

使用TL431设计电源

到目前为止，我已提供了几篇关于无源元件的复杂性的文章。在本文中，我们将着眼于电源系统广泛采用的有源半导体元件之一TL431。这个三端器件采用了精确的电压基准和一个放大器。它占用非常小的电路板空间，在业界广泛采用以低成本实现合理的性能。不过，当与一个光电耦合器配合使用用于反馈隔离时，其分析是非常复杂的。

作者: Ray Ridley 博士, Ridley Engineering

运算放大器反馈

为了实现最佳性能，用于反馈控制补偿的首选电路使用一个误差放大器及一个精确电压基准——非隔离式电源控制芯片的一部分。电流模式控制是控制转换器的最佳方法，为大多数电源设计师使用。对于这个类型的控制，最理想的补偿网络是一个II型放大器，图1所示为这种配置的例子。在这种配置中，一个传统的运算放大器用于放大电源输出电压和的固定基准电压之间的差值。

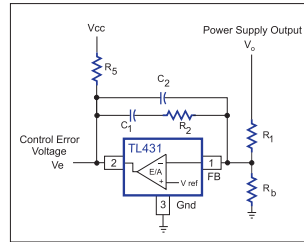


图2. 用作II型放大器的TL431。

在所有电路条件下可以为器件提供足够的偏置电流。此外，放大器的输出必须保持在所需提供的偏置最小值以上；

2. 一个好的电压基准集成在以及当中；而且，

3. 开环增益和驱动能力低于好的运算放大器。不过，如果你的放大器周围阻抗高，它将很好工作。

如果如图所示2配置TL431，满足上述要求，该设计过程就与一个标准II型放大器相同。

隔离的TL431反馈

大多数使用TL431的工程师都没有像图2那样使用它。他们使用的电路在业界非常普遍，即TL431结合使用一个光电耦合器来提供反馈环路隔离，如图3所示。

在这个电路中，TL431的输出通过电阻器R5供电，光电耦合器二极管与电源输出进行串联。这

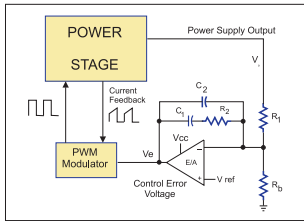


图1a. II型补偿反馈。

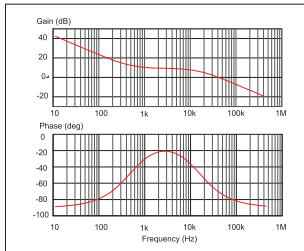


图1b. II型补偿波得图。

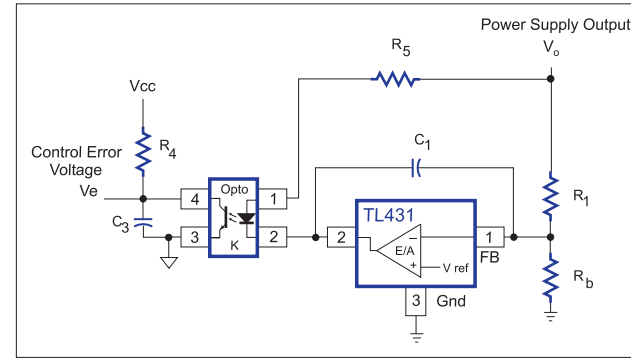


图3. 带有输出偏置和光电耦合器的典型TL431配置。

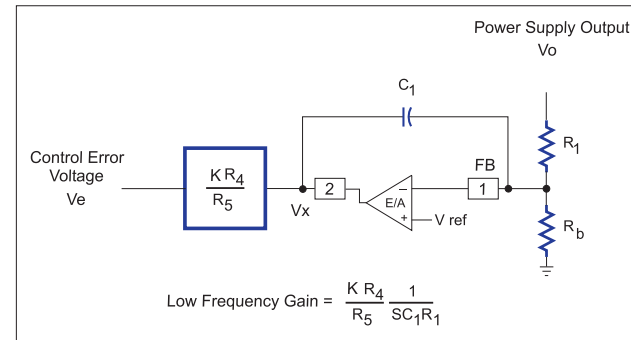


图4a. 典型TL431连接的低频电路。

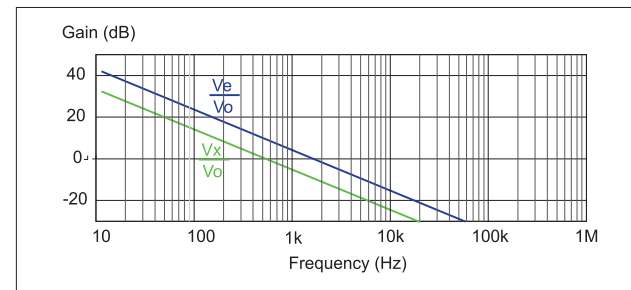


图4b. 典型TL431电路的低频增益。

个明显的微妙变化对电路工作产生了很大影响。目前，该电路的增益动力来自于进入TL431输出端的电流，并非来自其输出电压。这

个电流取决于三件事情：TL431的电压增益、电阻器R5顶部的电源电压，以及电阻器的阻值本身。虽然图2的电路与电阻值和电源电

压无关，图3的电路仍是这两个量的强函数。

