

# 一种宽带光纤发射接收装置的设计

郑 灿 民

(电子工程系)

**摘要** 本文提出一种宽带光纤发射接收装置的设计方法,利用现有的集成元件实现高达40Mbit/s的传输速率.该装置简单可靠,无须调整,具有实用价值.

**关键词** 宽带,光发射,光接收,数据传输

## 0 前言

光纤通信是通信技术领域中近十几年来迅速发展起来的新技术,它是以激光或发光二极管为光源、光导纤维为传输媒质、用光来传输信息的一种通信方式.它具有传输速率高、损耗低、工作稳定可靠,不受电磁辐射干扰,保密性强的特点,因此,光纤是能达到大容量、宽带化的理想通信传输介质.它在通信的许多领域内已得到广泛应用.对于在高速计算机数字通信领域中,光纤特别适用于传输数字编码的信息,可用于高性能计算机系统、高保密的分布网络系统、高速宽带网络系统和多微处理机系统中.

在光纤通信系统中,关键的部件是光纤发射接收装置,其性能的好坏直接影响整个系统.对于宽带光接收器,目前流行的是以PIN为光电转换器件,GaAs FET为前置级的互阻型放大器,其放大电路的结构采用共源-共基-共集型,该电路结构比较复杂,参数调整比较困难.本文采用通用的集成元件设计出一种宽带光纤发射接收装置,无需调整、使用方便、具有推广应用价值.

## 1 光纤数传装置的结构

利用光纤特性传输数据信号的信路结构框图见图1所示.它是由光发送器、光纤、光接收器组成.

### 1) 发送器

光纤发送器是由驱动电路、光源和光耦器组成.驱动电路用来驱动光源,其工作频率应满

本文 1990-10-29 收到.

• 省自然科学基金资助项目.

足输入信号的频率要求.光源有发光二极管(LED)和激光器(LD),激光器由

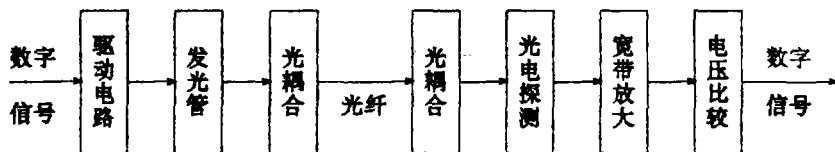


图1 光纤数传装置的结构

于体积大、成本高、寿命短等原因,从实际考虑,采用LED作为光源.LED的工作状态是自发辐射,不是激光,其波长在8000—9000Å之间.

## 2) 光导纤维

光导纤维是传送光信号的媒质.光信号在光纤的界面上反复发生全反射,成“之”字形前进而达到传输的目的.光信号在光纤中传输时会产生畸变和损耗,其损耗和传输距离、光波波长有关.

## 3) 接收器

光纤接收器是由光耦合器、光电探测器、宽带放大器和比较器组成.从光纤来的光信号经光电耦合器、光电探测器把光信号转换成电信号,经过宽带放大器、电压比较器恢复出原来的信号.光电探测器要求灵敏度高、对光信号响应快,一般选用PIN光电二极管或APD光电二极管.宽带放大器要求频带宽、低噪声.电压比较器的作用是信号整形,抑制噪声,提高接收器的可靠性.比较器的工作频率也需满足信号的频率要求.

# 2 光接收器的带宽计算

光接收器的带宽  $B$  是设计光接收器必须考虑的一个重要参数,它可由下式确定

$$B = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{B_s^2} + \frac{1}{B_f^2} + \frac{1}{B_L^2}}}, \quad (1)$$

式中,  $B_s$  为信号带宽;  $B_f$  为光纤带宽;  $B_L$  为光源LED带宽.

## 1) 信号带宽 $B_s$

信号带宽的确定是和系统设计要以多高的速率传输信号有关,若系统以数据率40Mb/s 传送信号,则可选  $B_s = 20\text{MHz}$ .

