

DESIGN SHOWCASE

光纤 LAN 收发器的设计挑战

设计用于局域网 (LAN) 应用的光纤发送器和接收器将遇到一些特殊的、不同于远程常规电信应用的设计挑战。这篇文章分析了与设计用于 LAN 应用的发送器和接收器有关的问题。

发送器

在 LAN 或数据通讯收发器中的发送器通常由一个驱动器和一个光发射元件组成。该元件可以是 LED，激光管或 VCSEL (纵腔表面激光器)。驱动器必须将数据转换成电流脉冲来驱动发射器发光。

与 LED，激光管或 VCSEL 接口时不能直接连接，因为通常这些元件的正向压降在 1.3V 至 2.0V 之间，这样当 V_{CC} 降至 +3.0V 时，问题会变得比较突出。光元件通常需要 10mA 至 60mA 之间的电流驱动能力，以产生期望的光输出功率。另外，还必须考虑由光元件连线电感造成的电压摆动。

发送器要求	驱动器需要考虑的因素
CW 输出功率要求	直流输出 (偏置) 电流幅度、精度，自动功率控制等
消光比率	调制输出电流的幅度和精度，激光器调制电流的温度系数。
眼图	控制输出电流 (处置良好的振荡、过冲，控制边沿速率在适当的范围内)
裸视安全性	单点故障保护
抖动插入	低抖动、低噪声

一个典型的应用就是千兆位以太网中 TO-46 封装的发送头，引线电感为 8nH。千兆位以太网对上升时间的要求大约在 300ps。按照 $V_L = L \Delta i / \Delta t$ ，以及 30mA 的激光器电流的要求，则数据流的每个上升沿所要求的电压摆幅为 8nH (30mA/300ps) = 800mV。下降沿则要求极

性相反的等幅电压，因此交流成分的电压要求为 1.6V。考虑到激光二极管的直流正向电压，总电压空间应在 3.0V 或更高。这是设计 3V 激光驱动器所要面临的挑战之一。

用于光纤数据通信的标准通常要求发送器的输出功率维持在一个很窄的范围。由于发射元件的发光效率会随着时间的温度变化，所以在这个范围内维持功率是比较困难的。Maxim 的激光驱动器包括一个用于自动功率控制 (APC) 的反馈控制回路，能够保持稳定的平均功率。

发送器的另一个要求是消光比，它是发送 1 和 0 时功率大小的比值。该指标确保在光信号中表达不同的信息。由于发射元件的发光效率随着温度变化较大，所以该指标也是一个设计挑战。典型的 1300nm 激光器在 +25°C 时需要 10mA 的驱动电流，而 +50°C 时需要 30mA。Maxim 激光驱动器采用若干方法解决了这个问题。MAX3766，MAX3286 和 MAX3296 提供温度补偿调整，随温度增加调制器输出电流。该特性还能够通过调节以补偿激光效率的变化。

裸视安全性是发送器的共同要求，特别是对短波长 (780nm 至 850nm) 多模光纤应用，如果功率较大，该波长会对人眼带来伤害，发送器设计人员可以采用前面讨论过的 APC 来解决这个问题。但是反馈回路可能会遭到电路中的故障破坏，这意味着如果电路中的某个关键点意外地短路到 V_{CC} 或 GND 上，APC 电路可能引起输出功率增加到超出安全级别。与裸视相关的工业标准要求容许单点故障。Maxim 的 MAX3766，MAX3286[†] 和 MAX3296[†] 具备单点故障容错能力，电路中的任何一点都能够短路到 V_{CC} 或 GND 上，而不会引起发送器非安全的功率输出。

[†] MAX3264/MAX3265/MAX3286/MAX3296 是未来产品。

APC 回路在启动时的工作也是一个问题。一些 APC 电路在上电期间状态不正确，或者在上电期间产生很高的发送功率时。这个问题能够引起驱动器输出电流超过激光管的最大绝对值，可能导致激光管损坏。Maxim 的激光驱动器采用专有的“平滑启动”电路来防止激光管损坏。

接收器

典型的接收器由光探测器(光电二极管)，互阻放大器(TIA)和限幅放大器(量化器)组成。光电二极管将光脉冲转换为电流脉冲，经 TIA 放大转换为电压脉冲输出。限幅放大器输出二进制结果。典型的 622Mbps LAN 光接收器输入功率低达 -28dBm，消光比为 10，光探测器可产生 3 μ A-p-p 信号。

从 TIA 到限幅放大器的全部增益至少 1.6V/3 μ A=533k Ω (114dB)，以得到接收器数字 PECL 电平输出。该增益被分配于 TIA 和限幅放大器以防止振荡。

TIA 的等效输入噪声通常决定接收器的灵敏度。噪声必须保持尽可能的低，以得到更高的灵敏度和最长的传输距离。TIA 通常能够容许高达 1mA-p-p 的输入信号。这种低噪声、大动态范围要求使设计 TIA 比较困难。

限幅放大器可以达到 50dB 至 70dB 的增益，并完成量化或判决等功能。限幅放大器内部通常提供信号检测电路。信号检测电路能够更加有效地检测信号的交流部分，而不是直流部分。信号检测的输出经下一级的数字电路处理，以决定输入信号包括的是否为有效数据，或仅仅是噪声。限幅放大器输出通常为 PECL 兼容电平。在数据速率高于 300Mbps 时驱动感性的电缆和连接器将成为一个重要的问题。MAX3264[†]和 MAX3265[†]采用电流方式输出，这种方式对负载的电感不敏感。

[†] MAX3264/MAX3265/MAX3286/MAX3296 是未来产品。

接收器要求	需要考虑的因素
灵敏度 (最小输入)	折算到输入端的噪声、增益、带宽
超载 (最大输入)	至互阻放大器的最大输入电流
抖动	脉宽失真、码相关抖动、来自噪声的随机抖动
信号检测	增益、信号检测范围、信号检测器类型、信号检测回差