
MAX3735A 激光驱动器输出配置

第 4 部分: 驱动 VCSEL

MAX3735A 输出配置，第 4 部分：驱动 VCSEL

1 前言

MAX3735A 为直流耦合 SFP 激光驱动器，专为数据速率达 2.7Gbps (参考文献 1) 的应用设计。MAX3735A 具有多速率、小封装、APC 环路、监视器输出等特性，符合 SFP 安全/定时规范，非常适合工作在宽数据速率范围的各种光模块应用。MAX3735A 的输出用来驱动直流耦合、边缘发射、共阳极激光器，也可以用于驱动其它各种激光器配置(参考文献 2, 3)。

本设计笔记(第 4 部分)将详细讨论 VCSEL 驱动，该系列设计笔记的目的在于讨论各种输出配置的优缺点，所提供的原理图和范例有助于模块设计人员在其应用中选择最佳的输出结构。

MAX3735A 只是讨论这些接口的一个范例，相关技术同样适用于其它激光驱动器，如 MAX3737、MAX3735、MAX3850 以及 MAX3656，它们具有相似的输出结构。

2 驱动 VCSEL

垂直腔面发射激光器(VCSEL)通常用于以太网和其它短距离通信应用。目前有许多专用于 VCSEL 的激光驱动器，例如 MAX3740、MAX3741 和 MAX3996。本篇应用笔记旨在提供 MAX3735A 驱动共阳或隔离 VCSEL 的方案，适合边缘发射激光器与 VCSEL 共用一个驱动器的应用。

2.1 用 MAX3735A 驱动 VCSEL 的优点

1. **一个器件多种应用**—用 MAX3735A 驱动 VCSEL 允许模块制造商在多模块应用中(例如以太网、SONET、长程、短程等)使用一个驱动器芯片。

2. **增加调制电流**—与传统的 VCSEL 驱动器相比，用 MAX3735A 能够提供更大的激光驱动电流。

2.2 用 MAX3735A 驱动 VCSEL 的缺点

3. **交流耦合**—典型 VCSEL 的正向电压和串联电阻高于边缘发射激光二极管。这些因素使直流耦合变得更加困难，甚至难以实现。交流耦合的缺点是引入了低截止频率，导致抖动和基线漂移。详细信息请参考第 3.3 节。

2.3 VCSEL 与边缘发射激光器

VCSEL 与边缘发射激光器相比，串联电阻、正向电压和斜率效率等参数不同。这些参数会大大影响用于驱动激光器的输出配置类型以及所需要的驱动电流。

2.3.1 串联电阻

边缘发射激光器具有 4Ω 至 7Ω 的典型串联电阻。VCSEL 串联电阻与其构造中的层数有关。为工作在更高的速率，需要更多的层数，这样会导致串联电阻增加。例如，用于 10Gbps 系统的 VCSEL 具有 45Ω 至 80Ω 的串联电阻，而在 1Gbps 或 2Gbps 应用中，VCSEL 的串联电阻为 20Ω 至 50Ω 。

2.3.2 正向电压

VCSEL 正向电压(典型值 1.8V)高于标准的边缘发射激光器的正向电压(典型值 1.2V)。如果 VCSEL 的正向电压过大,将无法采用直流耦合。MAX3735A 要求输出端的最小瞬态电压不低于 0.7V。

图 1 给出了使用 VCSEL 时的静态偏置电压。在最糟糕的情况(最小供电电压和最大正向电压)下,输出电压仅为 0.77V。只有 0.07V 用于通过 VCSEL 和信号路径中寄生电感的调制电流。这些因素会将调制电流限制在几个毫安的量级上(假设 VCSEL 阻抗为 30Ω)。+3.3V 供电、电源电压变化范围为±10%时,如果 VCSEL 具有更大的正向电压,则需使用交流耦合连接 VCSEL 与驱动器。

