位移入高速移位寄存器后,译码检出同步,再利用相应的电路产生低速移位寄存器的数据置入信号。在第 12 位同步信号到来时将 6 位同步码数据打入低速的移位寄存器,从而完成数据压缩。应特别注意高低速移位寄存器的时钟的同步关系。由于帧同步位数的减少可能会引起误码率的提高。压缩编码流程见

图 3。

2.3 压缩码流的码型变换

将压缩后的码流采用字母型平衡码进行码型变换。由于二次群中每帧有 848 位码元, 经压缩后变为 424 位码元。故采取一种非典型的 4B/5B 编码方式。因为采用 5B/6B 等经典的编码方式的话, 每帧的数据不能形成整数的码字。由于用 6 位同步码头代替 12 位同步码头, 同步码选取为 111101。这样在反变换时注意参加变换的同步头的后两位需要和其后的数据一起参加变换。在进行码组变换时要考虑到这一点。需将由 01 * * 的码组变换为相应的 01 * * *。在反变换时, 进行相应的变换, 具体码组变换值为:

- "0000" => "10011"; "0001" => "11010";
- "0010" => "00101"; "0011" => "11001";
- "0100" => "01010"; "0101" => "01100";
- "0110" => "01110"; "0111" => "01001";
- "1000" => "10001"; "1001" => "10111";
- "1010" => "10101"; "1011" => "10110";
- "1100" => "00011"; "1101" => "00110";
- "1110" => "11000"; "1111" => "10010";

OTHERS => "XXXXX";

2.4 系统同步时钟的设计

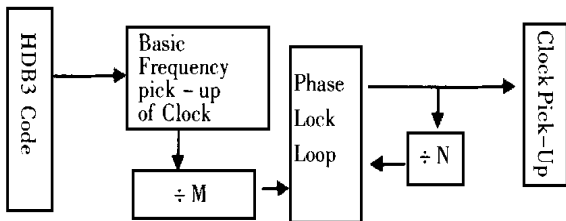


Fig 4 Block diagram of system clock generator

合理建立系统电路结构的时序关系, 完成接口转换电路, 需要相应的同步时钟。因电端机系统为异步复接的, 给出的只是标准的 PCM 二次群信号。只有完成系统的时钟提取并进行相应的时序设计方可完成接口电路的设计。时钟提取的实现框图如图 4 所示: 以发射端为例, 其中各部分的功能简述如下, 时钟检取是在发射端通过检取二次群信号的 HDB3 码, 通过时钟检取电路, 提出码流中的基频时钟, 其频率为 8448kHz。通过分频产生数据压缩的时钟, 其时钟频率为 4224kHz。经锁相环锁频产生码型变换中使用的时钟, 其频率为 5280kHz。这三个时钟要求具有同步关系。

2.5 流水线式的码型转换电路

码型转换必须在相等的时间片内完成码组的变换, 这要求系统码速率要调整, 因此实现转换的时序是关键。这里采用流水线式的工作方式来完成系统的码型变换和码速率调整。这犹如一个奇特的货栈, 货栈入端以单位时间入 4 件物品的速度在入栈, 在出端以单位时间出栈 5 件物品的速度出栈。只要开始入栈时刻起, 在单位时间内, 开始出栈操作, 就可实现货源的流水操作。这样就减轻了入栈和出栈的时序要求。入栈端和出栈端分别以各自的速率进行相应的操作即可完成。其实现框图如图 5 所示。

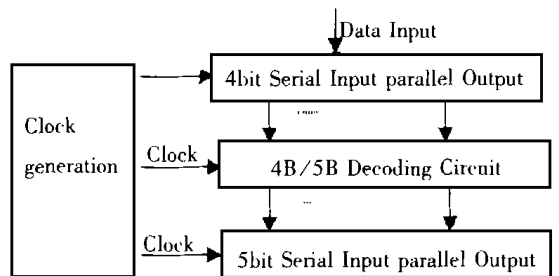


Fig 5 Code model conversion

2.6 接收光端机电路设计

在接收端, 通过光端机的接收, 可以将发射端的码流还原回来。码流中的同步提取是标准码流复原的关键。由于在码流传输的过程中, 压缩了同步码头的位数, 因此系统同步的提取可能会将数据流中的数据误做为同步信息提取出来, 从而在反变换时, 误把数据信号作为同步信号反变换, 这样会引起数据的错误转换。解决办法如下: 采用滑动窗口式同步检取电路完成同步的检取。这种方法可以提高检取的正确率。所谓滑动窗口式同步检测电路, 就是利用间隔等于一帧的两个窗口进行滑动来检测两个同时满足帧格式的数据是否是同步信息。要求窗口具有自滑动的功能, 一旦锁定自行滑动, 一旦失锁重新捕捉。这种方法可消除错误的同步检取, 并减少误码率。因为同步码的位数增加了一倍。同步提取的示意框图见图 6。

