

设计笔记:

HFDN-34.0

Rev. 1; 04/08

采用 **MAX3991** 实现 **10Gbps** 光接收器 信号丢失精确探测

采用 MAX3991 实现 10Gbps 光接收器信号丢失精确探测

1 引言

10Gbps XFP 光模块系统数字诊断功能需要进行信号丢失(LOS)监控。通过监控光功率是否过低,可探测到导致误码率劣化的系统故障。MAX3991 限幅放大器 IC 时钟和数据恢复电路针对 XFP 模块的 10Gbps 接收器进行了优化。该器件的精密 LOS 探测器监控跨阻放大器(TIA)输出信号幅度,输出信号幅度与 TIA 线性范围内的接收光功率峰峰值(即光调制幅度 OMA)成正比。模块设计人员可针对给定误码率(BER)调整 LOS 报警阈值。

本应用笔记介绍 MAX3991 LOS 探测器特性,以及如何在给定 BER 下设置 10Gbps 接收器报警光功率。还给出了光功率较低时增大 LOS 滞回的方法。

2 10Gbps 接收器

图 1 是一个 XFP 模块中典型的 10Gbps 光接收器。10Gbps 跨阻放大器将光电流转换为电压。MAX3991 恢复信号幅度和时钟。

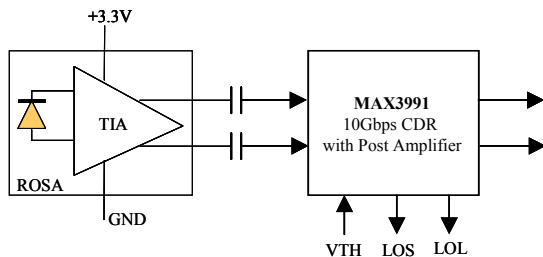


图 1. 10Gbps XFP 光接收器

在噪声受限光接收器中,信噪比和 BER 互相影响。对于一个输入噪声受限的接收器,BER 是接收信号功率的函数。因此,可通过在限幅放大器输入端探测信号幅度实现对 BER 劣化精确监控,对于较小的光功率,该幅度与 OMA 成正比。这种 OMA 探测对于没有调制控制的光发射器非常关键,因为随温度和时间变化,这类发射器消光比将会减小。

3 LOS 探测器特性

MAX3991 的 LOS 探测器是均方根功率探测器,其简化的 LOS 探测方案如图 2 所示。

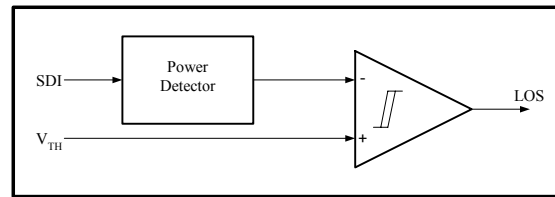


图 2. MAX3991 的 LOS 探测方案

MAX3991 的 LOS 探测器采用 Maxim 专有设计,精度高、稳定性好,功耗极低。对于固定控制电压 V_{TH} ,报警精度在时间、温度和电源变化时优于 $\pm 1.5\text{dB}$,稳定度在温度和电源变化时优于 $\pm 10\%$ 。较高的精度和稳定度使模块设计人员可直接设置光报警阈值,而不必针对环境变化重新校准。

MAX3991 的报警电压范围为 15mV_{P-P} 至 50mV_{P-P} 。进行报警设置时在 V_{TH} 引脚加载所需报警电压 10 倍的控制电压。图 3 是 LOS 报警 (V_{Assert})、解除报警 ($V_{De-assert}$) 电压与控制电压 V_{TH} 的关系。

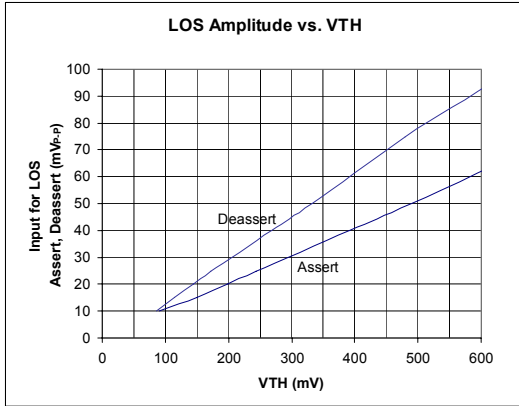


图3. LOS 报警和控制电压关系

阈值 V_{TH} 决定LOS报警时的探测功率期望值。功率探测器固有噪声导致其输出在均值上下变化。这种变化为高斯分布，将影响LOS报警电平的重复性。MAX3991 高斯分布的功率探测器输出测得的标准偏差 σ 约为 $0.4mV_{RMS}$ 。如果报警均值电压为 $20mV_{p-p}$ ，则器件在 99.8%的时间里，会在 $18.8mV_{p-p}$ 和 $21.2mV_{p-p}$ ($\pm 3\sigma$)之间报警。

如果不使用 LOS 功率探测器，则将 V_{TH} 引脚连至 V_{CC} ，强制将 LOS 输出置低。这样可降低约 15mW 的功耗。

4 采用外部电阻增大 LOS 滞回

数字模式的 MAX3991 具有精确受控的内置滞回，最小 3.5dB，最大 3.9dB，相当于 1.75dB 至 1.95dB 的光功率滞回。滞回 (hysteresis) 定义为：

$$Hysteresis = 20 \times \log\left(\frac{V_{De-assert}}{V_{Assert}}\right) (dB) \quad (1)$$

图 3 是报警和解除报警额定滞回。考虑到功率探测器噪声，如果所需输入报警电压接近或低于 $15mV_{p-p}$ ，偶尔会发生LOS信号抖动的现象。可用图 4 所示外部电阻来增大滞回，防止小信号输入时出现这种情况。