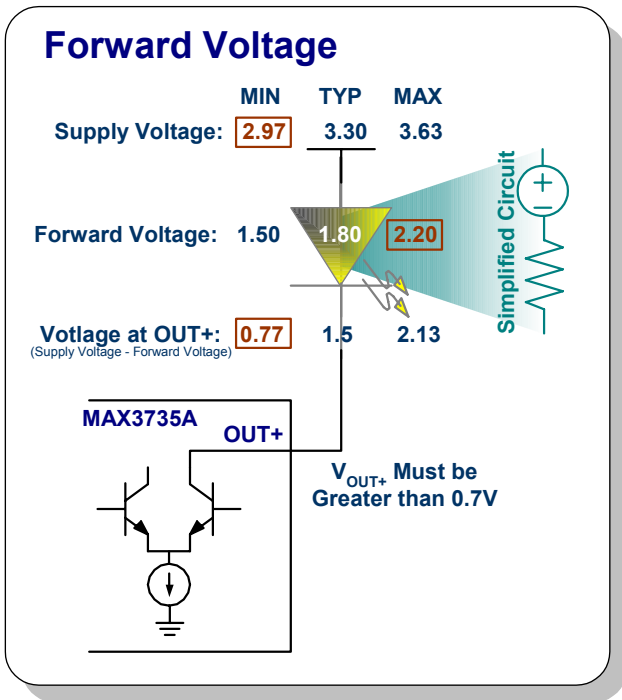


图 1. 正向电压

2.3.3 斜率效率

VCSEL 的斜率效率通常高于边缘发射激光器。改善了的效率需要更小的激光驱动器调制电流和偏置电流。有些情况下,VCSEL 要求的调制电流和偏置电流可能比驱动器能提供的额定最小值还低。

例如,MAX3735A 具有 10mA 的最小调制电流。VCSEL 典型调制电流为 5mA 至 25mA。使用交流耦合和上拉电阻,可减小提供给 VCSEL 的调制电流。

3 驱动器输出配置/特殊考虑

可使用直流耦合、交流耦合或差分驱动配置驱动 VCSEL。但是,用直流耦合或差分驱动配置驱动 VCSEL 会受到一定的限制。考虑到这个原因,本篇应用笔记仅讨论交流耦合输出配置。

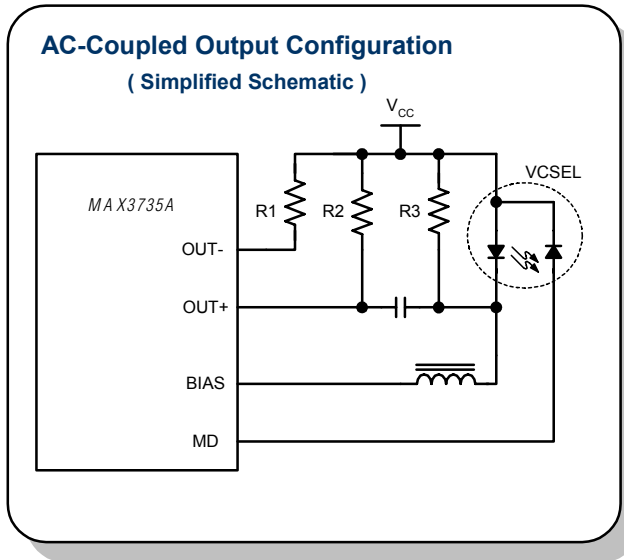


图 2. 交流耦合配置

3.1 交流耦合输出

交流耦合 VCSEL 输出网络的基本原理图连接如图 2 所示。R2 用于将调制电流从激光器分流,降低总的交流负载阻抗。另外,R3 用于减小提供给激光器的偏置电流,也分流一部分调制电流。添加 R3 的目的在第 3.3 节“自动功率控制(APC)环路”中给出了详细解释。R2、R3 和 VCSEL 串联电阻的并联阻值应为 15Ω 至 25Ω。在典型应用中,R2 应为 25Ω 至 75Ω 之间,R3 应大于 100Ω。合理选择 R2 和 R3,为激光器提供适当的电流(图 3)。

