



光电子电路集

By Neil Albaugh

本文档收集的模拟电路，在电光学应用中，尤其是连网的光学系统中，具有很大的用处。本文档主要总结了这些电路的一些主要特点。

雪崩光电二极管偏压电源-1

为了控制它的增益，反偏压雪崩光电二极管需要提供0V到+80V的输出电压。这种电路也可以被调整成0V到-80V的输出电压。

线性TEC驱动器-1

这是一个桥式负载的线性放大器(BTL)，可以驱动热电冷却器(TEC)。它工作电压是+5V，并且能给一般TEC提供 $\pm 2A$ 的驱动电流。

线性TEC驱动器-2

这个电路和驱动器-1是非常相似的，但是，为了提高效率，它的电源输出级要单独提供+3.3V电源供电。用标准的+2.5V参考信号来驱动放大器，会引起输出晶体管达不到额定功率。

线性TEC驱动器-3

这个BTL TEC驱动电压的输出级，通过提供与 $\pm 2.5V$ 电源轨非常接近电压的方法，可以获得非常高的效率。此驱动器可以给一般的TEC提供 $\pm 2A$ 驱动电流。在 $\pm 1.5V$ 电压供电的情况下，电压输出状态可以正常运行，并且在这种情况下，此线性的放大器具有非常高的效率。

激光二极管驱动器-1

在这里显示的是一个单端电压控制电流源。这个电路是采取单独+3.3V供电，并且通过从数模转换器获取0V到2V的输入电压，它可以给激光二极管提供0A至2A的驱动电流。它的输入电压也可以配置为0V到-2V。

激光二极管驱动器-2

和前一个电路相似，但是它的工作电压为 $\pm 5V$ ，并且是反相的，即通过0V到-2V的输入，可为激光二极管提供0A到2A的驱动电流。一个具有非常低噪声的双极型输入运算放大器，可以使这个电路输出低噪声电流，在信道间隔稠密的系统中，这一点是非常重要的。注意，正如图所显示的一样，不要把激光二极管任何一端接地。

具有标识高低温度极限范围的窗体比较器

这个电路对于检测TEC热敏电阻的温度是非常有用的，可以检测出热敏电阻超出温度范围的条件，或者热敏电阻是否被短路或开路的情况。由于电流源的原因，不能进行重复调整阈值。该电路供电电压为+5V。

雪崩光电二极管栅极偏压电源-1

雪崩光电二极管(APD)一般用在高敏感、宽带宽的光探测电路。高的反偏压电压通过此光电二极管的节点可以产生一个雪崩增益，变换的反偏压电压能控制这个增益。虽然一些APDs需要很少的几百伏偏压，但是，许多InGaAs和Si APDs仅仅需要60V到80V。图1所示，雪崩光电二极管提供了一个+80V的正向偏压。0V到+2V的输入控制电压，可以从DAC的输出得到或由模拟设备提供。

OPA445高电压放大器额定工作电压为±45V，如果可以测量功耗极限的话，那么它可以提供±15mA驱动电流。为了从运算放大器得到较高的正向输出电压，只要其电压差小于等于90V并且放大器的共模输入电压在规定的范围内，该运算放大器可以由两个不相等电压源来供电。为了让OPA445的输出电压趋向于零，可以选择负的5V供电电压。同时在90V供电电压差之范围内，如果选择+85V的正向供电电压，OPA445的输出电压是+80V。 R_{IN} 和 R_F 使同相运算放大电路的增益是40V/V。如图2所示，输入0V到+2V，输出可达到0V到+80V。

其它的增益可以按照下面的公式来计算：

$$A_v = \left(\frac{R_F}{R_{IN}} \right) + 1$$

如果希望得到较低输出电压，在这个电路中，可采用其它运算放大器。如果正相供电电压降低到+55V，为了得到0V到+50V的偏压，可以使用OPA551或OPA552等运算放大器。

这个电路的带宽大概是60kHz，如图3所示，为了降低噪声，可以在 R_F 上并连一个电容。另外，电路中需要使

用低通滤波，可连接在DAC输出端，OPA445输出端或二者输出端，都添加被动RC低通滤波器(LPF)。在偏压电源上需要较低的噪声，因为APD偏压电源的噪声会传递给下一级电路，通常是跨阻抗放大器。

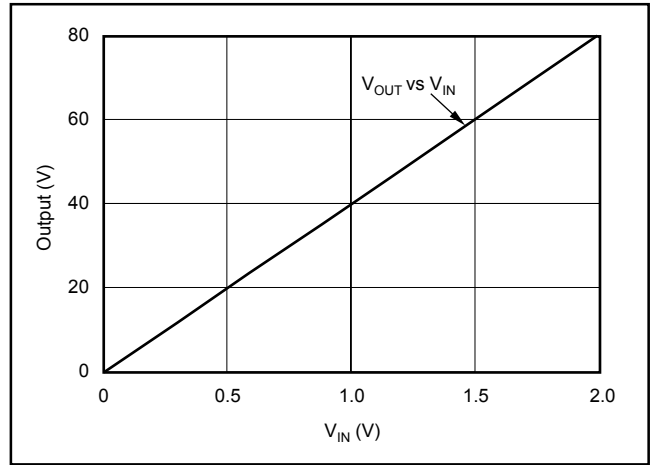


图2. 雪崩光电二极管 (APD) 偏压供电直流输出和输入电压的比

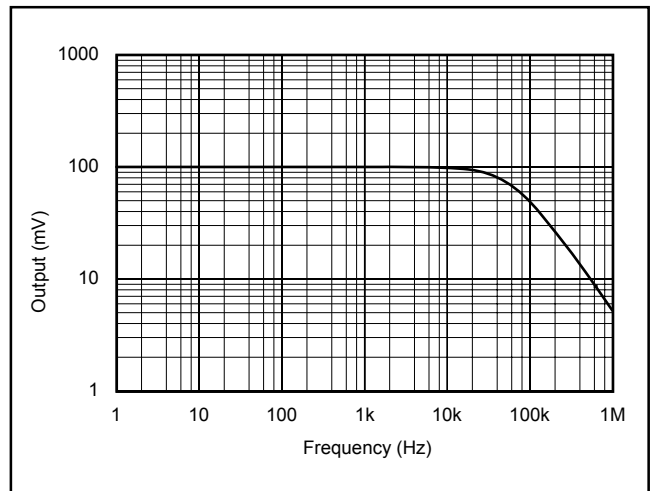


图3. 雪崩光电二极管偏压供电小信号带宽

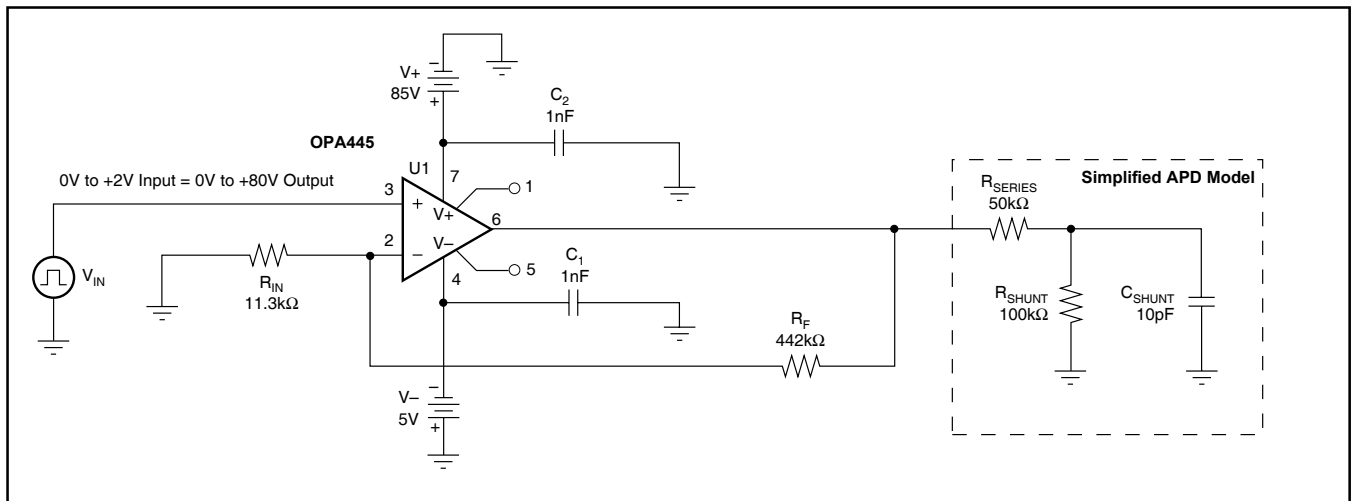


图1. 正相偏压电源电路图

图4显示了这个电路的瞬态响应，从图可以看到，它是不具有峰值和波谷的阶跃响应。OPA445是SO8表面封装的，所以在PCB布线板的一个角上，增加一个可编程的雪崩光电二极管偏压供电是可行的。这个偏压电源电路，把修改运算放大器供电为+5V和-85V，就可以被配置成具有0V到-80V的输出电路，同时需要一个0V到-2V输入电压，但是，如果电路能够与 R_{IN} 输入引脚、运算放大器的输入地引脚相连接，那么通常采用0V到+2V输入电压。这样就把运算放大器变成了反相配置，注意到在选择了OPA445作为反相器的条件下，电源的输入阻抗是低于（或者等于 R_{IN} ），

常用的反相运算放大器的增益等式是：

$$A_v = \left(-\frac{R_F}{R_{IN}} \right)$$

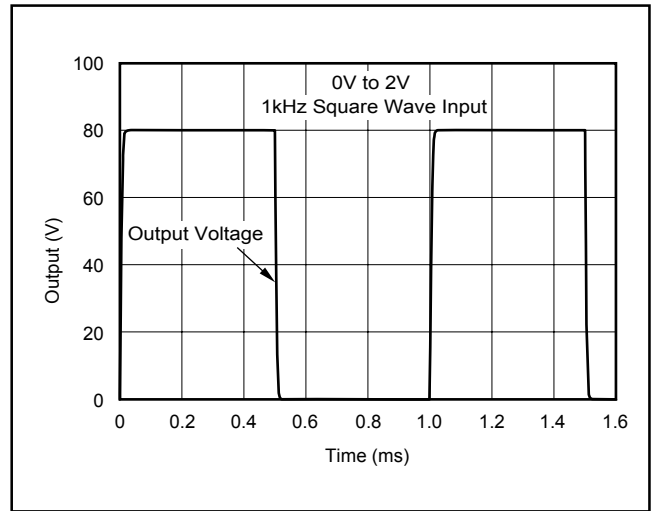


图4. 雪崩二极管偏压供电瞬态响应。

激光二极管激励器 - 1

图5显示的这种电压控制电流源电路，可以用来给一个信号或者是泵激光二极管提供恒定的电流。这种线性的驱动器给激光二极管比开关PWM电路，提供了更干净的驱动电流。

这种基本的电路是在R-R CMOS OPA350运算放大器的输出引脚上连接具有电流增压器功能的电流泵。在激光

二极管上串联一个分流电阻器，通过测量分流电阻上的电压降来测量激光二极管电流。

输出电流由输入电压控制，输入电压是来自一个模拟电压源或数模转换器的输出电压。正如图所示，比例因子是1V的输入得到1A的输出。比例因子可以是其它值，主要是通过修改下面的公式，选择合适的电阻值：

$$\frac{V_{IN}}{I_{OUT}} = \frac{R_3}{R_4} \cdot R_{SHUNT} \text{ and, } R_1 = R_3, R_2 = R_4$$

