



开关电源基础知识

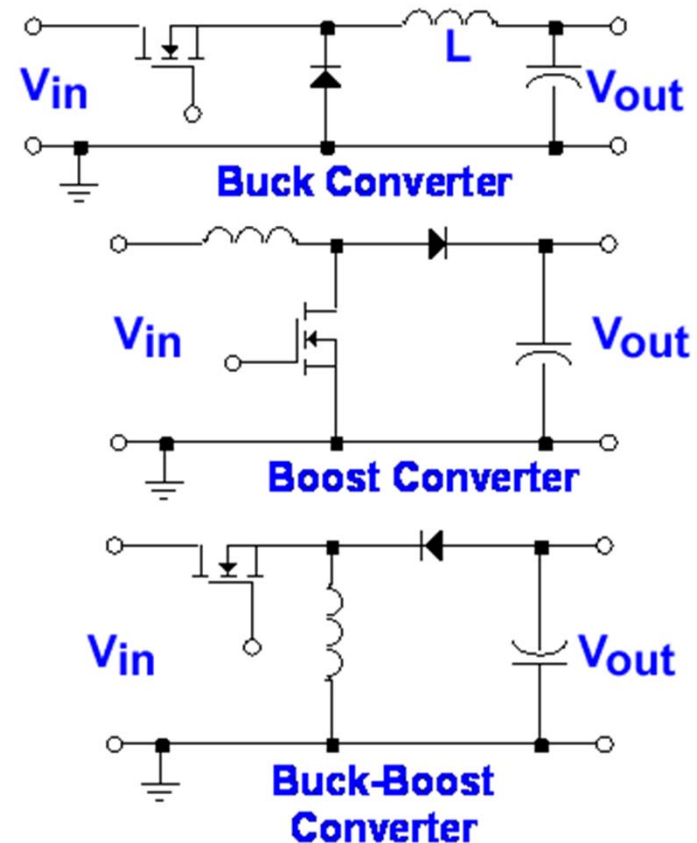
隔离式与非隔离式





非隔离式拓扑

- ➔ 这里所给的图形示出了三种基础型的 DC-DC 电源转换器拓扑
- ➔ **主要局限** – 它们未在输入和输出之间提供电隔离
 - 许多应用中都希望提供这种电隔离
- ➔ 基于这三种拓扑，推导出了其他的常用拓扑：
 - 反激式
 - 正激式
 - 推挽式
 - 半桥式
 - 全桥式