值得注意的是，反馈补偿仅包括一个电容器C1。另外一个电容器C3表示输出光电耦合器的电容及其频率响应衰减。不过，图3的电路仍然是一个II型补偿器，尽管这不是立即出现的。

TL431补偿——低频

在低频条件下，TL431放大器的增益及电容器C1和电阻器R1形成了一个积分器，处于高电位，这可以控制响应。图4a所示为低频等效电路。

输出到误差放大器输出端的电源增益Vx由经典的积分器方程表示，如图4b的绿色曲线所示。通过光电耦合器跨过的隔离边界，该积分器增益需乘以光电耦合器的电流增益，以及电阻器R4和R5的比率。图4b红色所示为来自电源输出的控制输入的电路的低频增益。

TL431补偿——中频

在更高得频率，TL431放大器周围的积分器的增益达到了统一，二维超出了这个点，电压信号被减弱。不过，由于电阻器R5连接了电源输出，总是有从输出电压到光电耦合器二极管的增益。在中频中，这是主要的反馈路径。

图5所示为在中频区的等效电路。增益完全是由光电耦合器初级和次级侧选择的电阻器决定的，放大器不是该电路的一部分。环路的分频通常发生在这个频率范围，电阻器应该首先是满足期望的分频频率的设计。

TL431补偿——高频

在高频，我们遇到了光电耦合器本身的极。这是由图6a电路的电

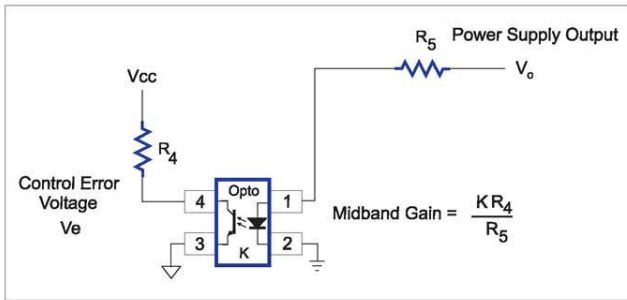


图 5. TL431 电路的中频增益。

容器 C_3 来表示的。

图 6b 所示为光电耦合器增益的衰减。有了好的光电耦合器，这就可能超过 10kHz。不过，这种衰减是光电耦合器工作的电流水平的函数。流经器件的电流越大，电流带宽越高。使光电耦合器以电阻器的相对较低的价值偏向确保它是合理邻近其额定电流范围的上限末端操作。

遗憾的是，对于集成式电源，该偏置电阻器集成在了控制器当

中，不容易改变。这经常迫使光电耦合器运行在低电流区，而影响环路设计。

TL431 的完全补偿

图 7 所示为 TL431 配置的两条反馈路径结合实现的全量补偿。积分器增益为蓝色，主要在低频，第二个反馈路径通过偏置电阻器，增益在中高频。

红色是得到的全量补偿。这仍然需要 II 型补偿，最理想的是电流

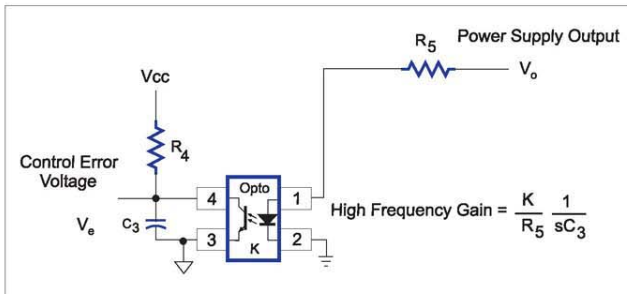


图 6a. TL431 高频增益电路。

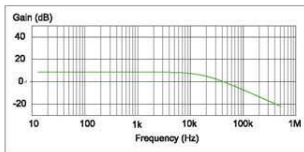


图 6b. 中频和高频增益图。

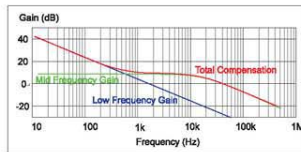


图 7. TL431 的最终补偿增益。

模式控制。不过，目前频率设计的断点比较复杂，是由除了误差放大器周围的反馈元件之外的许多元件决定的。

TL431 环路的测量

如果你就要用这个电路进行补偿，则必须测量导致的环路增益，以确保你有一个稳定的系统。你使用 TL431 电路的电源系统的整个稳定性取决于可改变内容的数量。光电耦合器的增益和带宽也能在元件之间改变，时间和温度也可以显著改变。