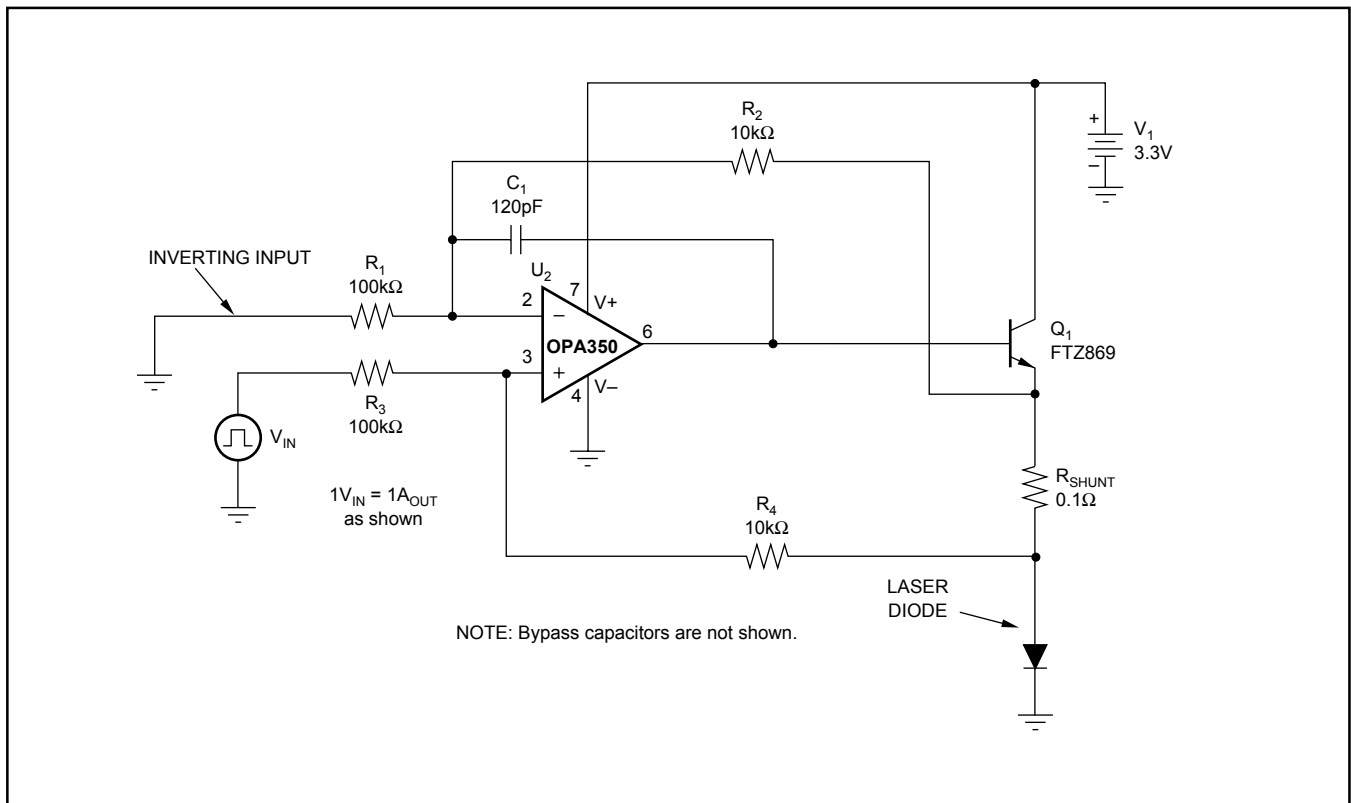


图5. 激光二极管恒定电流驱动器 - 1 电路图

在 V_{IN} 引脚上进行PSpice模拟（直流扫描），扫描输入电压从0V到2V。图6中靠近下面的曲线，表明了激光二极管电流和输入电压的关系，功耗 Q_1 显示在曲线上。

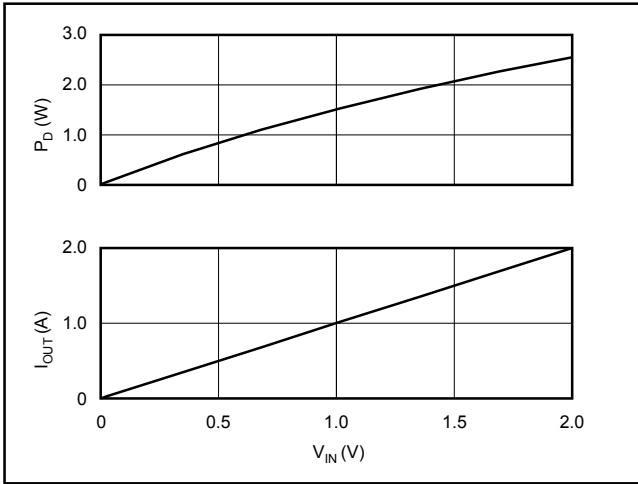


图6.在供电3.3V上，输出电流和功耗 Q_1 与输入电压的比例

在供电3.3V上，当输出1A的电流时，功耗只有1.5W，这也在FTZ晶体管承受范围之内，SOT-223封装的芯片可以通过PCB电路板上的铜铺来散热。

在图7中，在5伏的供电情况下，也具有类似的曲线，明显可以看到在低电压供电情况下的电流源的功耗优点，如果需要高恒流制输出电压，那么高5V的供电电压就具有优势。没有必要使用激光二极管的宏观模式，所以，激光二极管连接点可以通过三个硅二极管连接在一起来模拟。

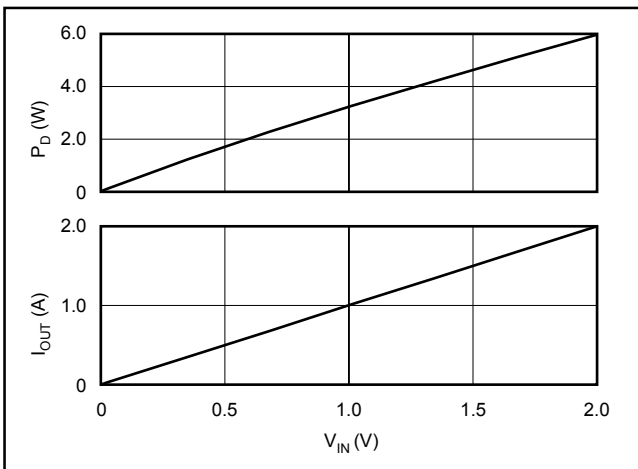


图7在供电5V上，输出的电压和功耗 Q_1 与输入电压的比例

图8显示了瞬态响应的PSpice探针输出图，输入电压的脉冲被逐级放大，从10mV到500mV和10mV到2V，可以绘制出电流的输出波形，电路在脉冲的上升和下降边缘没有明显的响应。图9显示了在5V供电下的脉冲响应。

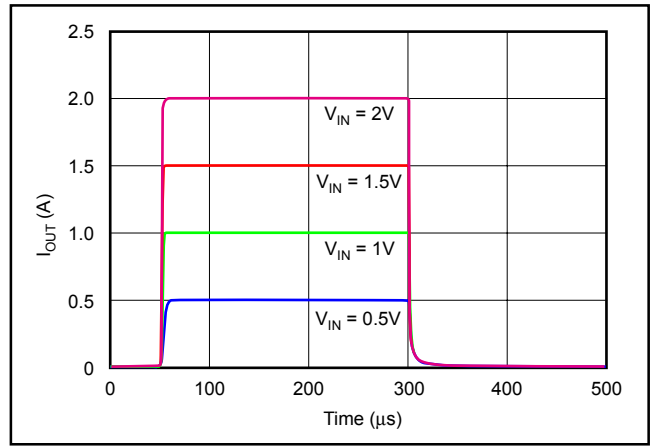


图8.在供电3.3伏时，激光驱动器瞬时响应

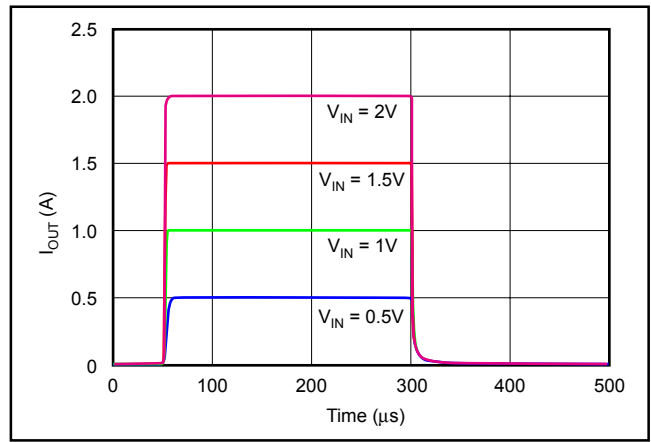


图9.在供电5伏时，激光驱动器瞬时响应

改变分流电阻的阻值，或者比例因子，都必然改变补偿电容的值 C_1 。在连接高成本的激光二极管作为输出时，必须保证你的电路的稳定性。

如果得到负的控制电压，那么电阻 R_1 和 R_3 就要连接地。放大器就被配置成反相的放大器，采用的电压升压器 Q_1 就会是一个很高的NPN增益，而不是一个复合晶体管，在基极电流是1A时，电路就具有超过300贝他系数，如果这样，CMOS OPA350放大器很容易把它驱动到高的电流值。在近似到达这个电流之前，晶体管集电极连续电流达到6.5A，但是已经达到了SOA的极限值。

如果可以接受一个没有方向的输出电流，那么这个电路就可以用来驱动TEC，来冷却激光二极管或者是雪崩二极管。增加一个机械开关，或者一个低导通H桥式，将使TEC可以从制热状态到制冷状态进行变化。

在你的实际应用中，复合这个电路要求的操作需要进行修改，这些修改都可以通过测试和模拟板实验。

激光二极管激励器 - 2

图10显示的这种电压控制电流源电路，可以用来给一个信号或者是泵激光二极管提供低噪声的恒定电流。这种线性的驱动器，给激光二极管提供驱动电流，要比开关PWM电路提供的驱动电流噪声要少。

基本的电路是，在 U_1 电流输出引脚上具有NPN晶体管电流增压器，这是一个低噪声双极性运算放大器OPA227。激光二极管电流是通过测量在 Q_1 发射极上分流电阻 R_{SHUNT} 的电压降来测量的。激光二极管的输出电流是由输入电压控制，输入电压来自模拟电压源或数模转换器的电压输出。

如图所示，比例因子是等于1A 等于-1V输入。比例因子(V_{IN}/I_{OUT})可以是其它值，可以通过利用下列公式选择合适的电阻阻值。

$$\frac{V_{IN}}{I_{OUT}} = \frac{R_1}{R_2} \cdot R_{SHUNT}$$

在电压的输入引脚 V_{IN} 上模拟了直流扫描，扫描输入电压从0V到-2V，图11中下面的一条曲线显示的是激光二极管输出电流和输入电压的关系， Q_1 功耗显示在曲线之上，在供电电压是3.3V时，只有1A输出电流，功耗只有1.5W。这也在晶体管FTZ851可以接受的范围之内，SOT223封装能把消耗的热量通过PC板上的铜铺来散热。

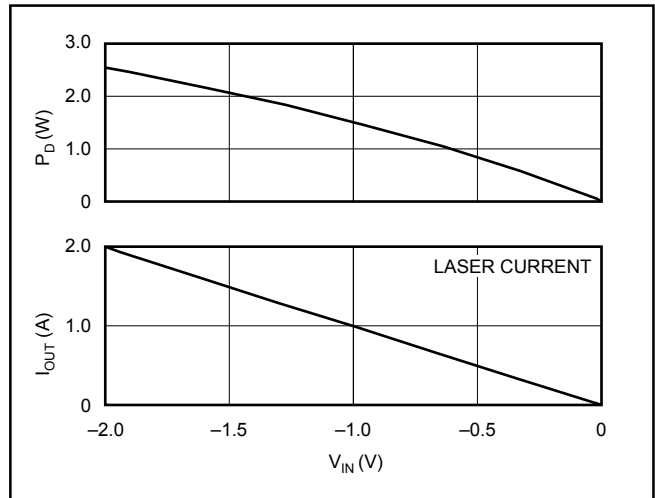


图11. 输出电流和 Q_1 功耗比

一个类似的直流扫描分析，可以在 Q_1 提供5V电压，可以得到输出电流和输入电压的曲线关系图，如果需要高恒流制输出电压，那么最好选择相应的高输入电压。运算放大 U_1 器能够提供从±5V到±15V电压。