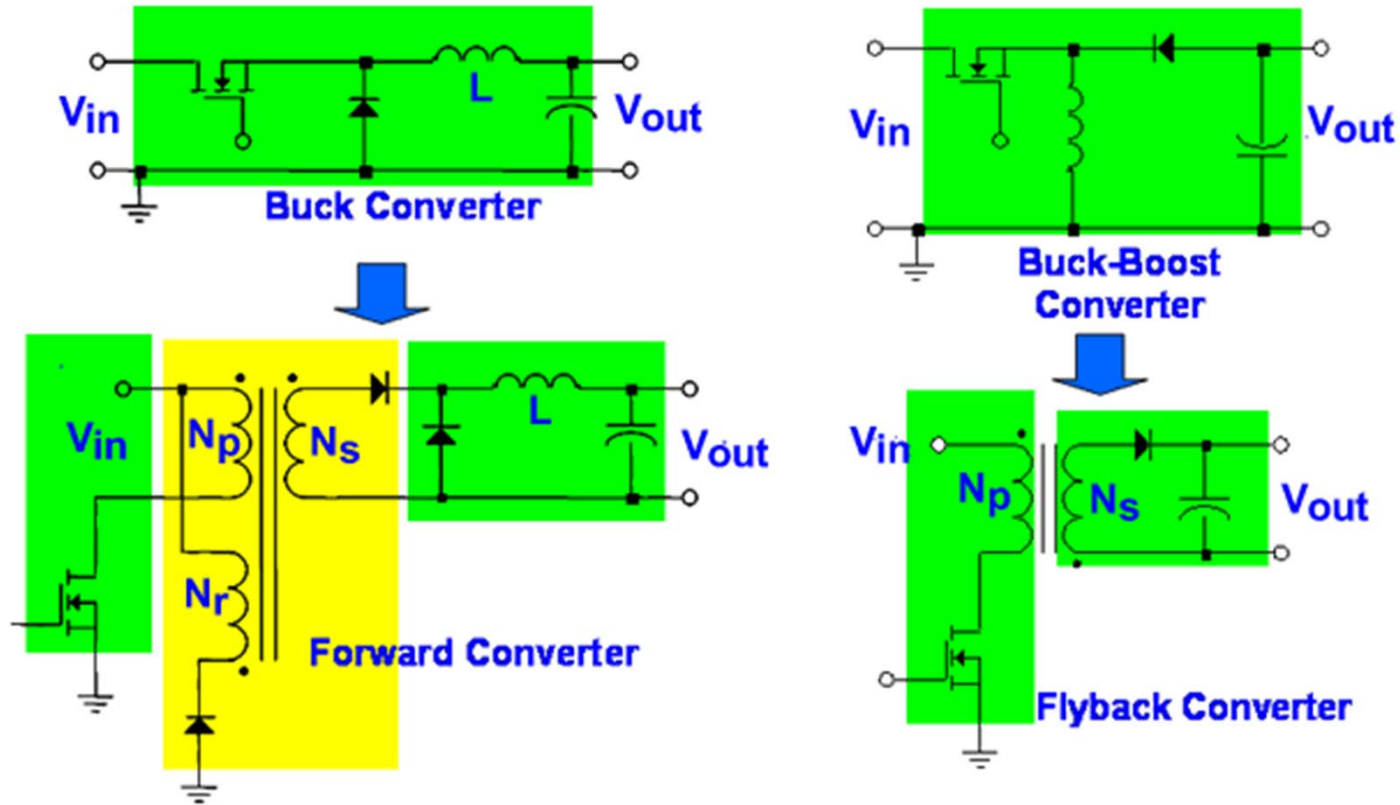
隔离式拓扑

许多应用中都需要输入/输出隔离。隔离可切断无用信号的传播路径，优势如下：

- ➔ 保护人员、设备免遭感应在隔离另一端的危险瞬态电压损害
- ➔ 去除隔离电路之间的接地环路以改善抗噪声能力。
- ➔ 在系统中轻松完成输出接线，而不与主接地发生冲突。



隔离式拓扑



- 这些图形示出了两种最简单的隔离式拓扑：正激式和反激式。黄色阴影区域是基础型拓扑的附加部分。



正激式 / 反激式拓扑比较

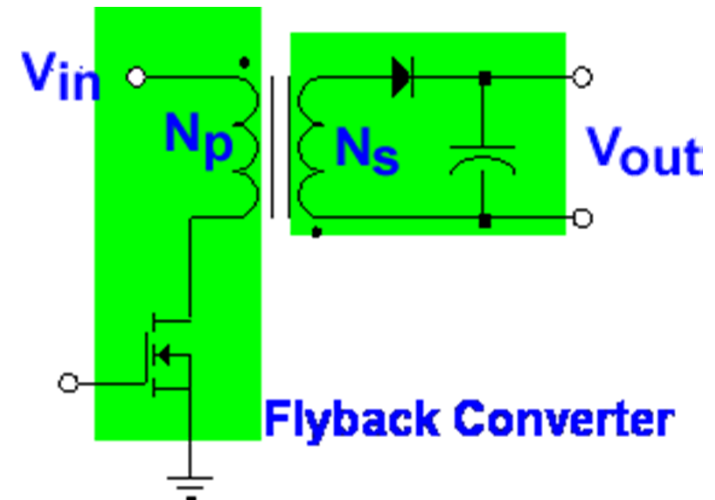
Feature	Forward正激	Flyback反激
输入滤波	中等，脉冲	中等，脉冲
输出滤波	从电感器提供低的连续输出电流	高的脉冲输出电流需要采用大的输出电容器
效率	中等	低至中等
多输出能力	有，耦合输出电感器设计会很困难	有，利用谨慎的变压器设计实现了优良的交叉调节
成本	中等	低，无输出电感器
典型功率范围	20 – 400W	< 150W
复杂性	中等，需要变压器复位	低