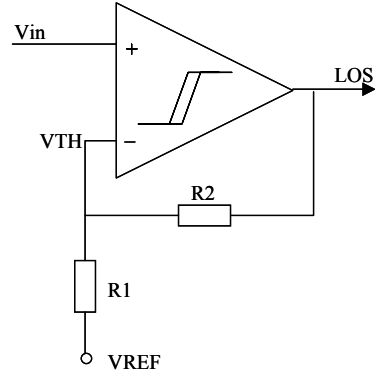


图4. 采用外部电阻增大LOS 滞回

假设 V_{REF} (V)为外部加载电压，阈值控制电压 V_{TH} 为：

$$V_{TH(Assert)} = V_{REF} \cdot \frac{R2}{R1 + R2} + 0.2 \cdot \frac{R1}{R1 + R2} \quad (2)$$

$$V_{TH(De-assert)} = V_{REF} \cdot \frac{R2}{R1 + R2} + 3.0 \cdot \frac{R1}{R1 + R2} \quad (3)$$

附加滞回为：

$$Hysteresis_{Added} = 20 \log\left(\frac{R2 \times V_{REF} + 3.0 \times R1}{R2 \times V_{REF} + 0.2 \times R1}\right) (dB) \quad (4)$$

总滞回为内部滞回和公式(4)所示附加滞回之和。

电阻 $R2$ 的功能是防止出现LOS引脚过载。建议阻值大于 $40k\Omega$ 。电阻 $R1$ 用于将滞回提高到所需数值。例如， $R2 = 44k\Omega$ ， $R1 = 1.5k\Omega$ ， $V_{REF} = 0.3V$ 时，附加滞回为 2.4dB，总滞回约为 6dB。

5 合成 LOS 和 LOL 输出

接收光信号必须具有足够的功率和正确的数据速率才能实现无误码接收。LOS 探测器仅监控信号功率。要实现更高的接收信号质量，还需监控 PLL 丢锁(LOL)状态。LOL 探测器比较恢复时钟和参考时钟频率差。在没有输

入信号时，指示 PLL 失锁所需的时间依赖于内部 VCO 漂移速率，具有很大不确定性。为防止输入信号无变化时 LOL 报警时间的不确定性，用户可按表 1 所示，在外部合成 LOS 和 LOL 输出。

表 1. 合成 LOL 和 LOS 功能

状态	LOL	LOS	LOL+LOS
输入信号功率高于阈值，PLL 锁定	0	0	0
输入信号功率高于阈值，PLL 失锁	1	0	1
输入信号功率低于阈值，PLL 锁定	0	1	1
输入信号无变化，PLL 将最终失锁	0→1	1	1

6 根据给定 BER 设置 MAX3991 LOS

下面的例子说明如何设置 MAX3991 LOS 报警光功率，假设接收器参数为：

- 1. 光灵敏度：BER ≤ 10⁻¹²时，P_{AVE} = -18dBm
- 2. 消光比：r_e = 6.6
- 3. PIN 二极管响应度：0.85A/W
- 4. TIA 跨阻增益：3.0kΩ

平均光功率和 OMA 的关系由公式(5)给出。

$$P_{AVE}(dBm) = 10 \log(\frac{OMA}{2} \times \frac{r_e + 1}{r_e - 1} \times 1000) \quad (5)$$

表 2 是假定接收器灵敏度仅受接收器输入参考噪声决定时，不同BER和信号电平间的关系，例如，如果希望LOS在BER = 10⁻³ 时报警，应将MAX3991 报警阈值设为 26mV_{p.p.}。这相当于 -21.6dBm 的平均报警光功率、

-19.85dBm的解除报警光功率和 1.75dB的光滞回，如图 5 所示。

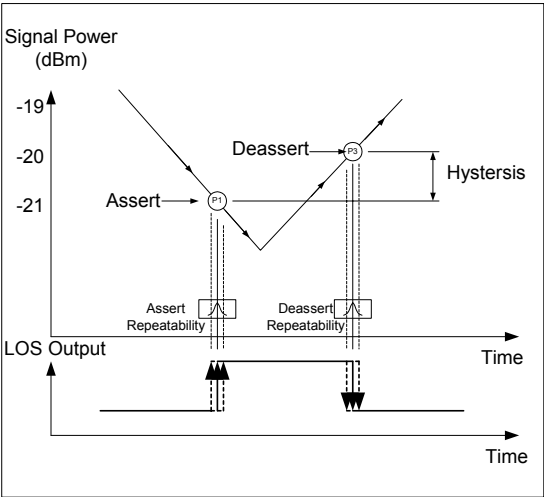


图 5. 信号丢失功能

表 2. 典型接收器误码率和信号电平

BER	S_{P-P}/N_{RMS}	Pave (dBm)	OMA (μW_{P-P})	TIA输入 (μA_{P-P})	MAX3991 输入(mV_{P-P})
10^{-3}	6.18	-21.6	10.3	8.7	26
10^{-4}	7.438	-20.8	12.4	10.5	31
10^{-6}	9.507	-19.7	15.8	13.4	40
10^{-8}	11.224	-19.0	18.6	15.8	48
10^{-9}	11.996	-18.7	19.9	16.9	51
10^{-10}	12.7	-18.4	21.1	17.9	54
10^{-12}	14.069	-18	23.3	19.9	59

7 结论

MAX3991 提供了精确探测 10Gbps 接收器低 OMA 的解决方案。用户可根据不同 BER 设置 LOS 报警指示。还可通过附加滞回实现小信号输入时的可靠 LOS 探测。