

应用笔记:

HFAN-2.5.0

Rev. 5; 10/08

激光二极管的单端和差分驱动比较

激光二极管的单端和差分驱动比较

1 引言

为了优化光发送器设计，应该选择合适的接口电路连接驱动器和激光二极管。一般而言，激光二极管单端驱动比较简单，需要较少的元件和电路板面积。缺点是边沿速度较慢，收发器电源上具有较大噪声，这些缺点最终会影响接收灵敏度。实际应用表明，采用差分驱动的光发送器能够克服单端驱动的不足。本应用笔记阐述了差分驱动比单端驱动能够提供更快边沿速率的原因。

2 单端驱动和差分驱动的电路配置

对于单端驱动，激光调制电流加在激光器阳极(共阴极激光器)或激光器阴极(共阳极激光器)。图 1 是驱动共阳极激光器的简单原理图，调制电流通过阻尼电阻(R_D)加在激光器阴极。激光器阳极直接连接至电源，驱动器偏置输出经过铁氧体磁珠隔离后为激光器提供偏置。对于平衡的直流和交流负载，通过铁氧体磁珠和电阻构成的并联网络将驱动电路互补输出上拉至 V_{CC} ，该电阻匹配于激光器负载和阻尼电阻的等效阻抗。RC并联网络(R_F 和 C_F)提供高频衰减。驱动器输出电容 C_P (C_{P1} 和 C_{P2})表示输出晶体管等效电容、封装和电路板寄生电容的等效值。

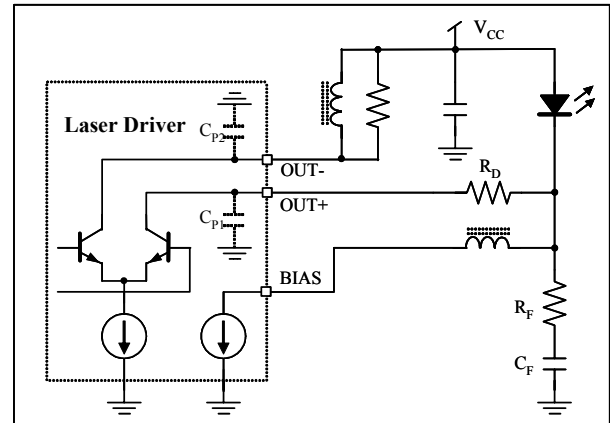


图 1. 激光二极管的单端驱动方式

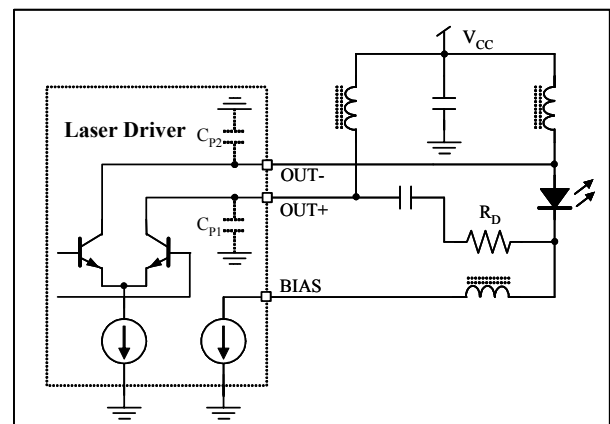


图 2. 激光二极管的差分驱动方式

图 2 所示是差分驱动的例子。激光器阴极通过一个阻尼电阻(R_D)交流耦合至驱动电路输出。驱动器输出通过铁氧体磁珠上拉至 V_{CC} ，为输出晶体管提供直流偏置。驱动电路互补输出和激光二极管阳极公共端通过一个铁氧体磁珠连接至 V_{CC} ，铁氧体磁珠提供 V_{CC} 的高频隔离。激光器偏置方式与单端驱动相似。采用相同的激光二极管和驱动电流，与单端驱动相比，差分驱动的 2.5Gbps 光发送器在边沿速率上加快了 20ps [1]。

3 单端驱动的充、放电

图 3 是对图 1 单端驱动电路的改进。为简单起见，在下面讨论中忽略 R_F 和 C_F 补偿网络。激光器导通期间，输出晶体管T1 通过阻尼电阻 R_D 为激光器调制提供吸电流，对寄生电容 C_{P1} 充电， C_{P1} 充电完成后才能对激光器提供调制电流。因此，对该电容充电的瞬态电流是导致上升沿速率下降的直接原因。