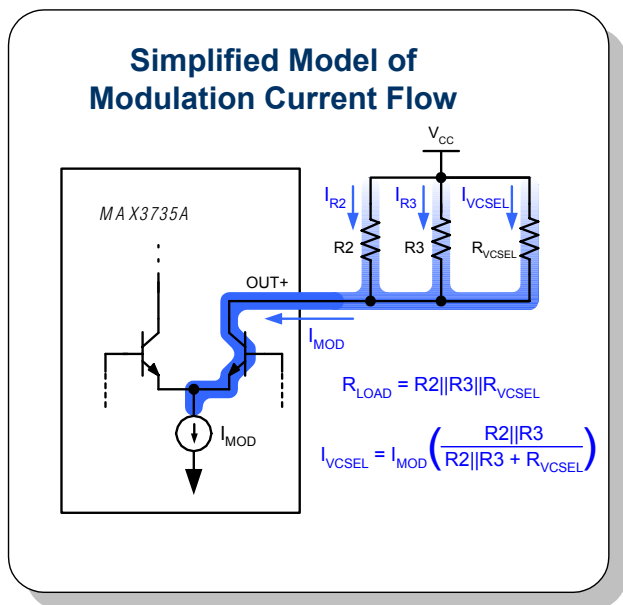


图3. 调制电流模式

3.2 激光增益和 APC 环路

用于高速通信系统中的VCSEL组件一般包括一个监视二极管。监视二极管为光敏二极管，产生正比于光输出功率的电流(I_{MD} ，图 4)。激光驱动器的自动功率控制(APC)环路通过调节偏置电流，保持恒定的监视二极管电流(I_{MD})，这个电流转换为恒定的平均光功率。 I_{MD} 与平均光电流($I_{BIAS} - I_{THRESHOLD}$)的比值也就是VCSEL的增益(图 4)。

VCSEL 增益的典型值大于边缘发射激光器。MAX3735A 的 APC 环路增益设计在 0.005 到 0.045 之间。可能的话，增益(从 MAX3735A APC 环路看过去的增益)应当减小到 0.045 以内。使用图 4 中的电阻 R3 可以获得这样的增益。偏置电流被电阻 R3 和 VCSEL 分流，由于通过 R3 的电流不会转化为监视二极管的电流，因此，会减小增益(APC 环路的等效增益)(图 4)。