图12显示了P Spice引脚瞬时响应模拟输出，输入电压脉冲振幅逐步被放大，从-10mV到-500mV和-10mV到-2V，从而绘制出输出电流的波形。电路在脉冲的上升边缘和下降沿都有明显的响应。在+5V供电时，也显示了明显的脉冲响应，改变分流电阻的阻值或比例因子将要改变补偿电容值，在连接高成本输出激光二极管 C_1 之前，需要把电路调整稳定。

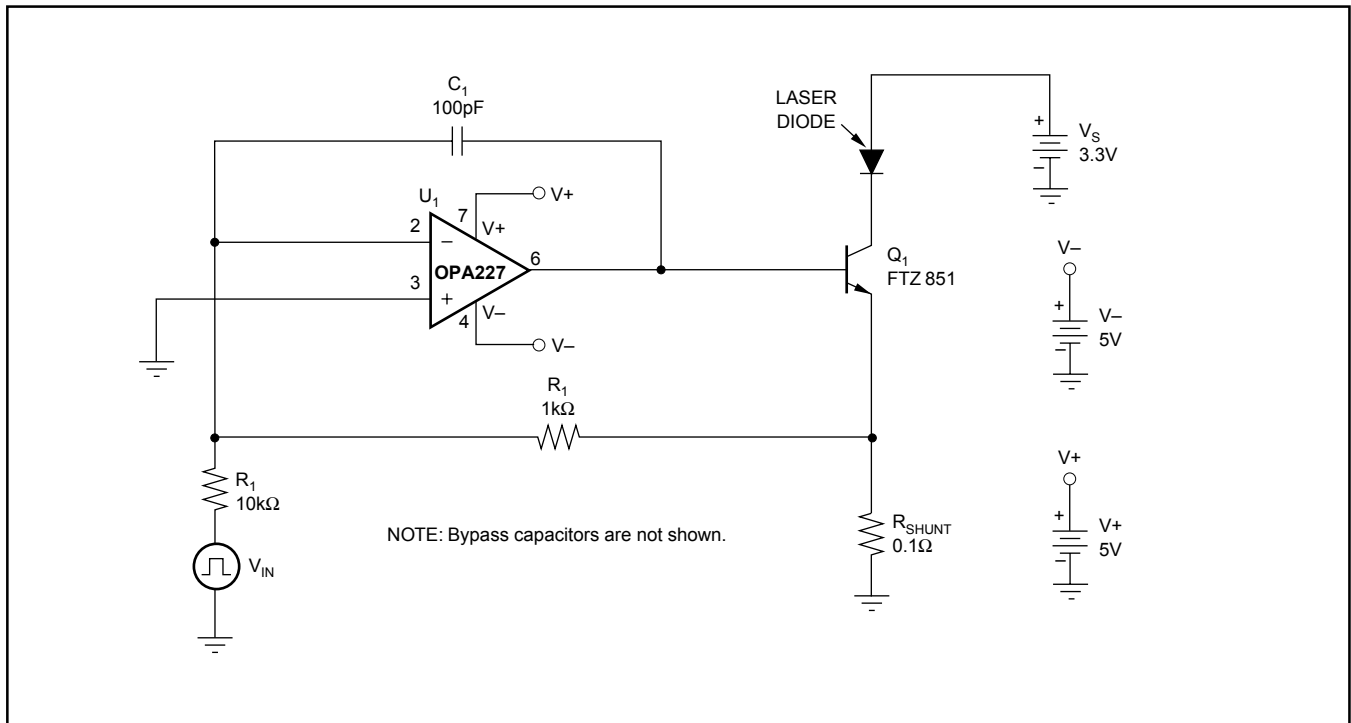


图10. 激光二极管很定电压驱动器-2 电路图

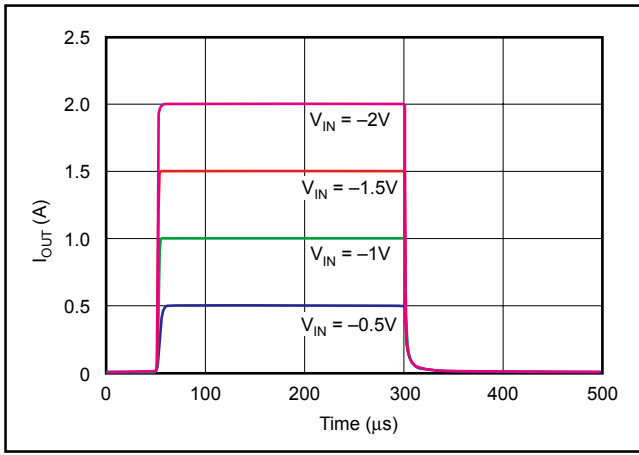


图12. 激光驱动器-2 +3.3V供电情况下瞬态响应

线性的TEC-1

从图15可以看到，线性TEC驱动电路的驱动能力是±2A。电路的供电电压是+5V，驱动TEC是在高恒定电流模式工作，一个桥式拓扑结构的负载放大电路，可以得到双向电流输出。由于放大器驱动负载的类型不同，所以，热点冷却器不能接地。

输入1/2电压偏压，允许放大器连接方向开关，并且具有单个输入电压源连接接口。在电路中通过VOS来标识。在图15中， V_{IN} 电压是通过R-R CMOS放大器 U_1 来放大的， U_1 放大器具有一个B类电压输出级（这个输出级是通过一个附加的功耗晶体管对 Q_1 和 Q_3 来得到的）。这个负载与一个TEC分流电阻 R_4 电阻连接，一个CMOS测量放大器 U_3 把通过测量分流电阻的压降放大50倍。可以返回给 U_1 输入。返回的方法强制TEC输出电流是 V_{IN} 的函数，分流电阻和测量放大器IA得到电流的比例因子。

$$\frac{V_{IN}}{I_{OUT}} = A_V \cdot R_4 \text{ where } A_V \text{ is the IA gain in V/V}$$

在 V_{IN} 引脚上进行P-Spice直流扫描模拟，扫描输入电压是从-2.5V到+2.5V，这是与从外部电压源得到0V到+5V的输入电压相等。

图13显示了对TEC，P-Spice直流扫描探测输出电流，TEC电流分别在不同大小的电阻下显示：1Ω，1.5Ω和2Ω，当在单一输入+5V电压情况下，驱动1Ω和1.5Ω的TEC时候，驱动能力是2A。输出电压限制了2Ω的TEC驱动电流为1.6A。

如图13显示的所示，TEC的驱动放大器是一个电压控制电流源，恒电流驱动器确保TEC驱动电流与TEC连接变化或长期老化无关的，恒电流驱动也消除了温度“反电

一个激光二极管宏观模式是不可能得到的，所以通过三个硅二极管相连在一起模拟激光二极管节。驱动电路需要激光二极管的阳极和阴极来产生浮动，电压升压器对 Q_1 说是一个非常高的增益单向NPN晶体管，而不是一个复合晶体管。在集电极电流2A引脚上，具有超过100贝他系数，如果这样，OPA227放大器很容易把它提高到高电流值，它的集电极连续电流是6A，但是在达到这个电流之前，SOA的极限就达到了。通过模拟板和测试来调整这个电路，可以满足你的实际需要。

动势”的影响，温度“反电动势”是在动态温度控制条件下，影响流过TEC的电流。

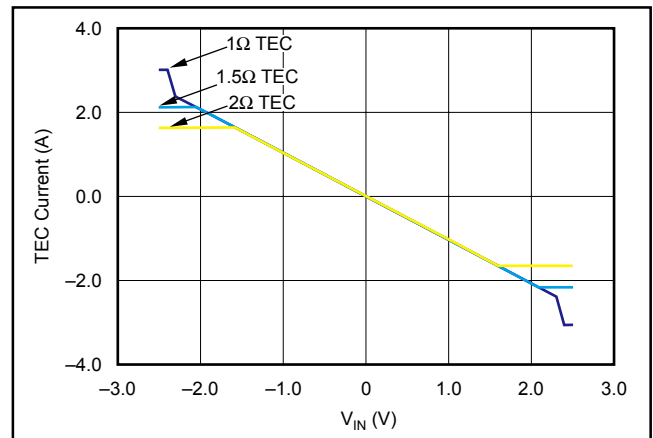


图13. TEC电流和输入电压 V_{IN} 的关系图

为了计算电路的功耗，需要散失由SOT223输出功率所引起的热量，和以前一样，在利用同样大小的TEC，通过扫描DC输入电压来模拟，图14显示出结果图。

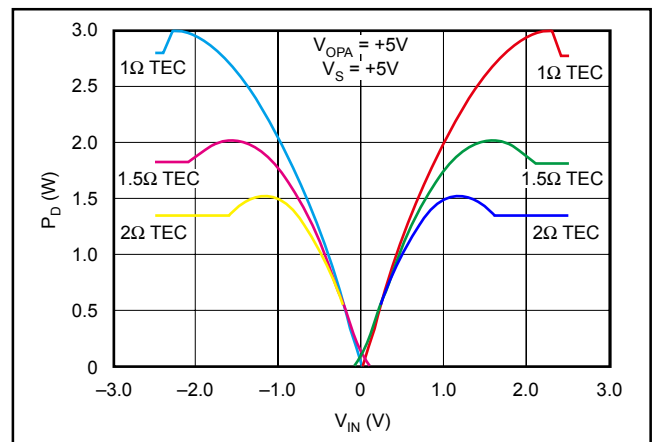


图14. 输出的晶体管功耗

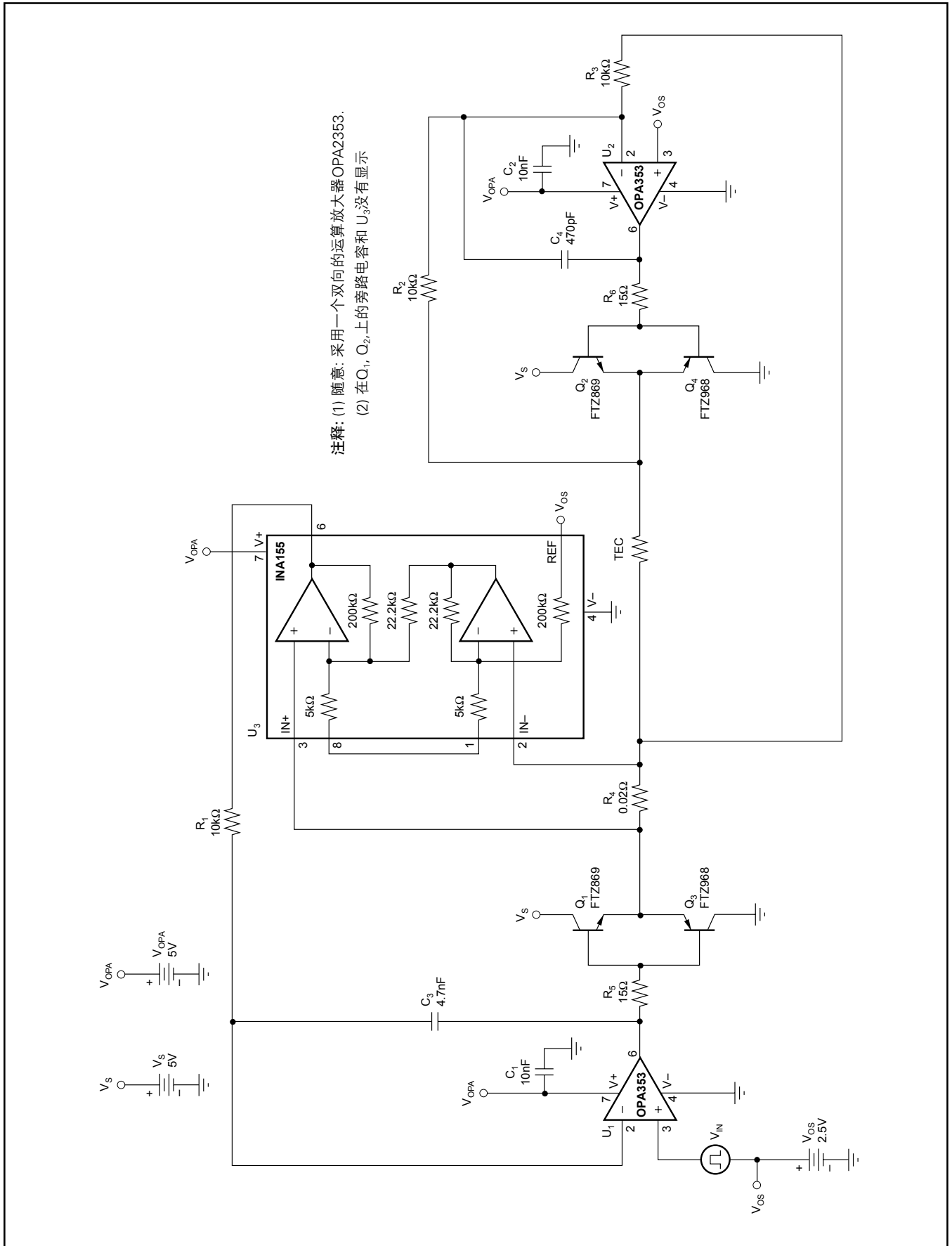


图15. TEC驱动器-1 电路图

一个NPN Q_1 和一个PNP Q_3 功率输出晶体管的功耗，也在本次扫描中显示出来，这个设备的功耗和桥式电路的另外半个电路（即NPN = Q_2 和PNP = Q_4 ）的功耗是一样的，正如图16所显示的。不管TEC是否在它的制冷模式或者是制热模式，电能通过 Q_1 、 Q_4 、或 Q_2 、 Q_3 耗散掉。由于系统总功耗的限制，驱动器的效率通常与大的多通道系统相关。线性放大器，没有PWM开关类型的效率高，但是，它们具有一个非常重要的优点，就是它的低噪声。在激光和雪崩二级电路中，开关噪声的干扰与线性驱动器没有关系。