激光器关闭时，T1 停止吸收电流，寄生电容 C_{P1} 通过由激光二极管和阻尼电阻构成的串联网路放电。这一瞬态电流减慢了激光器的关断过程，导致光输出有一个缓慢拖尾。充放电周期时间常数 τ_{SE} 大约为：

$$\tau_{SE} \approx (R_D + R_L) \cdot C_P$$

其中 R_L 是激光器等效电阻。本分析中忽略了激光器的串联电感。

串联电阻 R_D 用于抑制激光器、寄生电感导致的激光器上冲和振铃。因此，降低驱动器输出端的等效电容是获得快速光输出边沿的关键。图 4 是阶跃响应的仿真结果，激光二极管建模为 5Ω 电阻与 1pF 电容并联，阻尼电阻 R_D 选择为 10Ω 。本测试中使用的晶体管(T1 和T2)边沿速率(20%-80%) 大约为 25ps 。激光二极管输出边沿仿真结果列在表 1 中，下降沿要比上升沿缓慢。

表 1. 单端驱动的边沿速度(单位为 ps)和输出电容

C_P (C_{P1} & C_{P2})	1pF	2pF	3pF
t_r/t_f (20%-80%)	41/46	53/59	71/78
t_r/t_f (10%-90%)	60/72	83/97	118/125

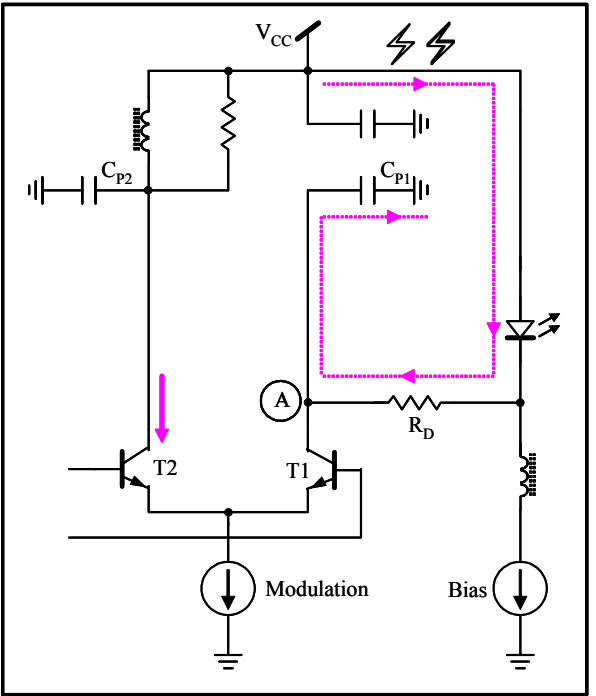
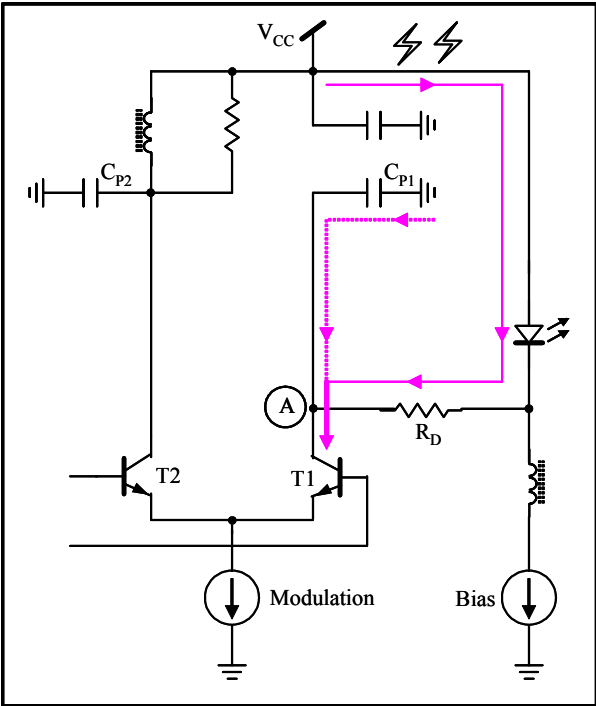