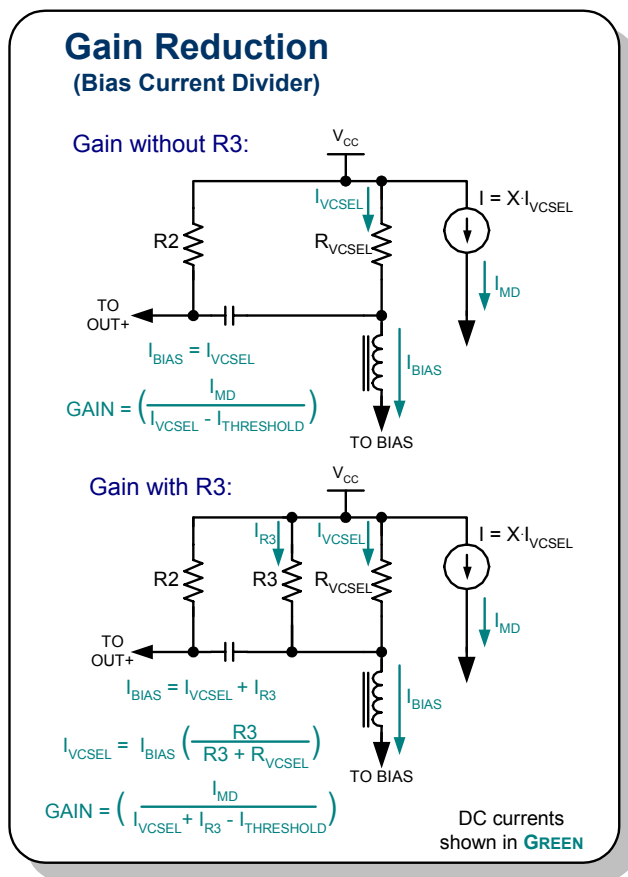


图4. 降低增益

如果使用电阻R3 能够使增益降低至 0.045 以内，则需适当增大APC环路的电容，以保证系统稳定性。关于如何选择APC环路电容，请参考文献 4。

3.3 低频截止

交流耦合输出配置引入低频截止点，会导致抖动和基线漂移(文献5, 6)。表 1 列出了各种应用中交流耦合电容(C_{AC})的推荐值，可以降低这些影响因素。

表 1. 电容推荐值

以太网 或 光纤通道	
数据速率 $\geq 2.125\text{Gbps}$	$C_{AC} \geq 0.01\mu\text{F}$
数据速率 $\geq 1.0625\text{Gbps}$	$C_{AC} \geq 0.1\mu\text{F}$
SONET	
数据速率 $\geq \text{OC48}$	$C_{AC} \geq 0.1\mu\text{F}$
数据速率 $\geq \text{OC24}$	$C_{AC} \geq 0.22\mu\text{F}$
数据速率 $\geq \text{OC24}$	$C_{AC} \geq 0.47\mu\text{F}$
数据速率 $\geq \text{OC3}$	$C_{AC} \geq 1\mu\text{F}$

3.4 匹配网络

当以吉比特的数据速率调制激光时，常常需要一个匹配网络，以减小输出振荡和过冲。图 5 给出了一些可用的布局和方式，其中元器件的确切数值应由实验确定，通常情况下电容 C_1 的范围在 0.5pF 到 10pF 之间，方案 1 中电阻 R_1 在 30Ω 到 75Ω 之间，方案 2 中电阻 R_2 为 100Ω 至 200Ω 。

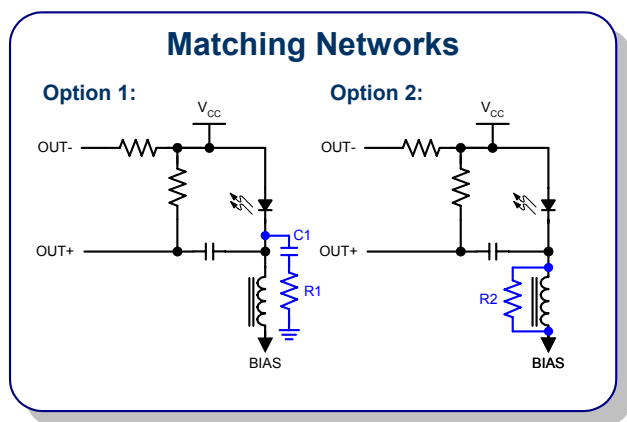


图 5. 匹配网络

匹配网络需在寻求过冲和上升/下降时间的平衡中达到最优化，增加电容或降低电阻值会减小过冲，使边缘速度下降。

4 布线技术

为在吉比特数据速率上获得良好结果，应当仔细考虑激光器的封装、器件的布局和电流返回路径等因素。

4.1 激光器封装和连接

激光器和外部元器件的寄生电感和电容会降低系统性能。在吉比特速率调制激光器时应尽可能减小调制路径中的寄生电感和电容。

激光驱动器与激光器之间采用短的连接线、短的引脚(TO 型封装)或改进激光器封装能够减小串联电感；可能的话，TO 型激光器应采用边缘安装，以避免过孔连接对寄生参数的影响。

4.1.1 激光器的边缘安装

通常在电路板设计中，地线和电源层要从板的物理边缘引出。但在将一个 TO 型的激光器连接在板子的边缘时，地线层应当延伸到与激光器连接的线路板的边缘处(图 6)，延伸地层将减小引线电感、改善高速性能。可能的话，应将高速连接线(激光器的阳极和阴极)放置在电路板的顶层，有效利用扩展接地层带来的低引线电感的优势。应尽可能将激光器放置在接近电路板边沿的位置，以便减小引线的电感。

