

有关 TL431 的设计

TL431 内部有较好的参考电压和运放，成为工业界减少控制回路成本的好方法。本文是有关 TL431 的反馈回路设计。

### 1. 通常放大器反馈

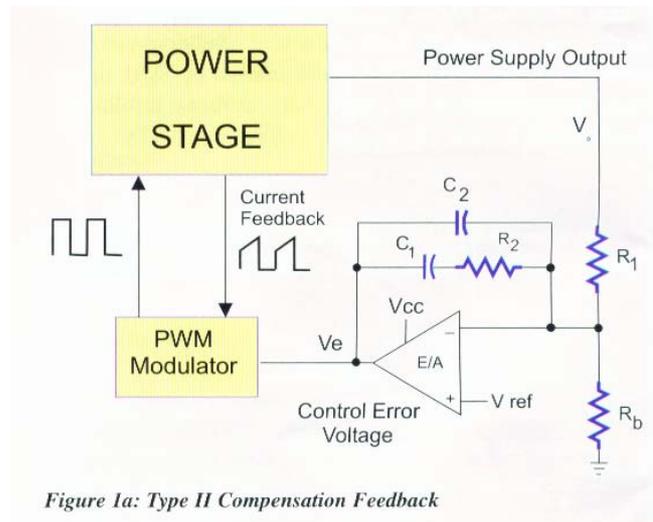


Figure 1a: Type II Compensation Feedback

如图 1，由运放和参考构成的电路（在非隔离电路通常由脉宽控制器提供）2 型补偿网络。适用于被多数工程师采用的电流模控制。

低频增益由  $R_1$   $C_1$  提供。数倍低于带宽的频率有一个零点，中频带增益由  $R_2$  比  $R_1$  决定。根据功率部分特性确定的高频段，电路又是积分形式，增益由  $R_1 C_2$  决定。