图3. 单端驱动电路的充电(上图)和放电(下图)环路 (点线表示电容充电或放电时的瞬变电流)

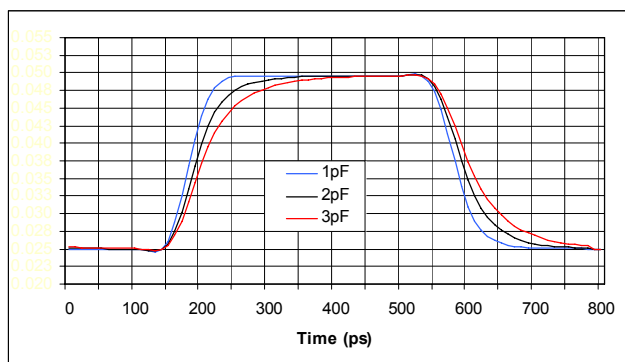


图 4. 单端驱动的阶跃响应仿真

单端驱动的另一缺点是在 V_{CC} 上会产生较大的瞬变电流。必须很好的设计收发器布板和电源去耦电路，否则，接收器将受到电源噪声的影响，最终影响光接收灵敏度。

4 差分驱动充、放电

图 5 所示为激光二极管差分驱动电路。激光器导通时，输出晶体管T1 吸收电流，对T1 集电极的寄生电容 C_{P1} 充电，通过阻尼电阻 R_D 和交流去耦电容调制激光器。由于铁氧体磁珠保持电流固定不变，因此 $i_{CP1} = i_{CP2}$ 。在激光器关闭时，驱动电流切换至互补侧，在类似环路中更换充放电过程。

差分驱动中要得到与单端驱动相同的激光调制电流，激光二极管和阻尼电阻的电压摆幅应保持不变。这意味着，单端驱动节点A (ΔV_A) 的电压摆幅应等于差分驱动的($V_A - V_B$)。因此，差分驱动电容 C_{P1} 和 C_{P2} 的电压摆幅只有单端驱动的一半，所以差分驱动支持更快的信号传输。激光器导通和关闭的时间常数 τ_{DF} 大约为：

$$\tau_{DF} \approx (R_D + R_L) \cdot \frac{C_{P2}}{1 + C_{P2}/C_{P1}} = \frac{1}{2} (R_D + R_L) \cdot C_P$$