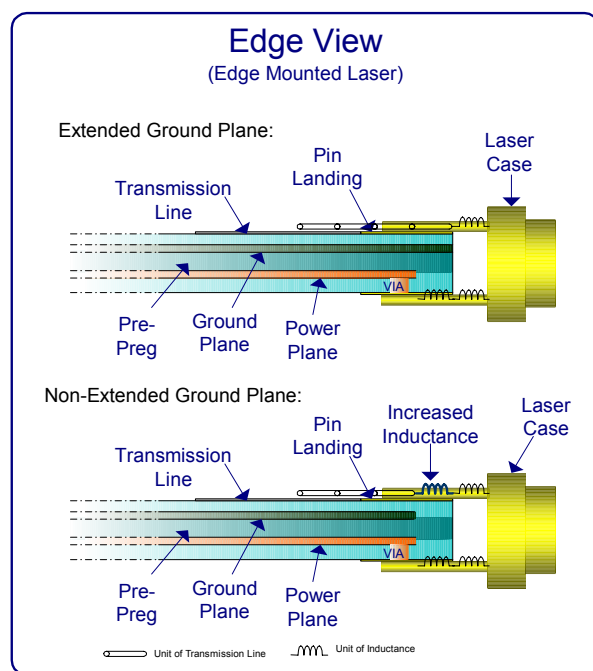


图 6. 激光器的边缘安装

4.2 元器件布局与电流返回路径

对返回通路、电流路径和滤波的考察评估是元器件布局工作的一个重要部分，参考图 8，图 7 给出了一种可能的元件布局(注意：这些配置仅是建议而已，针对每个应用有必要作进一步评估和修改)。

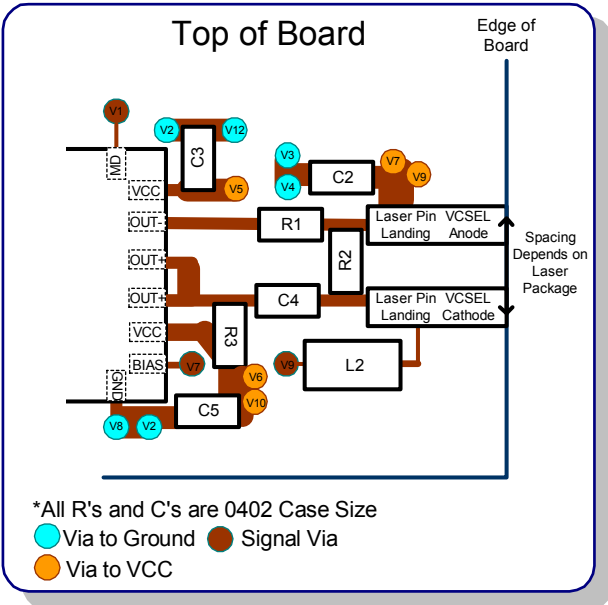


图 7. 可能的元器件布局方案

应该采用专用的地线和电源层，专用的地线和电源层可减小引线电感，为高速电流提供一个更好的返回通路。在可能的情况下，旁路电容的返回通路也应该有一定的方向定位，以使地线连接与传输线和器件地尽量靠近。

上拉电阻(图 1 中的R2)具有小的高速开关电流，因而，R2 应当就近接到V_{CC}上，需要良好的旁路措施。

5 范例

5.1 原理图

为了说明如何驱动 VCSEL，用 MAX3735A 和 Honeywell 的 VCSEL (HFE4190-541，文献[7]构建和测试了电阻上拉交流耦合网络。图 8 给出了连接原理图。