直流模拟数据被用来绘制驱动器效率图，为了简化计算，只考虑功率输出级。CMOS OPA353运算放大器的功耗只有26mW，所以删除它对整个效率计算影响比较小。在计算时，效率被认为是传递给TEC电能与提供给设备能量的比率。例如，给1欧姆的TEC，输入电流1A，就表示1W功耗 $P_{OUT}(P_{OUT} = I^2R)$ ，给供电电压为5V的驱动 P_{IN} 引脚输入电流1A，得到的功耗是5W($P_{IN} = E \cdot I$)。

$$\text{Eff}(\%) = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} \cdot 100, \text{ or } \text{Eff}(\%) = \frac{I^2 \cdot R}{V_S \cdot I_S} \cdot 100 = \frac{1A^2 \cdot 1\Omega}{5V \cdot 1A} \cdot 100 = 20\%$$

不断调节输出电压，让它接近通过输出晶体管来最小供电电压，这样就减少了功耗，同样，这样可以让电阻负载上的电压值达到最大。正如上面的等式所示，这就增加了线性驱动器的效率。实际上，正如图16所看到的。这个电路在理想的情况下，可以达到60%以上的效率。将来讨论热电冷热器驱动器2和3。

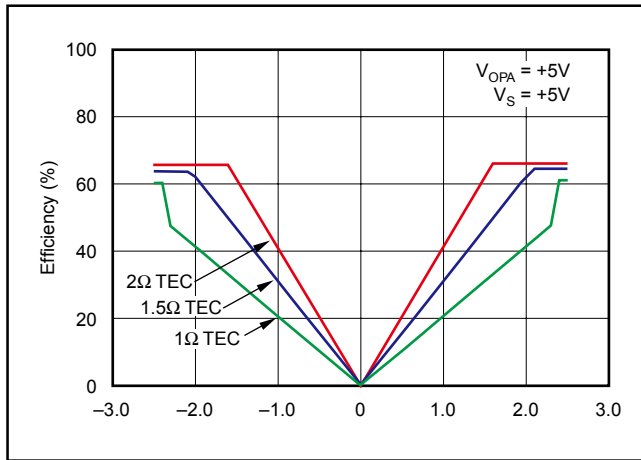


图16. 1Ω, 1.5Ω和2Ω负载情况下，驱动器的效率

通过运行交流和瞬时模拟，来检测驱动放大器循环电路稳定性，图17显示交流模拟的结果。

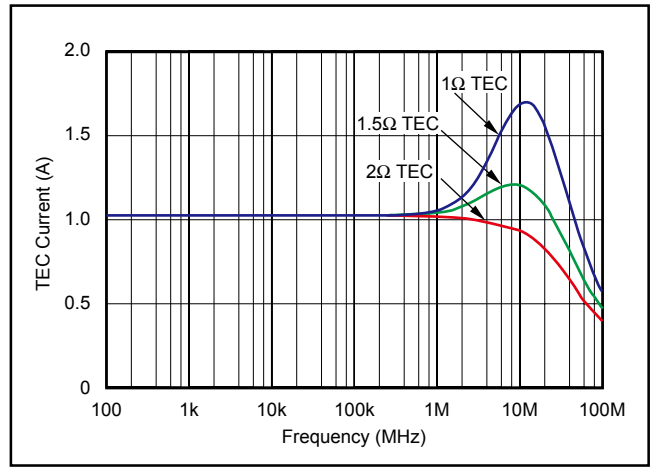


图17. TEC驱动放大器频率响应

TEC在1Ω和1.5Ω时，频率响应曲线上有波峰，但是通过增加 C_3 和 C_4 补偿电容的电容，可以消除这些峰值，注意电容 C_3 和 C_4 的电容值不同。因为是通过测量放大器 U_3 返回增益的，所以放大器 U_1 比放大器 U_2 需要更大值的电容。相似的结果，在图18中也可以看到，TEC激励放大器的P-Spice瞬态模拟，正如频率响应曲线推测的一样，在重负载时具有很小的波峰。也可以从瞬时响应波峰具有小的交叉变形得到证实，在0A附近会有假信号，主要是由于在关掉截止晶体管 and 打开补偿晶体管之间存在延时。

例如，运算放大器驱动的功率晶体管，必须在NPN晶体管关掉和PNP晶体管打开之间实现快速转换。由于放大器使用了B类的输出级，这个区域是 $2V_{BE}$ 。一个快速放大器，例如OPA353，可以让交叉畸变变小，并且增加交叉区域的稳定性。对于例如音频放大器的应用，输出级晶体管应该轻微偏向于导体(class AB1)，这样就可以一起消除交叉区域。有关驱动负载的应用，例如TEC不能保证输出级AB1类型复杂性。

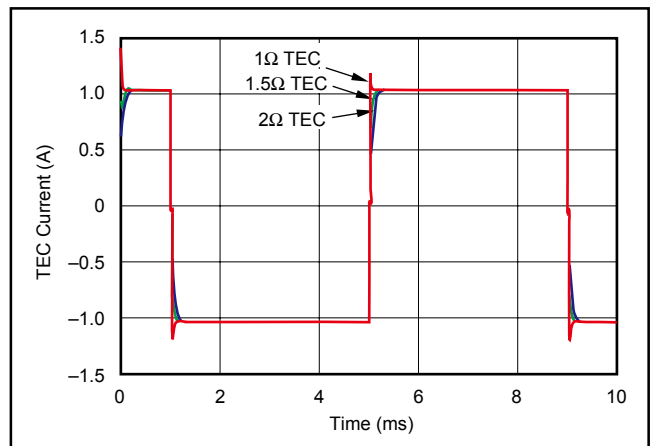


图18. TEC瞬时响应

线性TEC-2

线性TEC驱动电路具有+1.5A和-1A驱动能力，小信号放大电路需要+5V电压供电。功率输出级，为了让功耗达到最小，仅仅需要+3.3V供电。这个电路来驱动TEC在期望的高恒定电流模式下工作，一个BTL运算放大器拓扑结构，可以得到双向的电流输出，这种类型的放大器，可以驱动不同的负载，所以TEC，不能接地。

输入运算放大器的1/2电压偏差，即 V_{OPA} (在这种情况下电压偏差是+2.5V)，通常被用来让放大器连接方向开关，并且被用来连接单独输入电压源。在电路中，是通过VOS来标识的。在原理图中， V_{IN} 电压是通过具有B类输出级(主要是通过附加的功率管对 Q_1 和 Q_3 形成的)的R-R CMOS放大器 U_1 来放大，放大的电压通过一个TEC分流电阻 R_4 电阻连接，一个CMOS测量放大器 U_3 通过测量分流电阻INA155的压降，并把它放大50倍。可以返回给 U_1 输入端。返回的方法是强制TEC的输出是 V_{IN} 的函数，分流电阻和IA决定了这个电路的放大系数：

$$\frac{V_{IN}}{I_{OUT}} = A_V \cdot R_4 \text{ where } A_V \text{ is the IA gain in V/V.}$$

通过在 V_{IN} 引脚上进行P-Spice模拟，输入电压从-2.5V到+2.5V连续变化，这和从外部电压源得到的输入电压0V到+5V相等。图19显示了TEC输出电流。

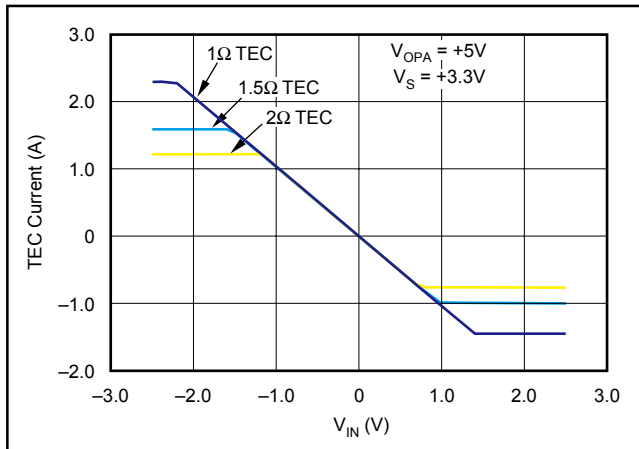


图19. TEC电流和输入电压 V_{IN} 比率

针对三个大小不同的情况，即1Ω，1.5Ω和2Ω的TEC，显示了TEC驱动电流。当输出晶体管在单独+3.3V供电时，这样的驱动器，在一个方向上，具有驱动1Ω的TEC的能力是2A或驱动2Ω TEC的能力超过1A，但是，在相反的方向上，输出电流的能力比较低。因为1/2 V_{OPA} 偏压电压输给了放大器的输入端，输出电压限制是非对称的。

然而，这就是最佳的偏压值，允许运算放大器对称地关上供电轨道。但是，对输出晶体管，这样就会产生问题。为了采用最佳方式关掉供电，需要把1/2 V_S 偏压到输入电压3.3V的一半或者1.65V的偏置。在输出晶体管桥式电路上，2.5V的偏置电压会产生不平衡，正如我们看到的将要产生引起一些问题，如图19所示，TEC驱动放大器是电压控制电流源。恒定电流驱动器确保TEC驱动电流与TEC连接变化或长期老化无关的，恒电流驱动也消除了温度“反电动势”的影响，温度“反电动势”是在动态温度控制条件下，影响流过TEC的电流。为了计算电路的功耗，需要散失由SOT223输出功率所引起的热量，和以前一样，在利用同样大小的TEC，通过扫描DC输入电压来模拟，结果可以在图20中。

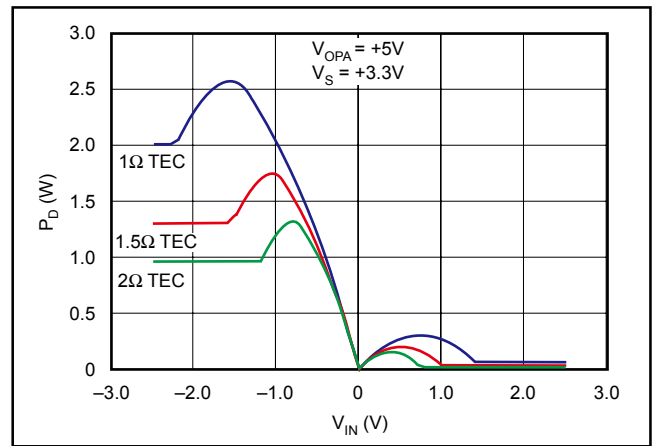


图20. 输出晶体管 Q_1 和 Q_3 功耗

一个NPN Q_1 和一个PNP Q_3 功率输出晶体管的功耗，也在这次扫描中显示出来，注意在晶体三极管NPN和PNP之间存在功耗差，这主要是由于前面提到的偏置电压问题所引起的不平衡直接结果。在桥式的半个电路(NPN = Q_2 和PNP = Q_4)中，设备的功耗是相似的，但图4所显示的是镜像图像。电能的消耗要看TEC是在制冷模式下，还是在制热模式下，电能主要在PNP晶体管 Q_3 或晶体管 Q_4 上被消耗掉，而在NPN晶体管 Q_1 和晶体管 Q_2 上消耗的相对比较小。有限的恒流制输出电压的影响，可以从图22的曲线上清楚地看出来。在功耗晶体管驱动TEC负载的工程中，可以看到所要求的极限（图23），注意放大器输出电压极性交叉点是在2.5V输入偏压点上，在输出晶体管的1.65V点上偏压，允许输出电压对称连接供电轨道，+3.3V和地线。