## 2) 光纤带宽 $B_f$

光脉冲在光纤中传输时会发生畸变、脉冲宽度展宽.这是由于光纤的材料色散、波导色散及模式色散所造成的.材料色散和波导色散与光源的波谱宽度有关,波谱越宽,色散越大.单模光纤无模式色散,而多模光纤中,模式色散和材料色散占主要地位,波导色散可忽

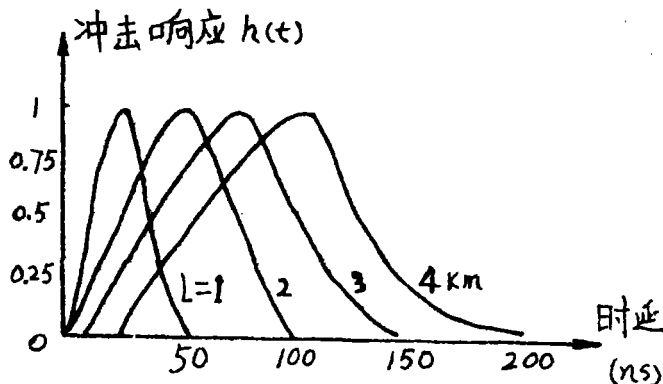


图2 光纤中光脉冲展宽

略. 多模短波长光纤和 LED 作光源时所引起的信道色散最严重. 一个窄的光脉冲, 只要经过光纤传输几百米后, 就会变成近似高斯型波, 如图2所示. 光脉冲的展宽情况与光纤 3db 带宽  $f_{3db}$  的近似关系如下:

$$\Delta\tau \approx \frac{0.53}{f_{3db}}$$

式中  $f_{3db}$  为光纤 3db 带宽. 目前国产多模渐变型短波长光纤的带宽大约为  $300\text{MHz}\cdot\text{km}$ . 若按系统的传输距离为 3 公里计算, 经过 3 公里传输后光纤的 3db 带宽为

$$f_{3db} = \frac{300}{L} (\text{MHz}),$$

式中  $r=0.5-1$ , 通常取 0.75, 当  $L=3$  公里时, 经 3 公里传输后光纤的模式色散为

$$\Delta\tau_M = \frac{0.53}{300/3^{0.75}} = 4.03(\text{ns}).$$

用 LED 发光管作光源时, 还要考虑材料色散, 经  $L$  公里传输后光纤的材料色散为

$$\Delta\tau_M = M\delta L,$$

式中  $M$  为材料色散参数, 一般取  $M=100\text{ps}/\text{nm}\cdot\text{km}$ ;  $\delta$  为光源的波谱宽度, LED 边发光型为  $35\text{nm}$ , 则经 3 公里传输后的材料色散为

$$\Delta\tau_M = \frac{100\text{ps}}{\text{nm}\cdot\text{km}} 35\text{nm} \cdot 3\text{km} = 10.5(\text{ns}),$$

用 LED 作光源经 3 公里传输后, 光脉冲总的展宽值:

$$\Delta\tau = \sqrt{\Delta\tau_M^2 + \Delta\tau_M^2} = \sqrt{4.03^2 + 10.5^2} = 11.25(\text{ns}),$$

因此, 以 LED 作光源经过 3 公里传输后光纤的 3db 带宽为

$$f_{3db} = \frac{0.53}{11.25} \approx 47.1(\text{MHz}).$$

### 3) 光源带宽 $B_L$

一般的 LED 边发光型的带宽的  $40-50\text{MHz}$ . 可值  $45\text{MHz}$  计算.

因此, 将  $B_s, B_f, B_L$  代入式(1), 就可估算接收器所需的带宽:

$$B = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{20^2} - \frac{1}{47.1^2} - \frac{1}{45^2}}} = 25.35(\text{MHz}),$$

## 3 光发射器的电路设计

光发射器的电路如图3所示. 该电路比较简单, 关键是选择集成芯片 74F38 作为驱动器, 其工作频率符合设计要求. 74F38 是四个双输入与非缓冲型 OC 门. 门1用来对输入信号整形, 并起着缓冲的作用. 门1的负载为电阻  $R_1$ . 门2、门3、门4, 电阻  $R_1$  为门2—4提供足够的输入电