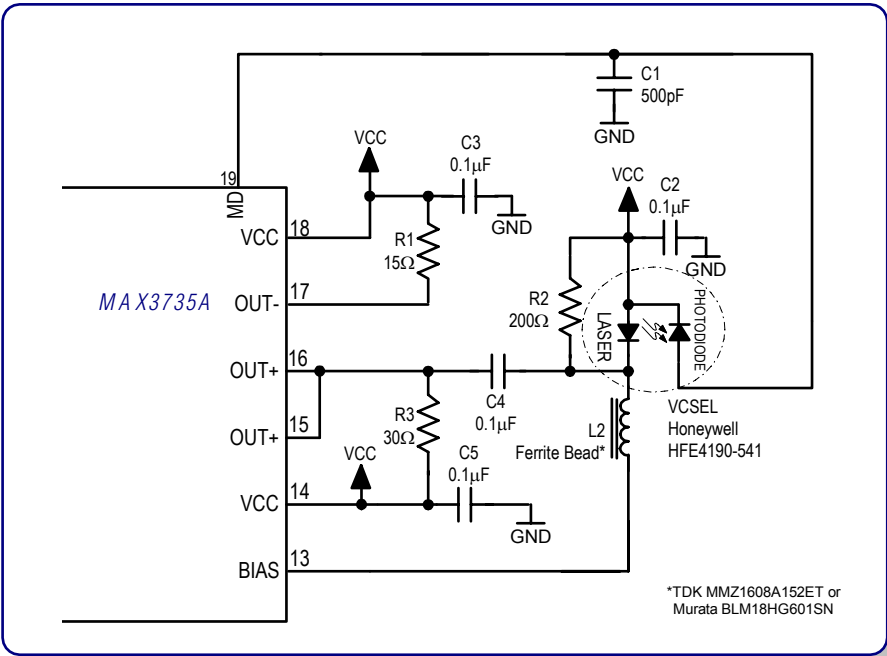


图 8. 原理图

5.2 测试数据

根据上述建议和图 8 所示原理图，可得到以下眼图(图 9-12)，没有使用匹配网络。根据激光器与电路板的具体连接方式以及器件的布局，决定是否使用匹配网络。建议在布板时留出空间，以便在需要时采用匹配(详细信息请参见 3.4 一节)。