反激式转换器特性

➔ 优点:

- 采用一个耦合电感器来充当隔离变压器并用于储能。
- 输入和输出地是隔离的。
- 利用占空比和匝数比来实现电压的降低或提升。
- 易于实现多个输出。
- 不需要采用一个单独的输出电感器。
- 最适合较低的功率级别。

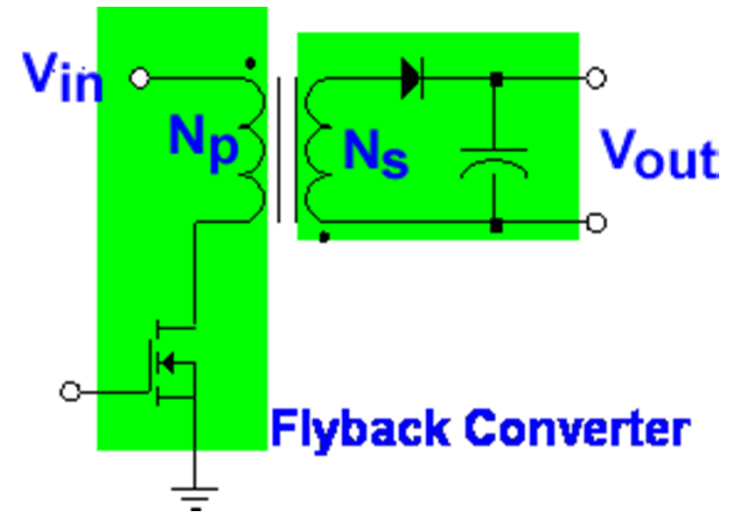




反激式转换器特性

➔ 缺点：

- 高输出纹波电流。
- 高输入纹波电流。
- 环路带宽可能受限于右半平面 (RHP) 零点。





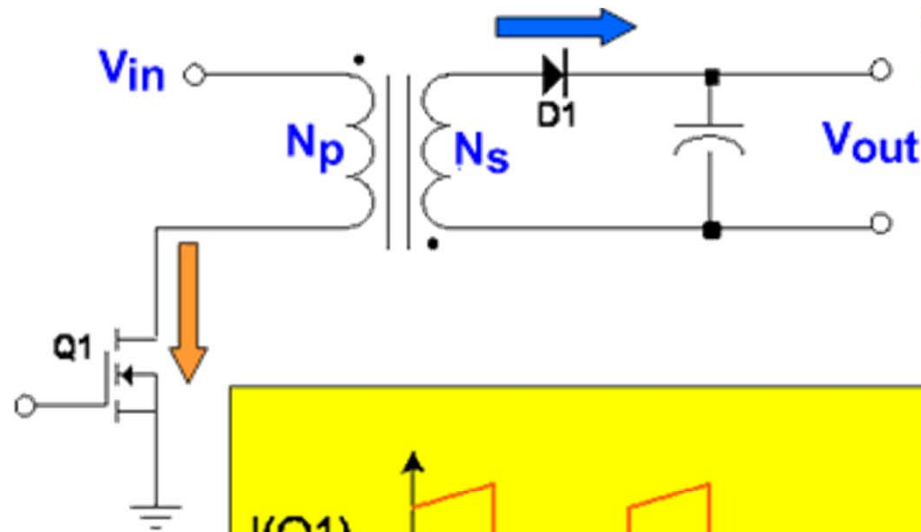
反激式的优点及应用

- ➔ 采用最简单的隔离式拓扑，因而具有最低的成本
- ➔ 使用了数量最少的功率组件：4 个
- ➔ 最为人们所了解、实现的数量最多而且得到最广泛支持的拓扑之一

由于上述原因，对于功率范围 $<150\text{W}$ 的应用而言反激式转换器是一种上佳的选择

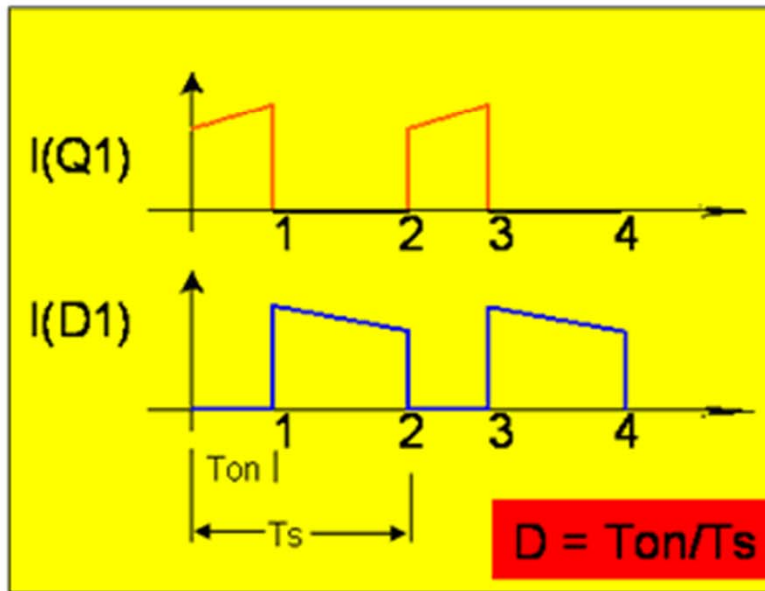