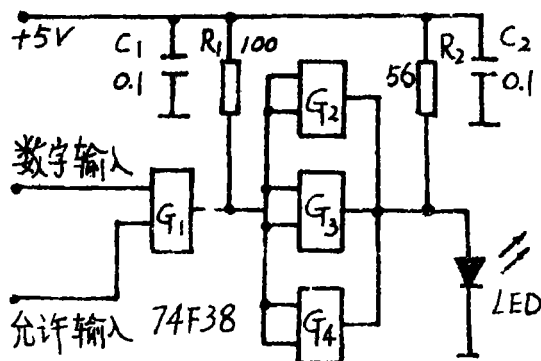


图3 光发射器电路图

流. 门2—4用来驱动 LED 发光二极管, 它们的并联运用, 目的是增大驱动电流, 也就是说, 总的 LED 发光二极管的驱动电流选定后, 每个门只承担总电流的1/3. 另外, 由于采用并联结构, 总输出阻抗减少, 有利于 LED 发光二极管结电容所积累的电荷通过它放电, 从而加快 LED 发光二极管的关闭, 使光脉冲后沿比较陡. 调节  $R_2$  可改变 LED 发光二极管的工作电流, 若  $R_2$  的阻值增加, 会减少流过 LED 发光二极管的电流和输出光功率, 则能减少功耗, 延长 LED 发光二极管的使用寿命. 按图中的  $R_2$  阻值, LED 发光二极管的工作电流为80mA, 光脉冲的上升、下降沿少于6ns. 图3中的  $C_1$ 、 $C_2$  是电源滤波电容. 数字输入端和允许输入端的电平的 TTL 电平, 当允许输入端为高电平时, 数字输入端所输入的信号可通过  $G_1$ 、 $G_2$  控制 LED 发光二极管的工作, 当允许输入端为低电平时, 门  $G_1$  被封锁, 数字输入端的信号无法通过, LED 发光二极管无法工作. 所以, 允许输入端起着控制发射器工作的作用.

#### 4 光接收器的电路设计

在光纤通信中, 信噪比(S/N)是形容通信质量的一个标志. 在相同的通信条件下, 模拟系统接收器所要求的信噪比要比数字系统接收器大得多, 即模拟系统接收器所输入光功率比数字系统接收器的光功率要大. 所以, 模拟光通信中量子噪声影响大, 而数字系统则以接收器电路热噪声影响大. 所以, 接收器前级电路的设计好坏直接影响系统的性能指标. 目前光接收器大都采用高阻抗(HZ)和跨阻抗(TZ)作前置级放大电路, 前者噪声低、灵敏度高, 但动态范围少、频带较窄, 一般要加均衡电路以扩展频带, 这会给电路设计带来复杂性, 后者正好相反, 由于采用负反馈, 其动态范围较宽, 一般无需均衡电路, 但是, 由于反馈电阻的热噪声比高阻抗要大, 接收器灵敏度要低. 基本上述原因, 我们采用宽带视频放大器和超高速数字比较器作为接收器, 可以很好地解决上述各自出现的问题, 并使接收器集成化.

##### 1) 器件指标

NE592是一种双端输入双端输出的宽带视频放大器. 它的最大带宽120MHz, 不需要外接元件就可提供100或400倍的稳定增益. 若要改变增益, 只要调整一只外接电阻, 就可使增益在400到1之间变化. 在增益选择脚之间外接适当的反馈元件, 也就确定了输入回路. 因此可作为高通、低通或带通滤波器. 这一特性决定它可作为视频或脉冲放大的理想器件, 广泛用于通信、广播、磁记忆、显示及视频记录系统中. 其主要参数如表1所示.

LM360是超高速电压比较器, 采用双端输入结构, 其输出与TTL 电平兼容. 它具有高速、高输入阻抗、高扇出系数、低输入失调电压等优点, 广泛用于高速模/数转换、磁盘文件系统的零交叉检测. 主要参数有: 工作频率50MHz、输入电阻17k $\Omega$ 、输入偏置电流5 $\mu$ A、输出电阻100 $\Omega$ 、响应时间12ns.