对这种驱动放大器，没有进行模拟驱动器的效率。

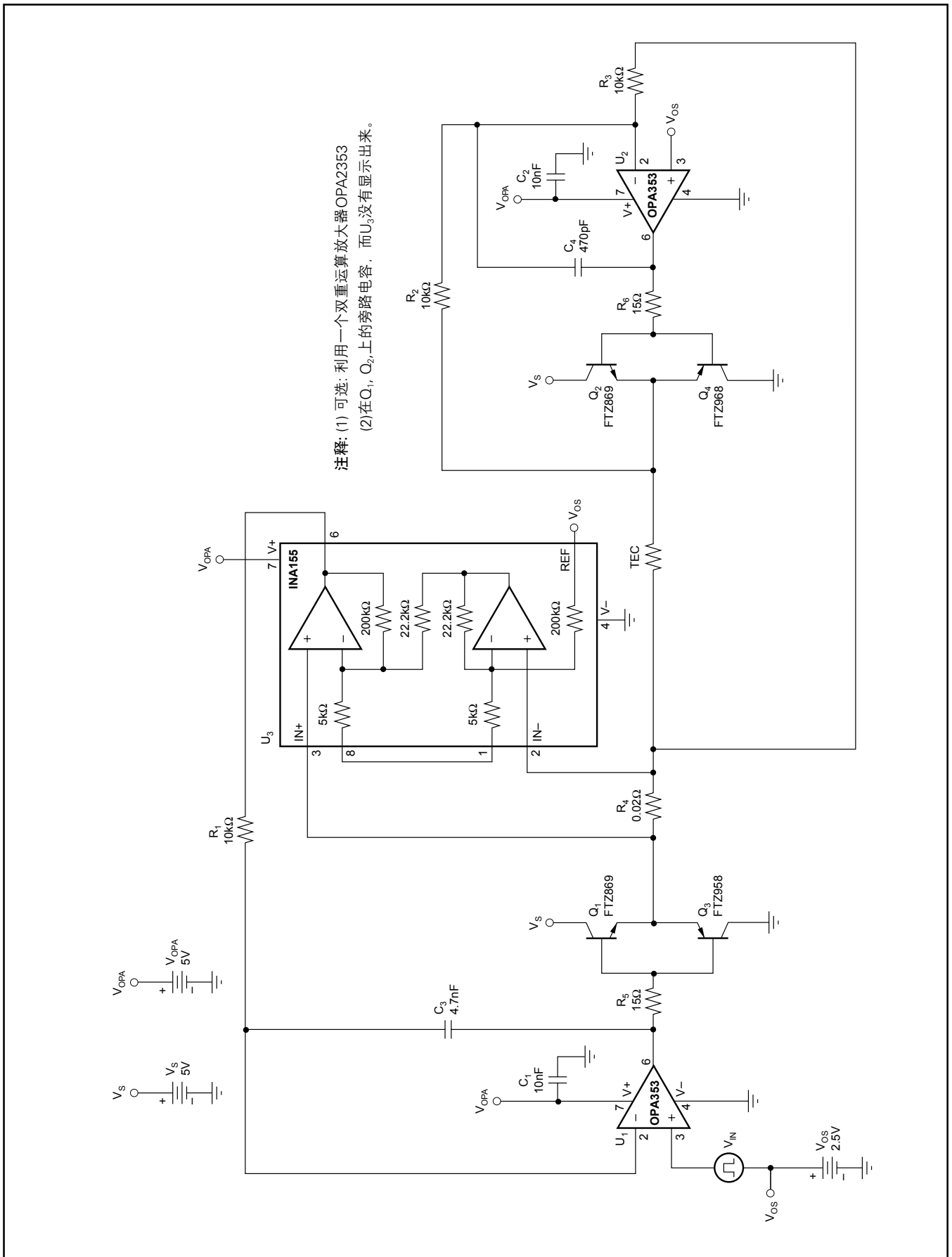


图21. TEC驱动器-2电路图

线性放大器的效率没有PWM转换开关类型的效率高，但是线性放大器具有一个重要的优点，主要是它的低噪声，在激光和雪崩二极管电路中，噪声干扰与线性驱动无关。

驱动放大器回路的稳定性需要通过运行交流电和瞬态模拟进行研究，图24显示了交流电模拟结果。针对 1Ω 和 1.5Ω TEC，在频率响应中有波峰出现，但是通过提高补偿电容 C_3 和 C_4 ，可以消除这种波峰。注意，补偿电容 C_3 和 C_4 的值是不相同，放大器 U_1 比放大器 U_2 需要更大的电容，因为测量放大器 U_3 提供反馈增益。

TEC驱动放大电路P-Spice瞬态模拟，正如图25所显示的结果一样，针对重负载，频率响应曲线上有轻微波峰。

正如瞬间状态响应波形所证实的一样，在0A输出电流附近产生了小交叉假信号，主要是由于在打开补偿晶体管之前和关闭上一个晶体管之间存在延时。例如，运算放大器驱动功率晶体管必须在NPN晶体管关掉和PNP晶体管打开之间迅速转动。由于这个放大器采用的是B输出级，这个区域电压是 $2V_{BE}$ ，快速的运算放大器OPA353可以最小化交叉假信号并且增强交叉区域的稳定性，对于音频放大器诸如此类的应用，输出级能轻微偏向导体（AB1），这样就能一起消除交叉区域。像驱动负载的应用，例如TEC不能确保增加输出级AB1的复杂性。由于这种驱动器对称的输出级，对于TEC驱动放大器不是最好的选择，为了得到更好的效果，可以参考线性TEC驱动器-3的最后一部分。

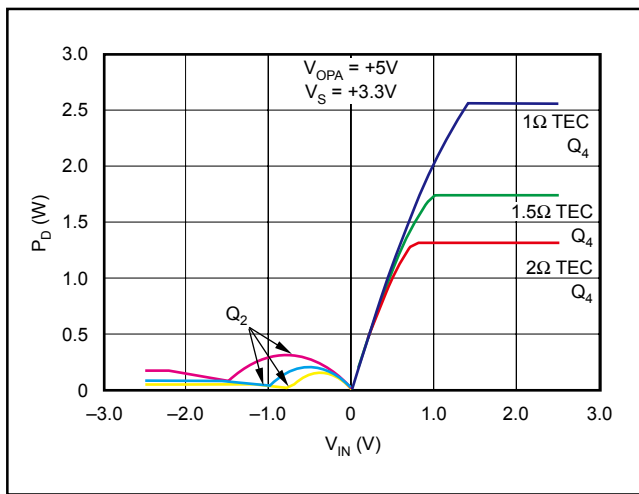


图22. 输出晶体管 Q_2 和 Q_4 功耗

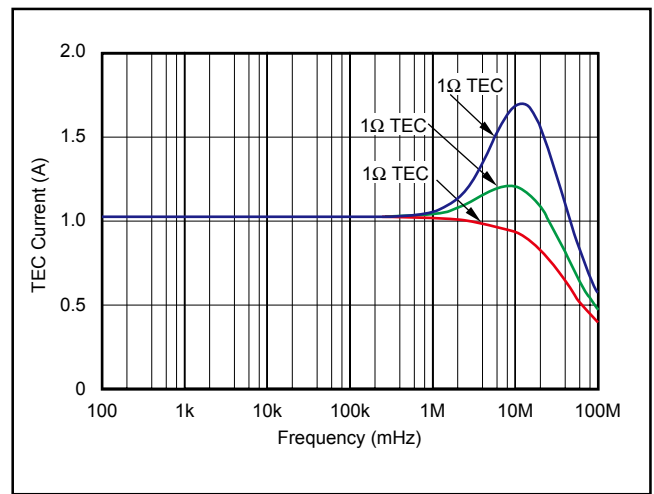


图24. TEC-2 放大器频率响应

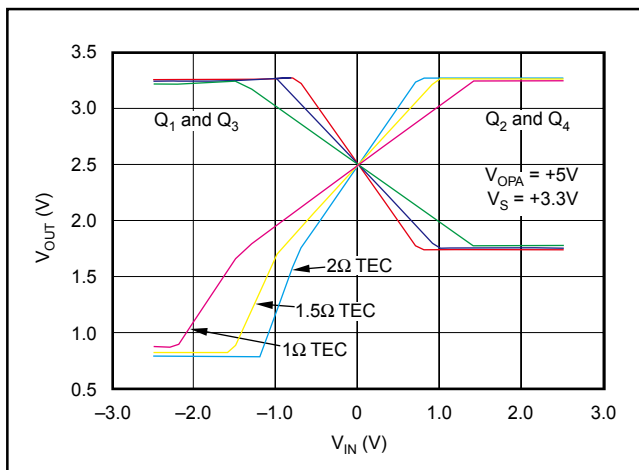


图23. TEC驱动器-2 放大输出电压

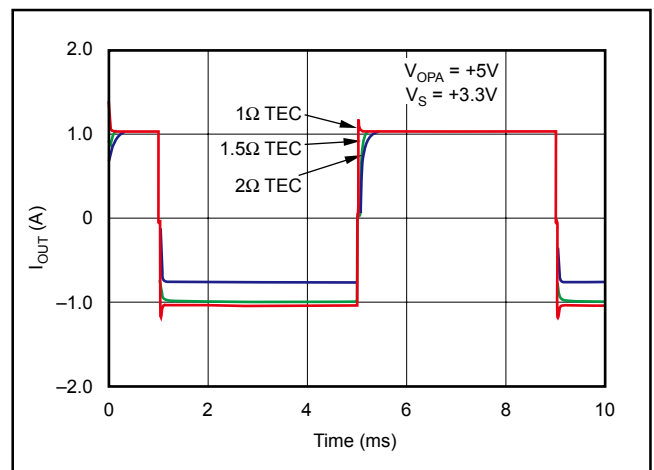


图25. TEC-2放大器瞬间状态响应

线性的TEC-3

线性的TEC电路（如图28）具有超过±2A的驱动能力。电路在±2.5V供电下工作，在理想的高恒定电流模式下，具有驱动TEC的功能。一个BTL放大拓扑结构的电路可以得到双向的输出电流，这种类型的放大器具有不同的驱动负载的能力，所以，TEC必须不能连接地线。

为了让运算放大器在两个方向上交替输出，没有必要采用具有双极输入的偏压。需要一个电平移动电路和一个单独供应的输入电压源，这个单独供应的输入电压源是偏向到1/2VCC。在原理图中，输入电压是通过具有B电压输出级（是通过补偿功耗晶体管Q₁和Q₃对级联成的。）的R-R CMOS运算放大器U₁来放大的，电压输出级驱动TEC的末端电路，主要是通过分流电阻R₄来完成。CMOS测量放大器U₃，对分流电阻上的压降进行测量，并把它放大50倍，然后作为放大器U₁的输入来返回。这个返回的方法就形成了TEC的输出电流和输入电压的函数关系，分流电阻和测量运算放大器增益决定了电路的放大比例因子：

$$\frac{V_{IN}}{I_{OUT}} = A_V \cdot R_4, \text{ where } A_V \text{ is the IA gain in V/V.}$$