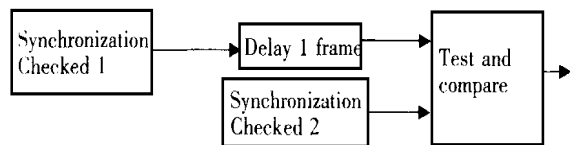


Fig 6 Block diagram of synchronization pulse checking

3 具体电路的CPLD 实现

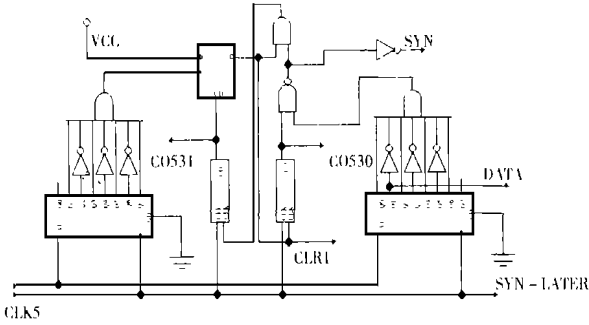


Fig 7 Synchronization checking circuit with slipping window s

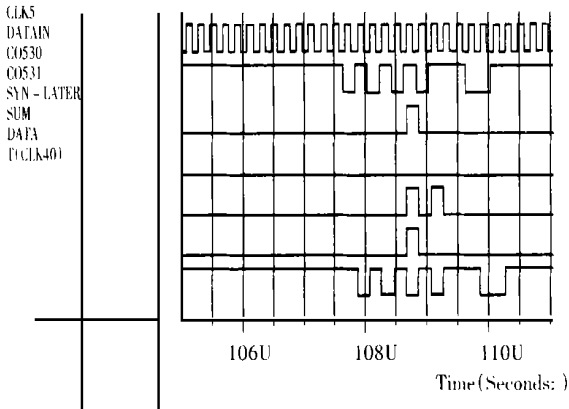


Fig 8 Simulation result of synchronization checking circuit with slipping window s

本设计中,使用VIEWLOGIC 作为设计的输入工具,采用原理图和VHDL 语言混合编程完成电路设计。设计结果适配到LATTICE ISPLSI1032E 中,发射端和接收端共用2片此芯片得以完成。由于篇幅的关系这里仅以滑动窗口式同步检测电路为例加以说明,图7是此电路的工作原理图。其中count530和count531是自定义的功能模块,图8是电路的仿真结果。以count530为例其VHDL 描述如下:

```
-- File: C:\gun\aa2\src\component_5.VHD
-- created by Design Wizard: 05/11/99 09:31:53
-- {{ Section below this comment is automatically maintained
-- and may be overwritten
-- {entity {component_5} architecture {component_5}}
library IEEE;
use IEEE std. logic. 1164 all;
```

```
use IEEE std. logic. unsigned all;
entity count530 is
port (
    clk, clr: in STD. LOGIC;
    co: out std. logic
);
end count530;
-- }} End of automatically maintained section
architecture behav of count530 is
    signal count_10: std. logic. vector(9 downto 0);
begin
    process(clk, clr)
    begin
        if clr= '0' then
            count_10<= "0000000000";
        elsif (clk'event and clk= '1') then
            if count_10= 529 then
                count_10<= "0000000000";
            else
                count_10<= count_10+ 1;
            end if;
        end if;
    end process;
    process(count_10)
    begin
        IF (count_10= 529) then
            co<= '1';
        else
            co<= '0';
        end if;
    end process;
end behav;
```

由于整个电路具有严格的时序关系,接口电路调试的主要难点在于同步时钟的产生,而且要求较严格。时钟提取和锁相环路的调整是关键,实际电路在调试过程中得到验证是正确的。整个接口电路的设计满足了工程要求。证明本文的方法是正确的,可为相应的串行通信提供参考。

4 结束语

本文成功设计了机动式大气激光通信系统中的电学系统接口,从总体设计思想、接口要求、系统设计难点以及解决方案等方面做了较为全面的研究。提出了码速率调整和帧同步提取的新方法。结果证明方法可行。

参考文献:

- [1] 付有余 激光测距与跟踪系统低噪声电子设计方法[J] 光学 精密工程, 2000, 8(3): 250- 253
- [2] 宋宇, 韩心志 光学系统探测器上的辐照度偏振分析[J] 光学 精密工程, 2000, 8(3): 47- 50
- [3] 侯伯亨, 顾新 VHDL 硬件描述语言与数字逻辑电路设计(修订版)[M] 西安: 西安电子科技大学出版社, 2000
- [4] 曾繁泰, 陈美金 VHDL 程序设计[M] 北京: 清华大学出版社 2000

**Electronic interface circuit design and implement with CPLD
in the mobile atmosphere laser communication system**

GU Hai-jun^{1,2}, SONG Jian-zhong¹, XIE Cheng-jun¹

(1. *Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022, China;*

2. Communication Department, Jilin University, Changchun 130022, China)

Abstract: In order to satisfy the requirement of battlefield communication, the method using laser-air communication as a way of relaying the telecommunication was used to resist wireless disturbance. The electronic interface circuit was the key part of designing. The design method of electronic interface circuit and implement with CPLD for laser-air communication system was studied. The idea of entity design, the requirements of interface, the difficulties of system design and the corresponding solutions were deeply analyzed. The new ideas about code-rate adjusting and frame synchronization grasping were presented. It also gave the implement circuit with CPLD. This interface circuit worked very well in the laser-air communication system. This method could also be used as a reference of designing for serial communication system.

Key words: serial communication; synchronization grasping; code-rate adjusting

作者简介: 顾海军(1970-), 男, 黑龙江海伦县人, 长春光机学院工学学士和硕士学位, 博士研究生。