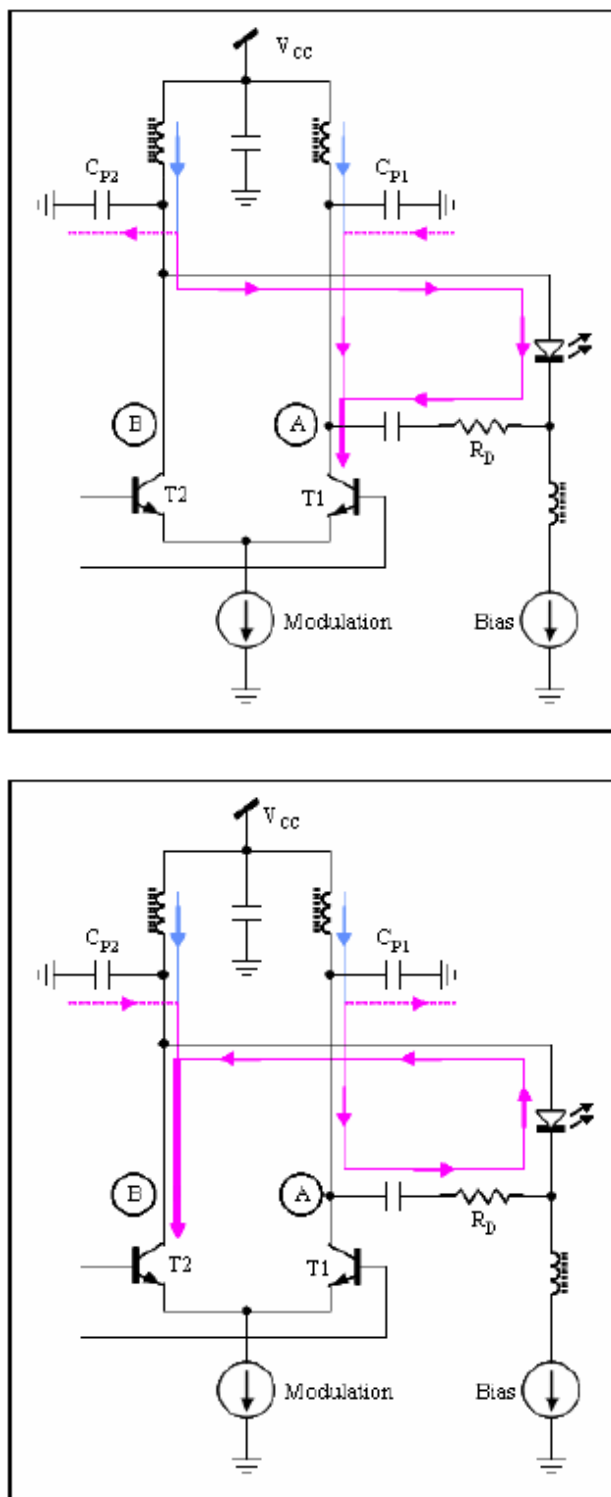


图 5. 差分驱动电路的充电(上图)和放电(下图)环路 (点线表示电容充电或放电时的瞬变电流，假设通过铁氧体磁珠的电流保持不变)

差分驱动的时间常数 τ_{DF} 大约是单端驱动时间常数 τ_{SE} 的一半，表明能够提供更快的发送器边沿速率。图 6 和表 2 是阶跃响应的仿真结果，对于 2pF 的输出电容，20%-80%和 10%-90%的下降沿速率分别加快了 20ps 和 43ps。

表 2. 差分驱动的边沿速度(单位为 ps)和输出电容

$C_P (C_{P1} \ \& \ C_{P2})$	1pF	2pF	3pF
$t_r/t_f \ (20\%-80\%)$	34/34	39/39	45/45
$t_r/t_f \ (10\%-90\%)$	51/50	58/57	71/69

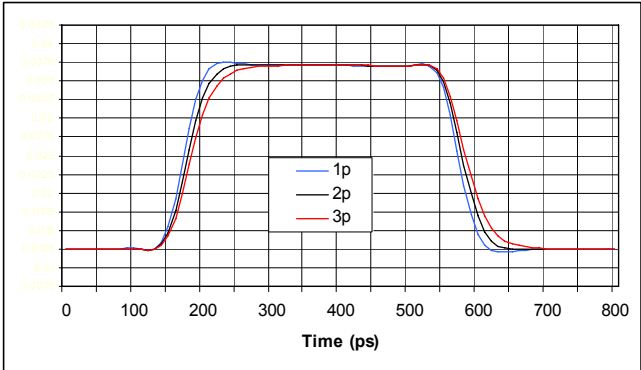


图 6. 差分驱动的阶跃响应仿真

由于本身具有对称性，差分驱动能够承受较高的容性负载。与单端驱动相比，输出电容导致的边沿劣化较低。它还提供一致的上升、下降时间，有助于改善发送器的光输出眼图。另一方面，激光器充、放电环路具有相同的外部电路，能够承受电路板布局的偏差和失配，对 V_{CC} 不会产生其它噪声。差分驱动的不足是驱动电路和激光二极

管之间采用了交流耦合，在某些应用中可能会产生低频截止问题。

5 结论

本应用笔记说明采用差分激光驱动器可以改善光发送器的边沿速率。差分驱动的一个主要优点是能够承受更大的输出节点电容。但是，这并不表明可以忽略输出电容，良好的高频电路布板以及其它降低输出电容的措施仍然非常重要。同样，在实际应用中，还必须考虑其它因素(本应用笔记中没有讨论)，包括：(a) 激光器等效电容(将在电路中引入另一极点)；(b) 激光器光电转换过程会降低边沿速率，导致上升沿和下降沿出现不对称。由于存在这些因素，高速工作需要相对较快的激光二极管，以及尽可能小的激光器封装电感。

参考文献

[1] 应用笔记：“MAX3735A：激光驱动器输出配置，第 3 部分：差分驱动” Maxim Integrated Products, 2003 年 11 月。