波特图如下：

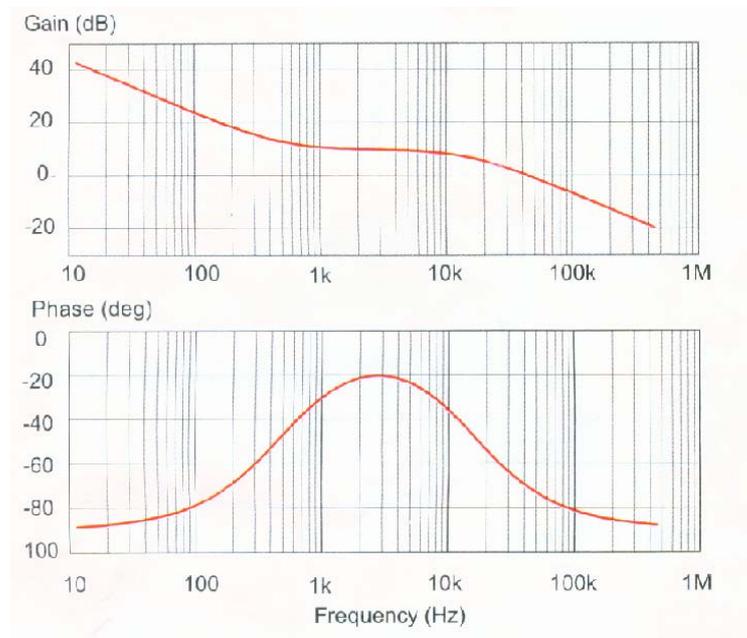


Figure 1b: Type II Compensation Bode Plot

用 TL431 实现分立器件的功能没什么不同。如图 2。

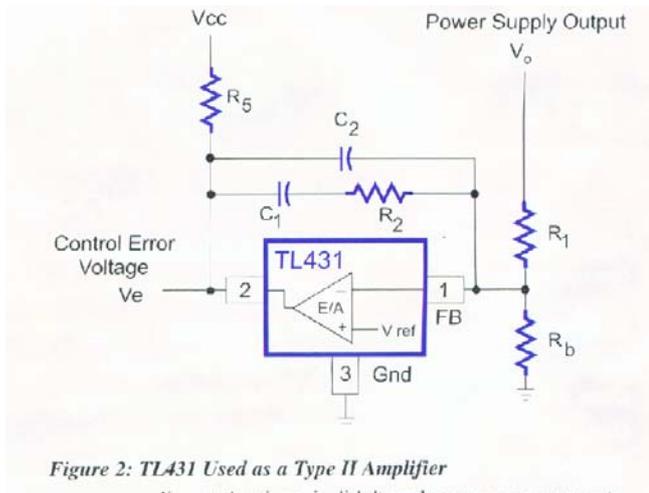


Figure 2: TL431 Used as a Type II Amplifier

区别是 1. R5 上拉电阻（提供足够电流）。2. 431 电路驱动能力不强，但输出接高阻抗，工作很好。

也是一个 2 型补偿网络。

## 2. TL431 隔离应用

图 3 是隔离的应用。

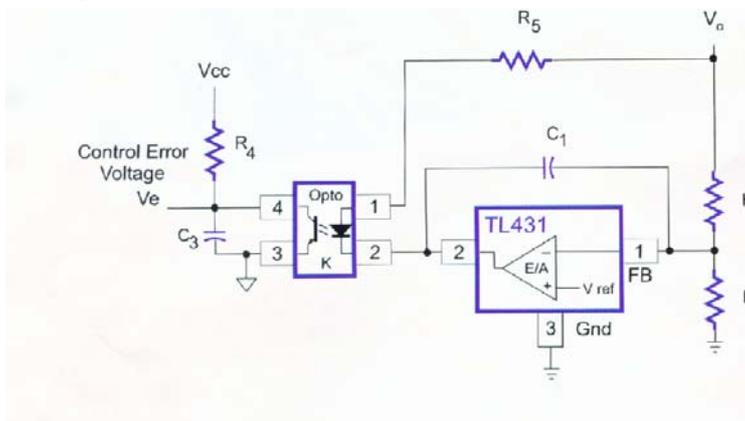


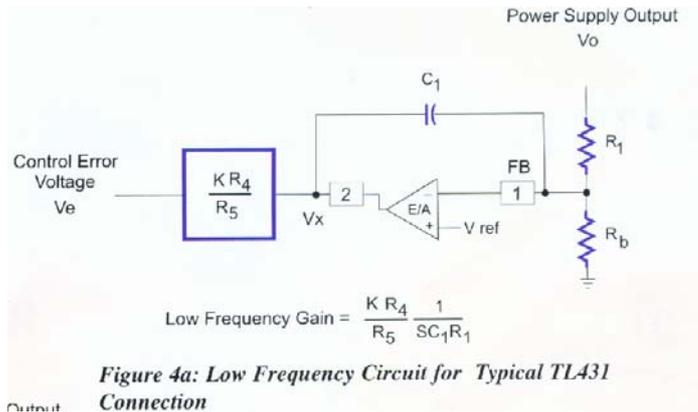
Figure 3: Typical TL431 Configuration with Output Bias and Optocoupler

与图 2 最大区别是输出不是电压  $V_e$ ，而是光耦电流。电流由：TL431 电压增益；R5;  $V_o$  决定。（图 2 传函与 R5,  $V_o$  无关）。C3 代表光耦输出电容和频响 rolloff。图 3 也是一个 2 型补偿网络。