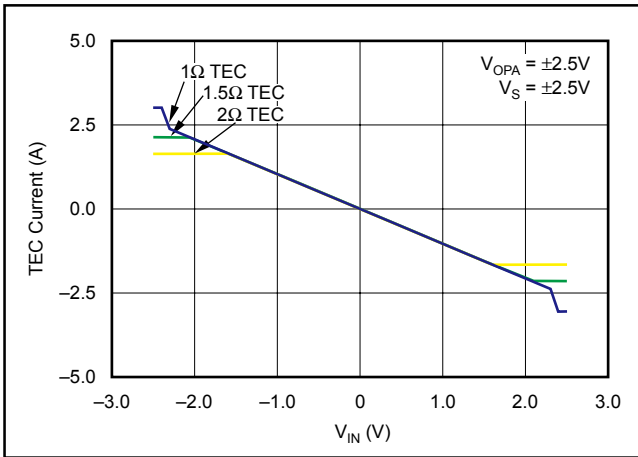


图26. 热点冷却器电流和输入电压的比例

针对三个大小不同的情况，即1Ω，1.5Ω和2Ω的TEC，显示了TEC驱动电流。在双级供电2.5V的供电下，这个驱动器具有驱动1Ω和1.5Ω TEC的驱动能力为2A，2Ω TEC驱动电流为1.6A。在单独+5V供电情况下，这个电路的输出能力和TEC-1是一样的。

如图26所显示的一样，这个TEC驱动器放大器是一个电压控制电流源。

恒定电流驱动器确保TEC驱动电流与TEC连接变化或长期老化无关的，恒电流驱动也消除了温度“反电动势”的影响，温度“反电动势”是在动态温度控制条件下，

影响流过TEC的电流。在输入电压在-2.5V到+2.5V之间，模拟了V_{IN}输入电压的功能。TEC放大器输出电流在图26中显示出来，这也是探针输出结果。在电压控制电流的电路中，电流的控制极限变成了一个简单的电平控制最大输入电压。如果是轨对轨的驱动运算放大器，一个电压分压器可以设置电流极限。当R-R运算放大器达到它的轨线路时，电压就被分流成适当的电流值来表示期望的最大TEC的电流。这样R-R运算放大器就不能连接到以前的轨道上，这样就表明了TEC驱动放大器的输入电流。为了测量电路上的功耗散热，并且需要散热器SOT-223功耗晶体管，在利用相同的阻值的TEC之前，通过直流输入电压来进行模拟，结果在图27中显示出来。

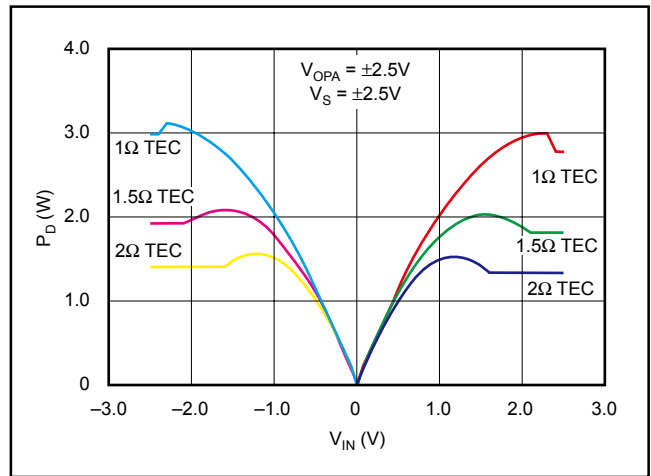


图27. 输出的晶体管功耗

在NPN Q₁和PNP Q₃功耗晶体管上的输出功耗，在图27中显示出来，在桥式的另外一半（NPN = Q₂和PNP = Q₄）上，设备的功耗是和图28所显示的一样，电能的消耗要看TEC是在制冷模式下，还是在制热模式下，电能晶体管Q₃、和晶体管Q₂上被消耗掉，或晶体管Q₁和晶体管Q₄上消耗。

由于总的功耗的限制，在大多数的系统中，驱动的效率是非常重要的一个方面。线性放大器的效率没有PWM开关效率高，但是一个重要的优点是它的低噪声特性。在激光和雪崩二极管电路中，开关噪声干扰和线性的是不相关的。直流的模拟数据用来绘制出驱动器效率图，为了简化计算，只考虑了电源输出级，为了消除整个计算引起的错误，CMOS OPA353运算放大器功耗只有26mW。在计算中，效率是驱动器的输出和驱动器的输入电压的比例。例如对一个1欧姆的TEC输入电流1A表示负载功耗(P_{OUT} = I²R)是1W，对于驱动引脚的电源供电是±2.5V，电流是1A时，功率(P_{IN} = E · I)为5W。

因此

$$\text{Eff}(\%) = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} \cdot 100, \text{ or } \text{Eff}(\%) = \frac{I^2 \cdot R}{V_S \cdot I_S} \cdot 100 = \frac{1A^2 \cdot 1\Omega}{5V \cdot 1A} \cdot 100 = 20\%$$

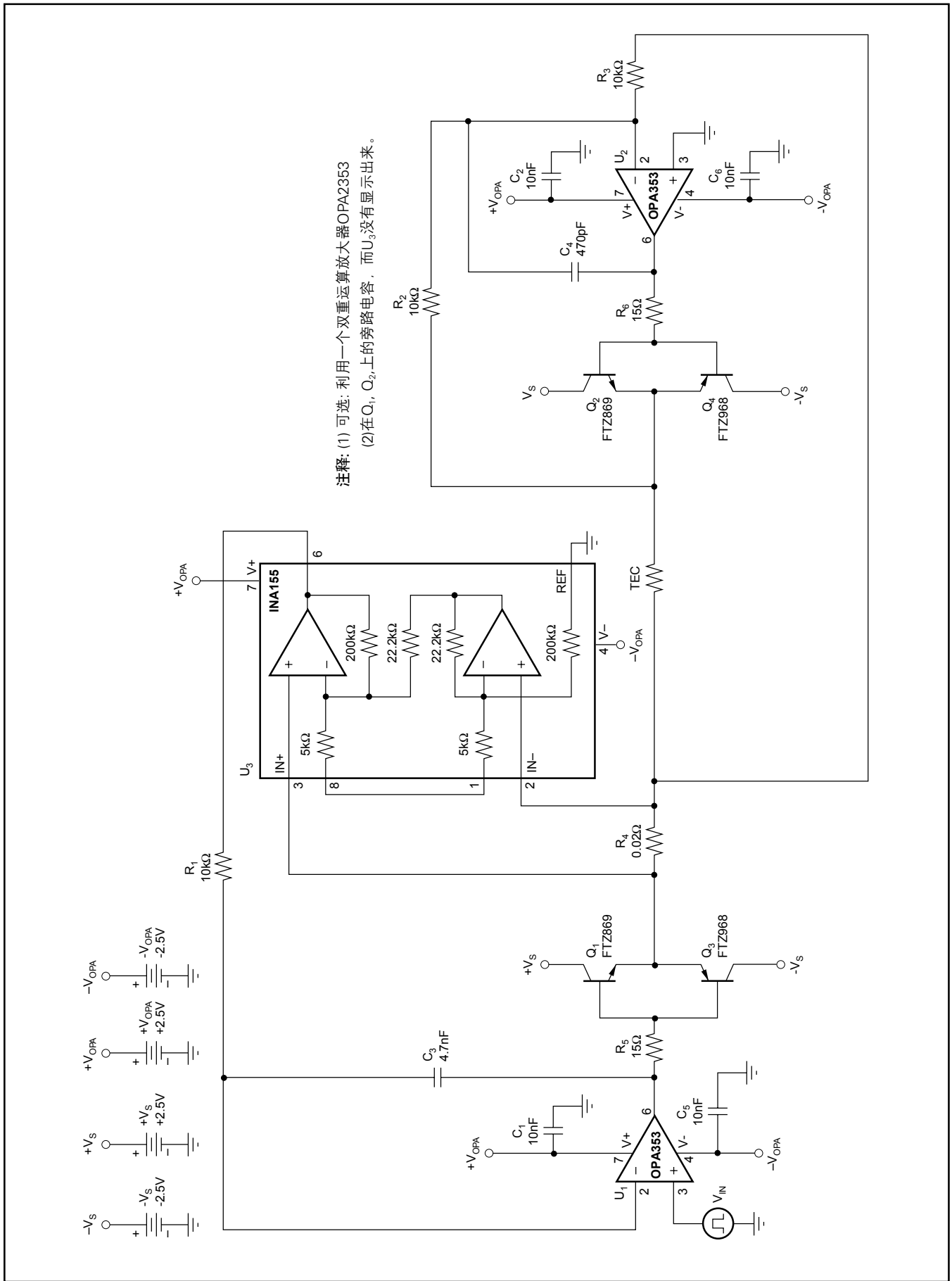


图28. TEC驱动器-3电路图

通过输出晶体管，把输出电压调整到接近供电电路的最小电压值，这样可以减少功耗。同样，通过让负载电压最大，正如从前面的等式所看到的一样，这样有助于提高线性驱动器的效率。事实上，如图29所看到的一样，电路在理想的情况下，效率能够达到60%以上。TEC驱动器-3，在 $\pm 2.5V$ 供电下功耗和TEC驱动器-1在 $+5V$ 供电的情况下功耗一样。

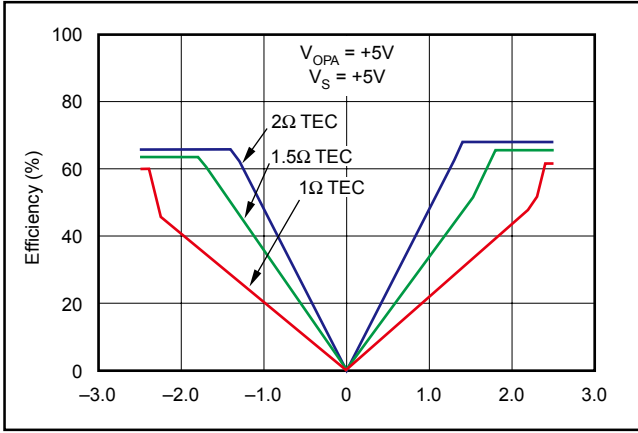


图29. 驱动器-1 ($+5V$ 供电)和驱动器-3 ($\pm 2.5V$ 供电)在 1Ω 、 1.5Ω 和 2Ω TEC负载情况下的效率

驱动放大器环路的稳定性必须在交流和瞬态响应状态下进行测量和评价，图30显示了交流模拟的结果。

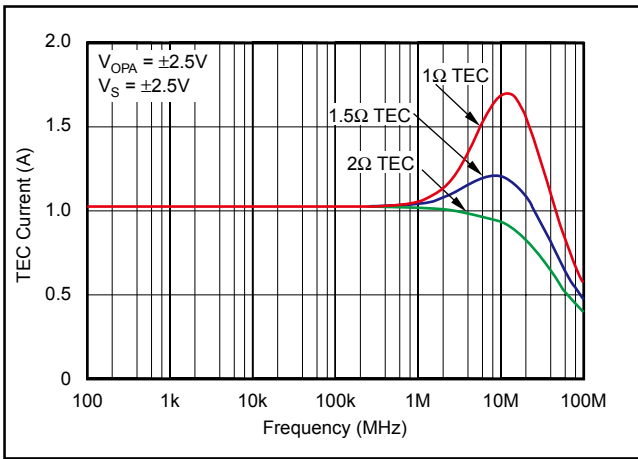


图30. TEC驱动器放大频率响应

对 1Ω 和 1.5Ω 的TEC，频率响应曲线上出现了波峰，但是通过增加补偿电容 C_3 和 C_4 的值，可以消除这些波峰。注意补偿电容 C_3 和 C_4 的电容值是不相等的。放大器 U_1 比放大器 U_2 需要更大值的电容，主要是由于是通过测量放大器 U_3 的反馈增益。