##### 2) 电路参数设计

从上面器件指标看来, 能满足光接收器的设计要求, 可以用该芯片来实现. 图4给出了用 NE592和 LM360组成的光接收器的实际电路. 光信号 PIN 光电二极管检测, 其响应为0.5 $\mu$ A/ $\mu$ W, 产生的光电流流过220 $\Omega$ 的电阻  $R_1$ , 在 NE592宽带放大器的一个输入端14脚产生相应的电压, 放大器的另一个输入端1脚通过220 $\Omega$ 的电阻  $R_2$ 和47 $\mu$ F 电容

表1 NE592主要参数 (V<sub>CC</sub>=100)

特 性	典型值	单位
带宽	90	MHz
上升时间	4.5	ns
输入电阻	30	K $\Omega$
输入偏置电流	9	$\mu$ A
输出电阻	20	$\Omega$
输出电流	10	mA

$C_2$ 并联接地,目的是平衡放大器输入端的偏置电流和电压。NE592的3脚和12脚短接,则选择增益  $A_v=100$  倍,信号从放大器的输出端7脚和8脚输出,其单端的电压对光功率的比率为  $\frac{1}{2} \times 200(\Omega) \times 0.5(\mu A/\mu W) \times 100 = 5.5(mV/\mu W)$ 。放大器的输出信号经电容  $1\mu f$  和电阻  $10k\Omega$  网络耦合到超高速比较器的二个输入端,阻容网络的作用是使接收器能在低比特率(40b/s)情况下正常工作。电容  $C_5$ 、 $C_6$  选用钽电容已减少漏电的影响。若在电容  $C_5$  和  $C_6$  两端分别并接  $0.1\mu f$  的小电容,则可以改善高频响应。信号从超高速比较器 LM360 的2脚和3脚输入,由于采用差分输入,有效地抑制了共模噪声,提高信噪比。 $R_6$  是正反馈电阻,起着加速转换作用。信号由7脚输出,其电平与 TTL 兼容,可带动4个 TTL 门电路。

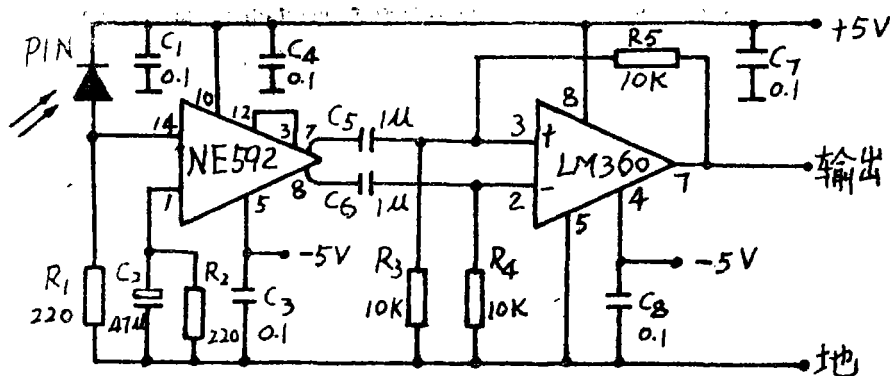


图4 光接收器电路图

## 5 结论

本文介绍的宽带光纤发射、接收器,电路简单,无须调整,其性能可规范化。因此,经济性、实用性较好,便于推广。该装置在1km的光纤传输线路中使用,其传输速率可达40Mb/s。

在实际使用中,(1)若要采用ASK幅度键控传输,可把信号加到发射器的允许输入端,载波加到信号输入端,在接收器的输出端再进行解调即可。(2)若要传输模拟信号,可先对模拟信号进行PCM脉冲调制,再送入发射器的输入端,在接收器的输出端进行PCM解调,就可还原模拟信号。(3)若要进行计算机数据传输,可在本系统的输入输出添加电平转换,使之符合计算机串行口的RS-232C电平要求,可选用MC1488和MC1489电平转换芯片,配上连机通信所需要的通信软件,就可传输信号。以上这些,这里不再赘述。

## 参 考 文 献

- [1] Motorola, *Linear Integrated Circuits*, Motorola Semiconductor Products Inc., (1979).
- [2] National Semiconductor, *Linear Databook*, National Semiconductor Corp., (1982).
- [3] 中国电子学会通信学会, 全国第三次光纤通信学术会议论文集, (1986).

## An Optical Fibre Device of Wideband Send-Receive(SR)

Zheng Canmin

*(Department of Electronic Engineering)*

**Abstract** In this paper, a method is presented for designing an optical fibre device of wide band send-receive(SR). It makes use of integrated components now available to realize a transmission rate up to 40 megabit per second. It is a simple and reliable device without the need of any adjustment. It is a device of practical use.

**Key words** Wideband, optical fibre transmitter, optical fibre receiver, data transmission