在测量环路时也要小心。重要的是你要如图 8 所示通过注入来开辟两条反馈路径。这将为系统提供适当的环路增益。如果你试图如该图所示在点 A 或 B 点测量环路，其测量结果不会对一个很好补偿的环路的设计有用。

用于插入和测量的更加有效的点在点 C，它在隔离边界的初级侧，尽管由于线路参考电压这更加难以实现。

总结

你应该使用 TL431 作为你的主要反馈放大器吗？想方设法，需要有一个好的内置放大器和参考，如果你的输出电压水平足够高，它可能工作的很好。（该元件的低压型号 TLV431 可扩展更低输出电压范围的工作）。如果你在采用光电耦合器的行业标准配置中采用 TL431，务必遵循本文的建议，你应该能够设计出可靠的控制环路。

www.ridleyengineering.com

满足能量效率和消费需求的设计

4.5MHz 双相转换器配置实现超薄解决方案

能源越来越昂贵，对设计人员来说利用可用的技术节省功耗越来越重要，至关重要的因素将最终决定在竞争的市场中最终产品的成功与否。消费者在一种产品中的投资，不仅必须拥有“必须有”的多种功能、尺寸和极佳的性能，它还必须非常节省能源，除了“绿色”问题之外，设计的产品还代表着一个关键卖点。压力正在继续，落在了电源设计者的肩上。

作者: Markus Matzberger, 低功耗 DC-DC 系统工程师, Texas Instruments

最新的便携式设备，如数码相机可以实现高分辨率成像和视频处理，但是这些功能需要越来越高的处理器性能，这就需要更高的电流消耗。不过，在大多数情况下，高处理能力只是短期所需的，因为大多数时间处理器运行在节电或者闲置模式。这种运行特征要求高效的电源，它为轻和中等负载电流而优化的，但是也能提供高峰值电流。此外，由于高度限制的全体，采用一种薄的解决方案非常重要。

本文将介绍采用 1.2mm 最大高度的 1.6A/1.2V 电源解决方案，它基

于德州仪器的 TPS62410 2×800mA 双相降压式转换器。这款器件采用小型 3×3 10 引脚 QFN 封装，可以提供两个独立的降压式转换器。两个转换器使用相同的内部 2.25MHz 时钟和异相操作 180° 相移。

通常，这款器件用于产生两个独立的电源轨。在这种情况下，想法是运行两个并联的转换器，以便单个输出轨可以获得更高的输出电流。由于两个转换器的 180° 相移操作，可以实现一种双相操作模式。

与单相降压式转换器相比，双相配置带来了以下优势，这将进行详细的探讨：

1. 整个解决方案的高度更薄，因为没有采用大的电感器，使用了两个更小的和更薄的电感器；
2. 更好的负载瞬态响应；
3. 180° 异相操作导致的双相操作可以实现两倍高的有效开关频率 (4.5MHz 而不是 2.25MHz)。

电路原理

图 1 所示为电路原理图。两个转换器的输出电压通过 R_{11} 、 R_{12} 、 R_{21} 、 R_{22} 和 C_{ff} 组成的外置电阻分压网络设定在 1.2V。每个转换器使用相同的 2.7μH 电感器连接到转换器的 SW 引脚和 10μF 输出电容器。输出 V_{OUT1} 和 V_{OUT2} 通过 22mΩ 负载平衡电阻器 R_{BAL} 连接在一起。这些电阻器负责或多或少地共享两个转换器之间的负载电流，另外，一个转换器将运行在其输出电流极限，另一个将仅处理一小部分负载。

这种节电模式下操作的配置重要性在于可以启动两个转换器，以便在轻负载时提供高效能。因此，MODE/DATA 引脚连接至地。这有助于转换器在小输出电流时的跳跃转换。为了保持输出电压稳定，一旦从输入到输出传送的电荷

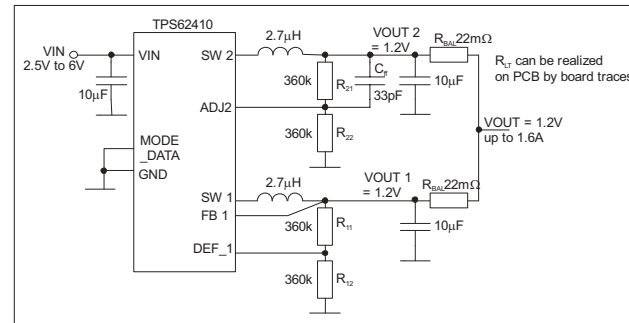


图 1. 电路原理图。