重要的波形



Continuous Conduction Mode
Input / Output Relationship

$$V_o = V_{in} \times \frac{D}{1-D} \times \frac{N_s}{N_p}$$





稳态分析

Duty Cycle:

$$D = \frac{V_o + V_F}{V_o + V_F + \frac{N_s}{N_p} \cdot V_{in}}$$

Primary Current:

Average:

$$I_{avg} = \frac{P_o}{V_{in} \cdot \text{Eff}}$$

Peak:

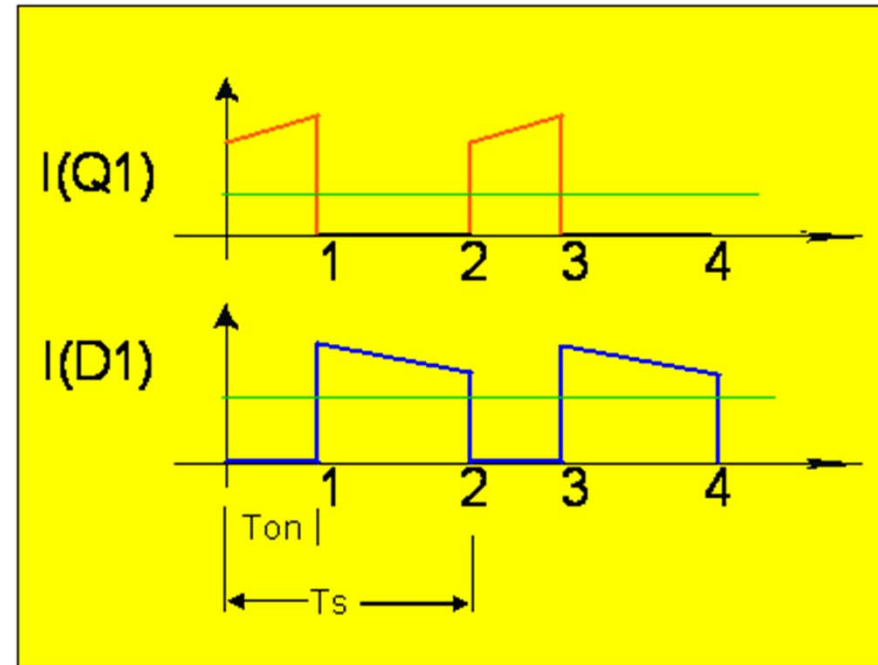
$$I_{pk} = \frac{1}{2} \cdot \frac{V_{in}}{L_m} \cdot \frac{D}{f_{sw}} + \frac{I_{avg}}{D}$$