如图31所示，TEC驱动放大器瞬态模拟曲线，需要注意：在重负载的情况下，正如频率响应曲线所预测的一样，出现了轻微波动。

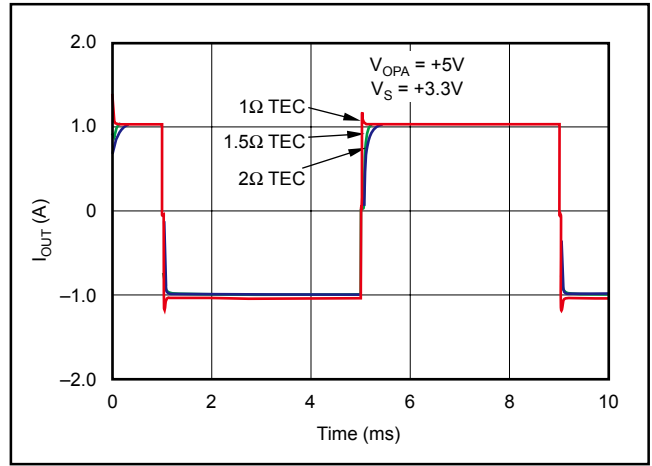


图31. TEC驱动放大器瞬态响应

从瞬态响应曲线上也可以看到这一点，在 $0A$ 输出电流附近出现了交叉畸形的假信号，主要是由于在它的补偿电容打开之前和关掉一个晶体管之间存在延时。例如，运算放大器驱动的功耗晶体管，必须在NPN断电和PNP通电之间通电。由于运算放大器采用了B端输出级，一个快速的放大器OPA353可以减小交叉畸形，并且能提高交叉局部的稳定性。例如对于音频放大器，输出级的晶体管能够轻微偏移电感(AB1)，这样可以一起清除交叉区域。驱动负载的应用，如TEC没法保证提高AB1输出端的复杂性。

在 $\pm 2.5V$ 到 $\pm 1.5V$ 供电范围内的电源输出晶体管，通过降低在电源输出晶体管上的功耗，有助于增加整体的驱动放大器的效率，正如所期望的，在具有同样的集电极电流的情况下，低晶体管电压产生更低的功耗。在尽可能低的电压情况下，降低输出级，来提高效率，特别是在如果放大器输出电压能都接近供电电路的电压时，效果更好。

虽然低电平电路可以在不同的供电电压下($\pm 2.5V$)工作，比输出级($\pm 1.5V$)，但是，这种情况下，正如在热电冷却驱动器-2所讨论的一样，会产生对称性问题。主要是因为输入的是地参考电压作为所有设备的供电电压，运算放大器和输出级，两者都能对称在正负方向上变化。

看图32，针对三个大小TEC的输出电流。

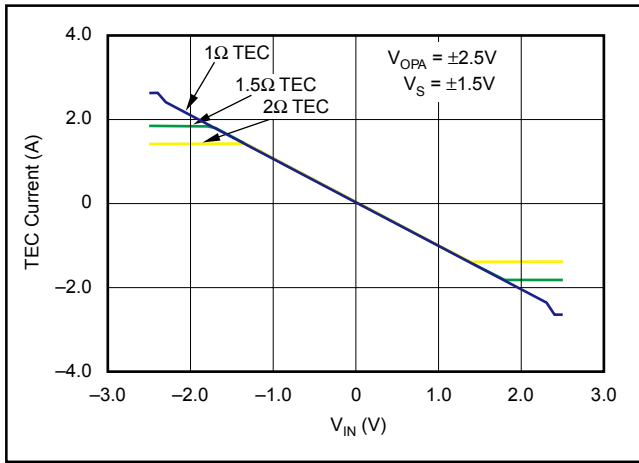


图32. TEC驱动器在 $\pm 1.5V$ 输出级供电的输出电流

在低电压供电的情况下，在一定程度上，不能牺牲输出电压。这样减少了对2或者1.5欧姆的TEC的最大驱动电流，但是低电阻1欧姆TEC是没有影响的，同时当供电是在 $\pm 1.5V$ 时，电源功耗增益也被定位在输出级，如图33所示。

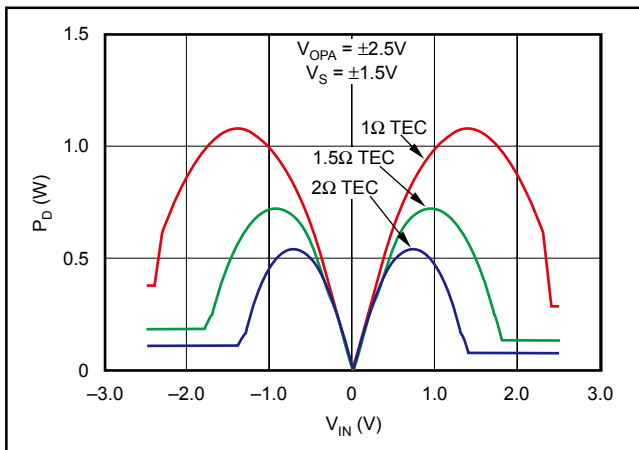


图33. 在 $\pm 1.5V$ 供电电压下输出晶体管功耗

同样需要小的散热功能，并且在大系统中，尽可能减少制冷能力。

图34显示了当驱动接近供电轨道时，线性热电控制器驱动可以达到很高的效率。驱动2Ω的热点冷却器的最大驱动电流为1.3A，这样放大器能得到90%以上的效率；驱动1Ω TEC的最大驱动电流大约是1.3A，这也使放大器得到80%以上的效率。低输出电流能达到低效率，但是功耗也是很低。

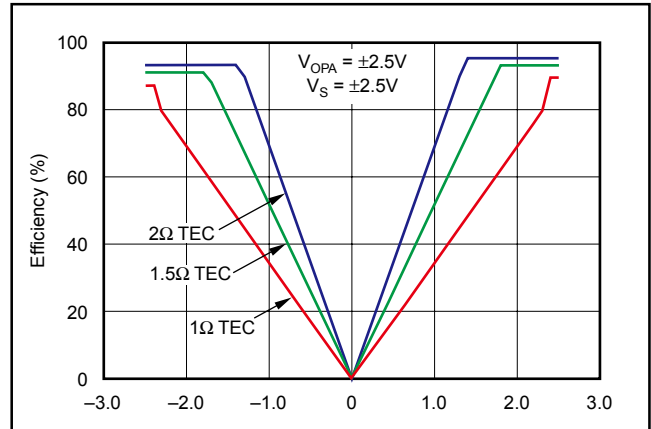


图34. 输出级在 $\pm 1.5V$ 供电情况下提高放大器效率

线性驱动器提高效率的关键，就是采用满足自己需要的适当电源供电，这样来匹配TEC驱动放大电路的特征。TEC具有很宽范围内的电压和电流特性，所以从你现有的供电范围内获取合适的，与TEC需要驱动电压最靠近的电压是非常重要的。在新的设计中，可以选择一个可能的TEC，然后再指定供电电压，从而最优化TEC和驱动放大器。通过在你实际电路应用中，模拟板实验和测试，这些电路的满足特性应该进行修改。

具有标识高低温度极限范围的窗体比较器

图35显示了一个窗体比较器的电路图，这个电路图被用在一个TEC操作温度的监控系统中，并且标识有出界条件的指示。超过温度或低于温度范围条件被单独输出，在U₁或U₂输出的高电平逻辑电路标识了热敏电阻的温度超过了比较器窗体设定的范围。

在两个输出的逻辑电路中，低电平标识TEC的安全操作范围，对偶比较器在集电极开路或集电极输出，在电路的配置中都被采用了，但是单个OPA340或双重OPA2340 CMOS运算放大器提供了更高的准确性。在原理图中，电压输入引脚是用来模拟通过热敏电阻的电压，热敏电阻是用来测量激光/TEC温度。如果在25°C温度的一个10千欧的热敏电阻被用在参考电流的100微安时，在25°C，比较器将显示是1.000V通过热敏电阻。通过利用恒定电流源，热敏电阻的输出电压是它本身温度的函数，并且通过校正表很容易转换成摄氏温度。

通过改变热敏电阻的电压从0V到2V之间，模拟了V_{IN}引脚的在交流情况下的运行情况。具有电阻R_{LOW}5千欧的电阻，更低下限是500mV，对于一个电阻10千欧R_{DELTA}，设置不同电阻值为1V，这个值在高低阈值之间，所以高的阈值为500mV + 1.000V = 1.500V。

图36显示了探针的输出情况，当一个热敏电阻电压通过每一个阈值时，U₁和U₂表示它们的状态是在高低电平输出。

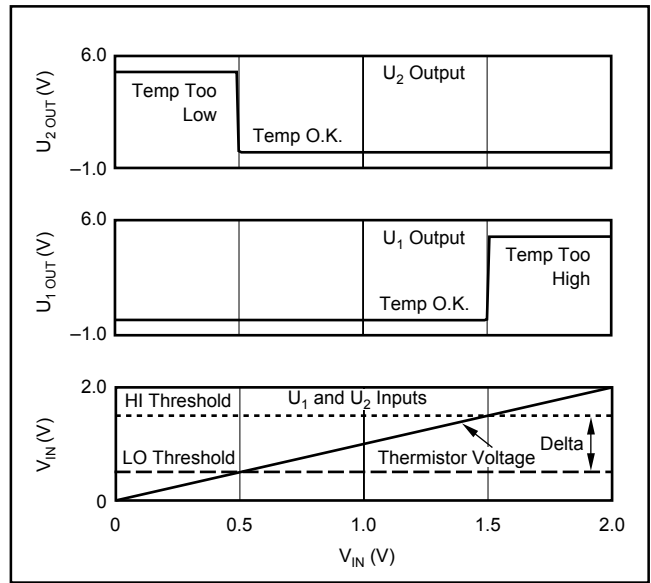


图36. 输入电压，高低阈值和输出电压

为了阻止热敏电阻的负载过重，需要采用一个精确的偏压CMOS运算放大器作为一个比较器，在+5V的单供电情况下工作，R/R运算放大器的输出与TTL/CMOS兼容。一个双向OPA2340芯片是低速窗体比较器应用的最好选择。

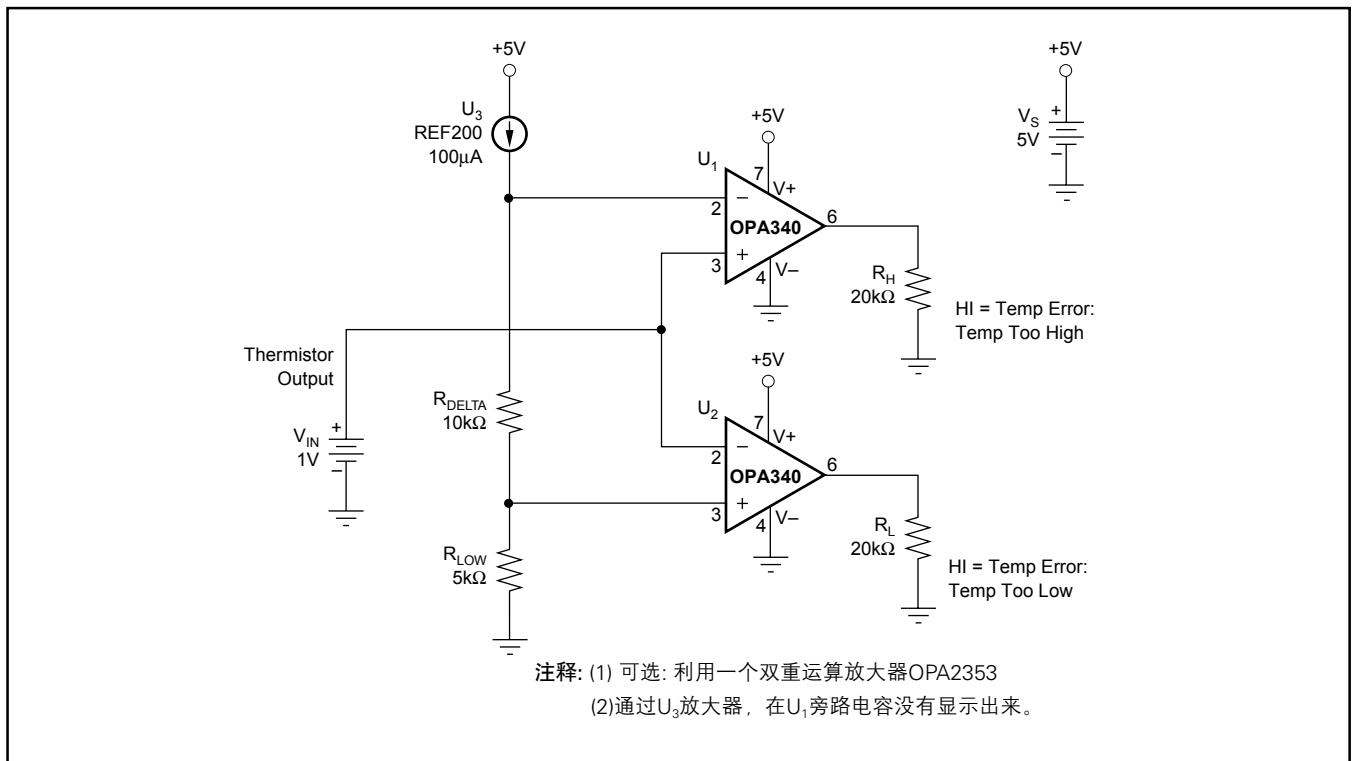


图35. 准确的窗体比较器电路图

REF200 参考电流的警告：为了正确操作，需要一个大约2.5V的电压。这就意味着，如果电路在+5V供电的情况下，上限阈值不能超过2.5V。

通过设置合适的阈值，可以检查到热敏电阻是否短路或者开路。

这个电路也可以用来连续检测温度控制系统，是否在特定的温度下工作，设定窗体的低温点到期望的操作低温极限 R_{LOW} ，并且它的高温到操作温度极限 R_{DELTA} ，经过这样设置后，当TEC在理想控制的范围工作时，这个电路就可以显示出来。当温度超过上限或者低于下限时，在 U_1 或 U_2 上就显示了数字HIGH。