### A. 低频段：

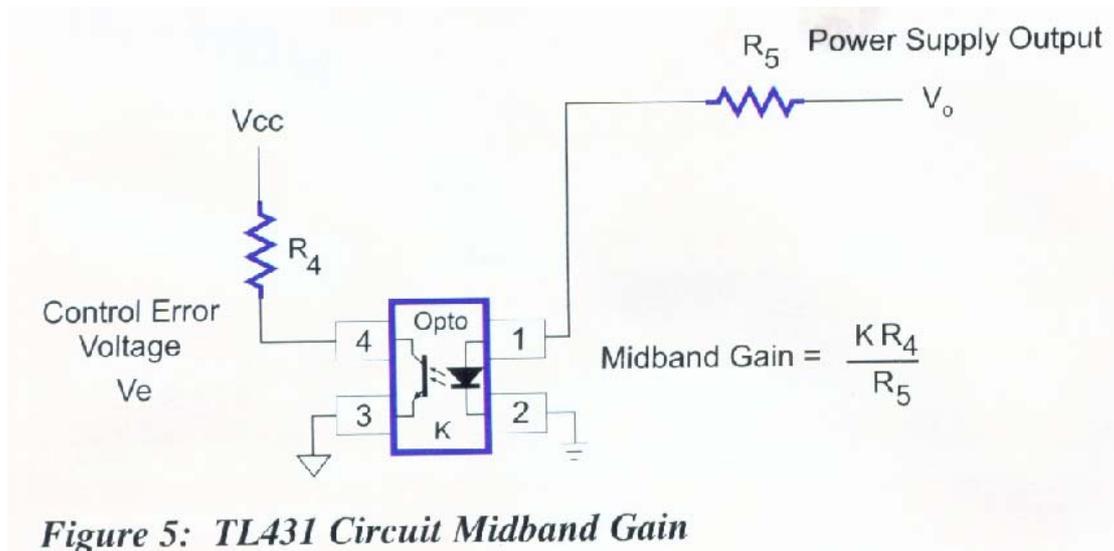
TL431 放大器由 C1R1 构成的积分器的增益高，是补偿网络的主导。

图 4a 给出低频等值电路



### B. 中频段:

TL431 积分器达到单位增益，超过这点，积分器输出减弱。然而总有  $V_o$  通过  $R_5$  流过光耦提供增益（它是中频段的主导）。图 5 给出中频等值电路。交越频率在中频段，设计  $R_5$  达到想要的交越频率。



### C. 高频段:

高频段遇到光耦自身的极点（由图 6a 中  $C_3$  代表）。图 6b 显示光耦增益的折点。好的光耦能到 10k。然而折点是偏值电流的函数。大电流对应高带宽。在额定电流下取小  $R_5$ 。（有些  $R_5$  被集成在控制器中不易改变）。

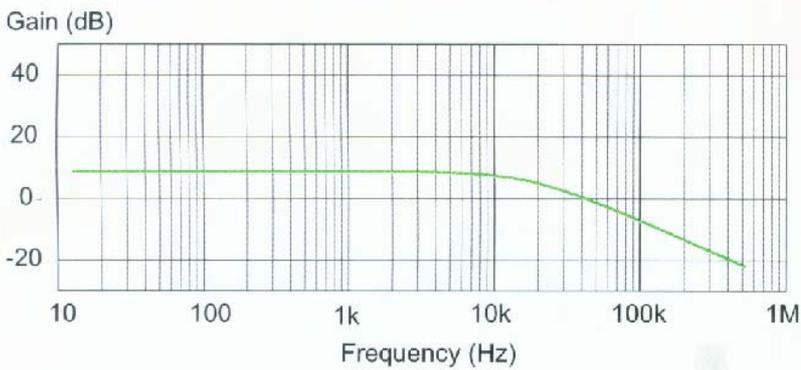
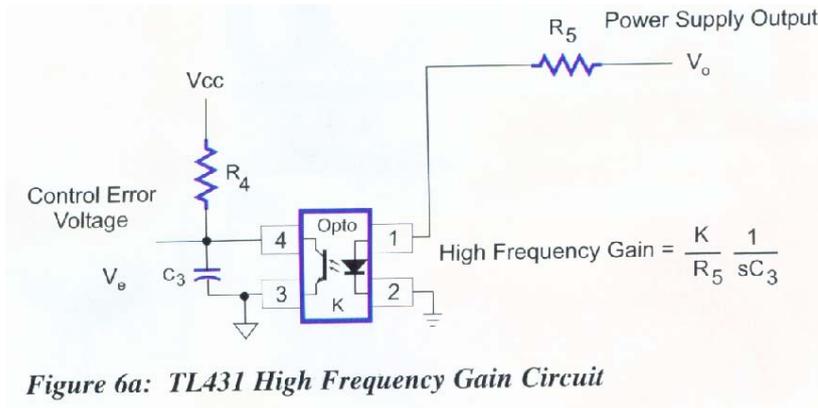