RMS:

$$I_{rms} = \frac{I_{avg}}{\sqrt{D}}$$

Ripple:

$$\begin{aligned} I_{ac} &= \sqrt{I_{rms}^2 - I_{avg}^2} \\ &= I_{avg} \cdot \sqrt{\frac{1-D}{D}} \end{aligned}$$

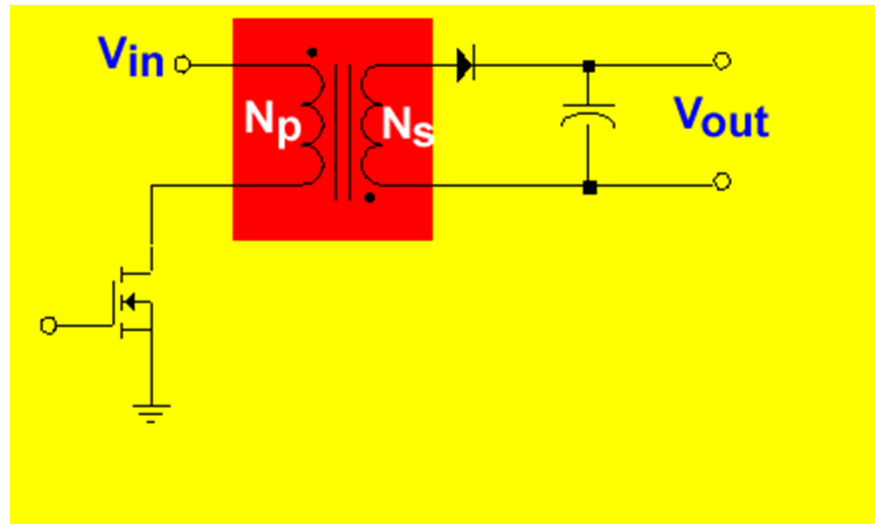


Values are transformer related (turns ratio, inductance).



反激式转换器设计问题

- ➔ 必须选择合适的反激式转换器组件，以便能够处理必要的电流和电压应力。这些应力由前一章节里给出的公式确定。
- ➔ 所有这些应力均与变压器有关：匝数比、电感。





反激式转换器设计问题

- Basic Requirements:
 - Does not saturate at full load.
 - Inductance is as high as possible.
 - Physically as small as possible.
 - Low power losses (<3%):
 - Core losses
 - Copper losses
 - Skin effects for copper

该图示说明了针对反激式变压器的基本要求。

请注意，由于集肤效应的原因，在高开关频率变压器中需要采用多股细导线。为使操作在较宽的负载范围内保持于连续导通模式，需要高电感。由于使用了较高的电感，初级和次级电路中的纹波电流都将较低。



实例 – 设计规范

一项设计总是从制定设计规范开始的，包括输入电压范围、功率级别、输出电压等等。占空比和开关频率一般都是预先确定的。通常而言，采用一个介于 200 kHz 和 300 kHz 之间的开关频率可以很好地兼顾开关损耗与滤波器要求。