可以通过一个测量器的输出（通常是用来放大错误的信号，错误的信号来控制环路电路）和热敏电阻相连接，而不是把窗体比较器直接和热敏电阻连接，得到一个附属的感应器，通常测量器有一个增益，通过驱动放大电路来得到一个大信号，在这种情况下，比较器是用来检测热敏电阻上的电压和设置电压之间的偏差，而不是

直接测量热敏电阻。这样可以来监控温度控制环路的错误，并且第二个窗体比较器正如上面表述的一样可以测量热敏电阻的温度。

通常，准确设置窗体比较器的两个阈值是一个非常单调的过程，通常采用的三个电阻分配器的激发电压取保在连个阈值之间进行插值。为了调整阈值，首先需要调节一点，然后是另外一个点。第二次的调整将要改变第一次调整的点等，对于标准的窗体比较器电路，阈值的微调是一个插值过程。

通过目前的激励原理，只有两个固定电阻或者是两个点需要设置，即 R_{LOW} 低阈值和高阈值 R_{DELTA} 来设置窗体的宽。通过调整 R_{DELTA} 而不改变低阈值，调整低阈值不改变两个阈值之间的电势差，这样的调整方式是最简单的方式。

环境噪声需要小数量的正反馈来阻止在比较器开关端子上的跳动，通过模拟板和测试的过程中，调整这个电路的满足条件，主要是为了满足实际的应用需要。

样片及品质信息



免费样片索取

您是否正没日没夜的忙于工作而又急需一块免费的 TI 产品样片？那就请立刻登录 TI 样片中心，马上申请吧！

数千种器件，极短的递送时间，高效的反馈速度：

- 8000多种器件及各种封装类型任君选择
- 一周 7*24 小时网上随时申请
- 两个工作日内得到反馈
- 已经有成千上万的客户通过申请样片，优质高效地完成了产品设计。

立即注册 **my.TI** 会员，申请免费样片，只需短短几天，样片将直接寄到您所指定的地址。

<http://www.ti.com.cn/freesample>

电话支持——如果您需要帮助如何选择样片器件，敬请致电中国产品信息中心 **800-820-8682** 或访问

www.ti.com.cn/support

品质保证

持续不断的专注于品质及可靠性是 TI 对客户承诺的一部分。1995 年，TI 的半导体群品质系统计划开始实施。该全面的品质系统的使用可满足并超越全球客户及业界的需求。

TI 深信促进业界标准的重要性，并一直致力于美国 (U.S.) 及国际性自发标准的调整。作为活跃于诸多全球性的业界协会的一员，以及 TI 对环境保护负有强烈的使命感，TI 引领其无铅 (lead[Pb]-free) 计划，并逐渐成为了该方向的领导者。该计划始于上世纪 80 年代，旨在寻求产品的可替代原料，时至今日，绝大多数的 TI 产品均可提供无铅及绿色 (Green) 的封装。

如果您对“无铅”抱有任何疑问，敬请访问：

www.ti.com.cn/quality

Safe Harbor Statement:

This publication may contain forward-looking statements that involve a number of risks and uncertainties. These “forward-looking statements” are intended to qualify for the safe harbor from liability established by the Private Securities Litigation Reform Act of 1995. These forward-looking statements generally can be identified by phrases such as TI or its management “believes,” “expects,” “anticipates,” “foresees,” “forecasts,” “estimates” or other words or phrases of similar import. Similarly, such statements herein that describe the company's products, business strategy, outlook, objectives, plans, intentions or goals also are forward-looking statements. All such forward-looking statements are subject to certain risks and uncertainties that could cause actual results to differ materially from those in forward-looking statements. Please refer to TI's most recent Form 10-K for more information on the risks and uncertainties that could materially affect future results of operations. We disclaim any intention or obligation to update any forward-looking statements as a result of developments occurring after the date of this publication.

Trademarks:

The platform bar is a trademark of Texas Instruments. All other trademarks are the property of their respective owners.

Real World Signal Processing, the black/red banner, C2000, C24x, C28x, Code Composer Studio, Excalibur, Just Plug It In graphic, MicroStar BGA, MicroStar Junior, OHCI-Lynx, Power+ Logic, PowerPAD, SVIFT, TMS320, TMS320C2000, TMS320C24x, TMS320C28x, TMS320C6000, TPS40K, XDS510 and XDS560 are trademarks of Texas Instruments. All other trademarks are the property of their respective owners.

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments Incorporated and its subsidiaries (TI) reserve the right to make corrections, modifications, enhancements, improvements, and other changes to its products and services at any time and to discontinue any product or service without notice. Customers should obtain the latest relevant information before placing orders and should verify that such information is current and complete. All products are sold subject to TI's terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgment.

TI warrants performance of its hardware products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are used to the extent TI deems necessary to support this warranty. Except where mandated by government requirements, testing of all parameters of each product is not necessarily performed.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. Customers are responsible for their products and applications using TI components. To minimize the risks associated with customer products and applications, customers should provide adequate design and operating safeguards.

TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any TI patent right, copyright, mask work right, or other TI intellectual property right relating to any combination, machine, or process in which TI products or services are used. Information published by TI regarding third-party products or services does not constitute a license from TI to use such products or services or a warranty or endorsement thereof. Use of such information may require a license from a third party under the patents or other intellectual property of the third party, or a license from TI under the patents or other intellectual property of TI.

Reproduction of TI information in TI data books or data sheets is permissible only if reproduction is without alteration and is accompanied by all associated warranties, conditions, limitations, and notices. Reproduction of this information with alteration is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for such altered documentation. Information of third parties may be subject to additional restrictions.

Resale of TI products or services with statements different from or beyond the parameters stated by TI for that product or service voids all express and any implied warranties for the associated TI product or service and is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for any such statements.

TI products are not authorized for use in safety-critical applications (such as life support) where a failure of the TI product would reasonably be expected to cause severe personal injury or death, unless officers of the parties have executed an agreement specifically governing such use. Buyers represent that they have all necessary expertise in the safety and regulatory ramifications of their applications, and acknowledge and agree that they are solely responsible for all legal, regulatory and safety-related requirements concerning their products and any use of TI products in such safety-critical applications, notwithstanding any applications-related information or support that may be provided by TI. Further, Buyers must fully indemnify TI and its representatives against any damages arising out of the use of TI products in such safety-critical applications.

TI products are neither designed nor intended for use in military/aerospace applications or environments unless the TI products are specifically designated by TI as military-grade or “enhanced plastic.” Only products designated by TI as military-grade meet military specifications. Buyers acknowledge and agree that any such use of TI products which TI has not designated as military-grade is solely at the Buyer's risk, and that they are solely responsible for compliance with all legal and regulatory requirements in connection with such use.

TI products are neither designed nor intended for use in automotive applications or environments unless the specific TI products are designated by TI as compliant with ISO/TS 16949 requirements. Buyers acknowledge and agree that, if they use any non-designated products in automotive applications, TI will not be responsible for any failure to meet such requirements.

Following are URLs where you can obtain information on other Texas Instruments products and application solutions:

相关产品链接:

- DSP - 数字信号处理器 <http://www.ti.com.cn/dsp>
- 电源管理 <http://www.ti.com.cn/power>
- 放大器和线性器件 <http://www.ti.com.cn/amplifiers>
- 接口 <http://www.ti.com.cn/interface>
- 模拟开关和多路复用器 <http://www.ti.com.cn/analogswitches>
- 逻辑 <http://www.ti.com.cn/logic>
- RF/RF 和 ZigBee® 解决方案 <http://www.ti.com.cn/radiofre>
- RFID 系统 <http://www.ti.com.cn/rfidsys>
- 数据转换器 <http://www.ti.com.cn/dataconverters>
- 时钟和计时器 <http://www.ti.com.cn/clockandtimers>
- 标准线性器件 <http://www.ti.com.cn/standardlineard>
- 温度传感器和监控器 <http://www.ti.com.cn/temperaturesensors>
- 微控制器 (MCU) <http://www.ti.com.cn/microcontrollers>

相关应用链接:

- 安防应用 <http://www.ti.com.cn/security>
- 工业应用 <http://www.ti.com.cn/industrial>
- 计算机及周边 <http://www.ti.com.cn/computer>
- 宽带网络 <http://www.ti.com.cn/broadband>
- 汽车电子 <http://www.ti.com.cn/automotive>
- 视频和影像 <http://www.ti.com.cn/video>
- 数字音频 <http://www.ti.com.cn/audio>
- 通信与电信 <http://www.ti.com.cn/telecom>
- 无线通信 <http://www.ti.com.cn/wireless>
- 消费电子 <http://www.ti.com.cn/consumer>
- 医疗电子 <http://www.ti.com.cn/medical>

重要声明

德州仪器 (TI) 及其下属子公司有权在不事先通知的情况下, 随时对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改, 并有权随时中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的 TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的硬件产品的性能符合 TI 标准保修的适用规范。仅在 TI 保修的范围内, 且 TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非政府做出了硬性规定, 否则没有必要对每种产品的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用 TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何 TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了 TI 产品或服务的组合设备、机器、流程相关的 TI 知识产权中授予的直接或隐含权限作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息, 不能构成从 TI 获得使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是 TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

对于 TI 的数据手册或数据表, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。在复制信息的过程中对内容的篡改属于非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任。

在转售 TI 产品或服务时, 如果存在对产品或服务参数的虚假陈述, 则会失去相关 TI 产品或服务的明示或暗示授权, 且这是非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类虚假陈述不承担任何责任。

可访问以下 URL 地址以获取有关其它 TI 产品和应用解决方案的信息:

产品

放大器	http://www.ti.com.cn/amplifiers
数据转换器	http://www.ti.com.cn/dataconverters
DSP	http://www.ti.com.cn/dsp
接口	http://www.ti.com.cn/interface
逻辑	http://www.ti.com.cn/logic
电源管理	http://www.ti.com.cn/power
微控制器	http://www.ti.com.cn/microcontrollers

应用

音频	http://www.ti.com.cn/audio
汽车	http://www.ti.com.cn/automotive
宽带	http://www.ti.com.cn/broadband
数字控制	http://www.ti.com.cn/control
光纤网络	http://www.ti.com.cn/optical network
安全	http://www.ti.com.cn/security
电话	http://www.ti.com.cn/telecom
视频与成像	http://www.ti.com.cn/video
无线	http://www.ti.com.cn/wireless

邮寄地址: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2006, Texas Instruments Incorporated