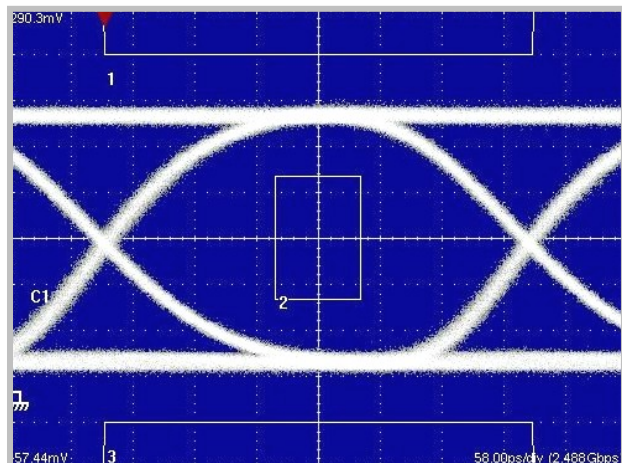


图 9. OC48 (滤波), $E_R > 9\text{dB}$, 2^{23} -1PRBS 标准模板

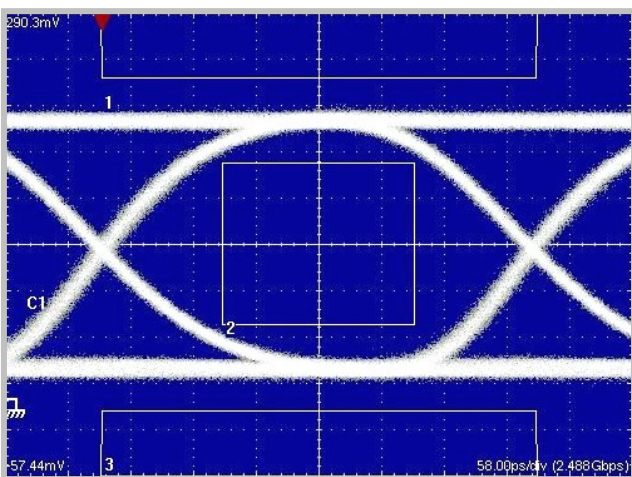


图 10. OC48 (滤波), $E_R > 9\text{dB}$, 2^{23} -1PRBS, 标准模板留有 30% 裕量

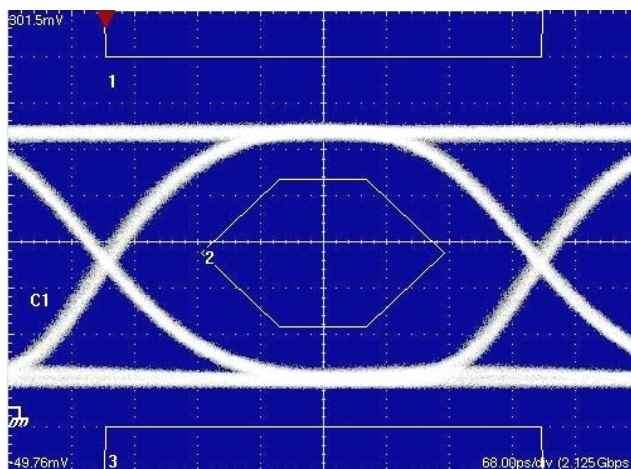


图 11. 2.125Gbps (滤波), $E_R > 9\text{dB}$, 2^7 -1PRBS, 标准模板

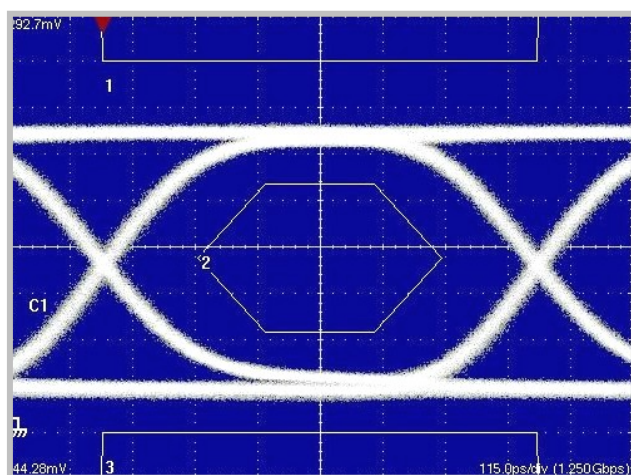


图 12. 1.25Gbps (滤波), $E_R > 9\text{dB}$, 2^7 -1PRBS, 标准模板

6 结论

VCSEL 驱动的要求与边缘发射激光器的要求不同。可以证明：使用上述的方法和技术，MAX3735A 边缘发射激光驱动器可以在吉比特速率驱动 VCSEL。利用 MAX3735A 驱动 VCSEL，可以用一个器件构建多模系统。

参考文献:

1. 数据资料: “[MAX3735/MAX3735A: 2.7Gbps、低功耗 SFP 激光驱动器](#)” – Maxim Integrated Products, 2003 年 5 月。
2. 设计笔记: “[MAX3735A: 激光驱动器输出配置, 第 1 部分: 直流耦合优化技术](#)” – [HFDN-26.0](#), Maxim Integrated Products, 2003 年 6 月。
3. 设计笔记: “[MAX3735A: 激光驱动器输出配置, 第 3 部分: 差分驱动](#)” – [HFDN-26.2](#), Maxim Integrated Products, 2003 年 9 月。
4. 设计笔记: “[MAX3735: Choosing the APC Loop Capacitors Used with MAX3735/MAX3735A SFP Module Designs](#)” – [HFDN-23.0](#), Maxim Integrated Products, 2002 年 9 月。
5. 设计笔记: “[Choosing AC-Coupling Capacitors](#)” – [HFAN-01.1](#), Maxim Integrated Products, 2000 年 10 月。
6. 设计笔记: “[NRZ Bandwidth - LF Cutoff and Baseline Wander](#)” – [HFAN-09.0.4](#), Maxim Integrated Products, 2002 年 9 月。
7. 数据资料: “HFE4190-541 VCSEL” – Honeywell, 2003 年 10 月。