Figure 6b: Mid-Frequency and High-Frequency Gain Plot

D. 合成:

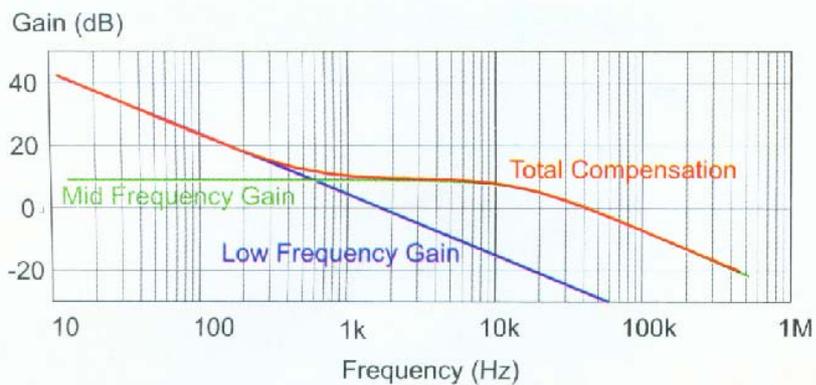


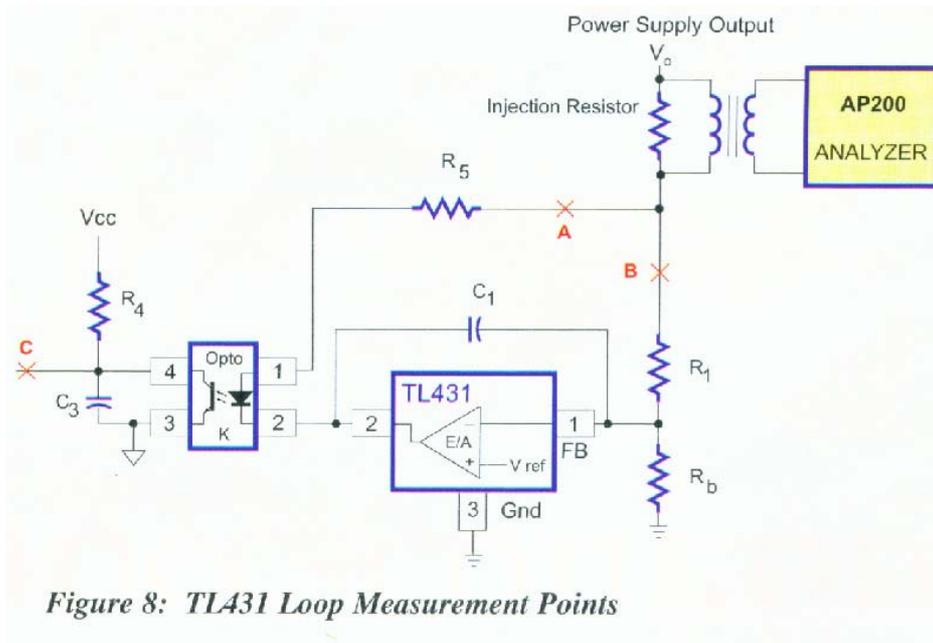
Figure 7: TL431 Final Compensation Gain

将低中高频合成，还是一个 2 型补偿网络。

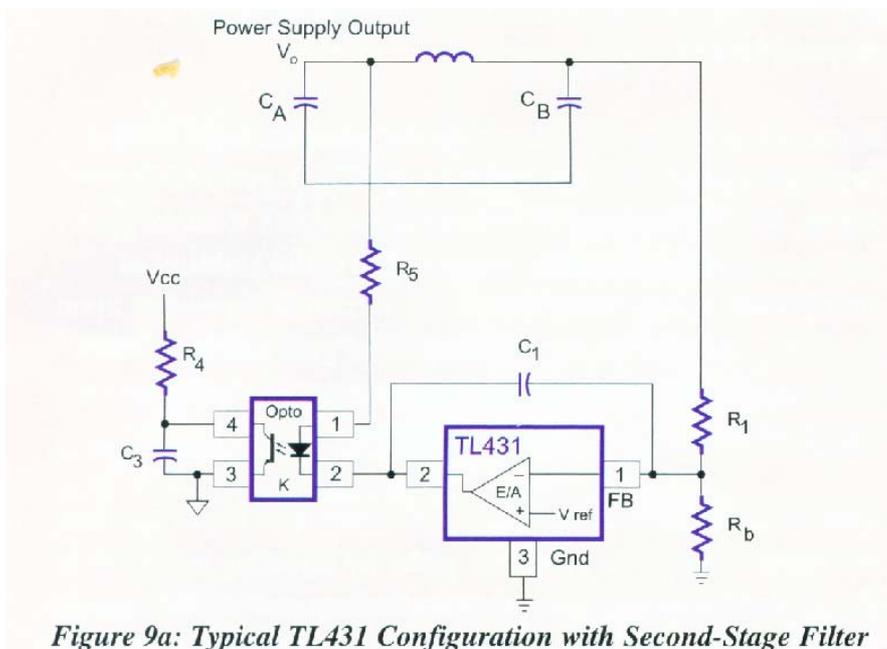
见到许多电路用 TL431 作为稳压管，没有在低频得到好处 (RIC1)。由于理解不好和没有测量验证，导致坏的瞬态响应和负载调整率。

### 3. TL431 回路测量

测量闭环频响特性电路如图 8，也可以在 C 点测量。

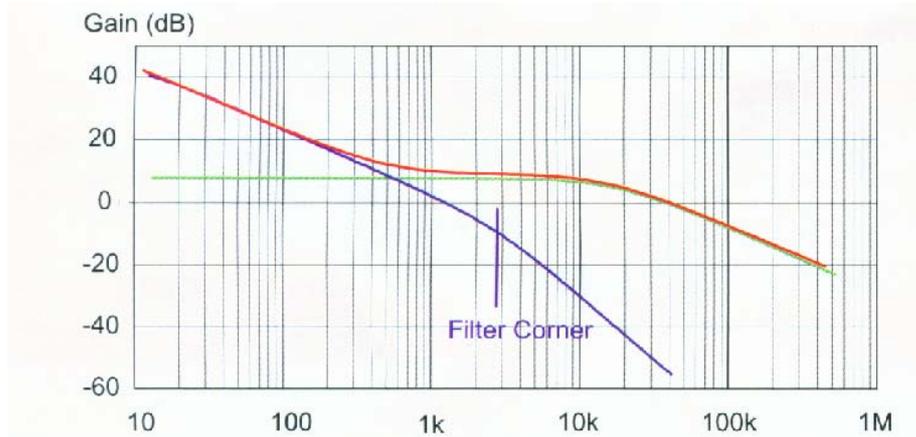


#### 4. 二级滤波



在要求低噪声的应用中用二级滤波，如图 9。 $R_5$  在滤波电感前，另一路通过积分器，在滤波电感后。如果二级滤波谐振是衰减的并且谐振频率超过补偿网络的第一个零点（TL431 的单位增益频率），则电路稳定。这是一个非常有用有趣的电路。二级滤波额外的相位延迟和极点通过积分器直接在回路中显示出来，但当 TL431 增益的小于单位增益时（超过全部补偿的零点时）这不改变回路的响应。

在  $R_6$  的反馈支路，有一个扰动，这个扰动依赖于二级滤波谐振的衰减，但相位和没有二级滤波一样。



**Figure 9b: Effect of Second-Stage Filter on Compensation Gain**

二级滤波回路的测试是一个问题，在 C 点测量是一个选择，但由于原边的高电压和测试困难（这不是主要的，主要的是 C 点的阻抗高），可以把电感短路（但要保证谐振频率超过补偿网络的第一个零点），在输出端如图 8 测量。

## 5. 总结

如果输出电压足够高 TL431 是一个好的选择。如果光耦隔离，按本文的建议就可以得到大致好的设计。（如果是正规的设计公司和要成为高手，一定要有测量仪器，手段。）