Application Specifications

P_{in} = Maximum power **18W (15W output)**

Duty = Maximum duty cycle **0.42**

V_{bus} = Minimum input voltage **25V**

V_{in_max} = Maximum input voltage **75V**

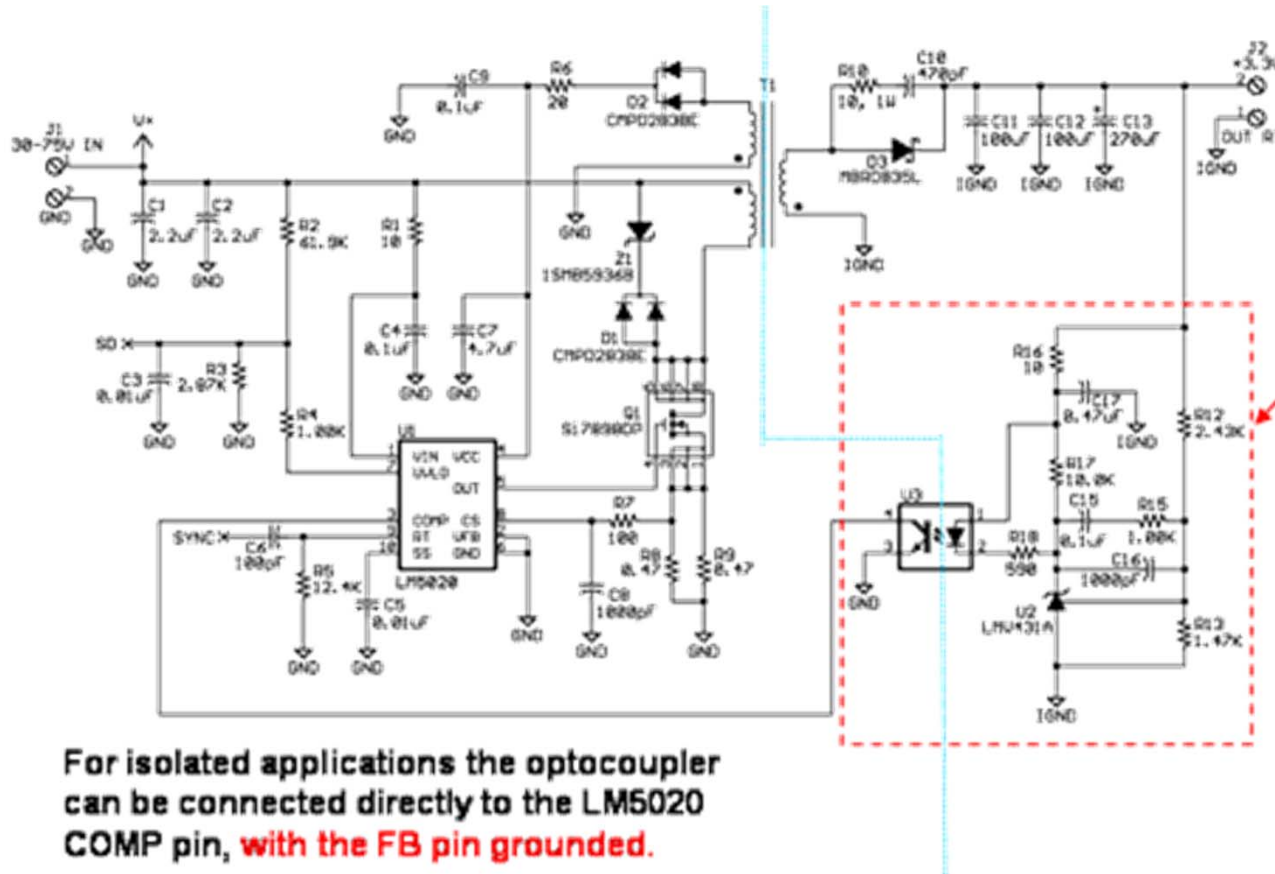
V_o = Output voltage **3.3V**

f_{sw} = Switching frequency **250kHz**



反激式电路实例(非隔离反激式设计)

下面所示的电路基于 LM5020 演示板。

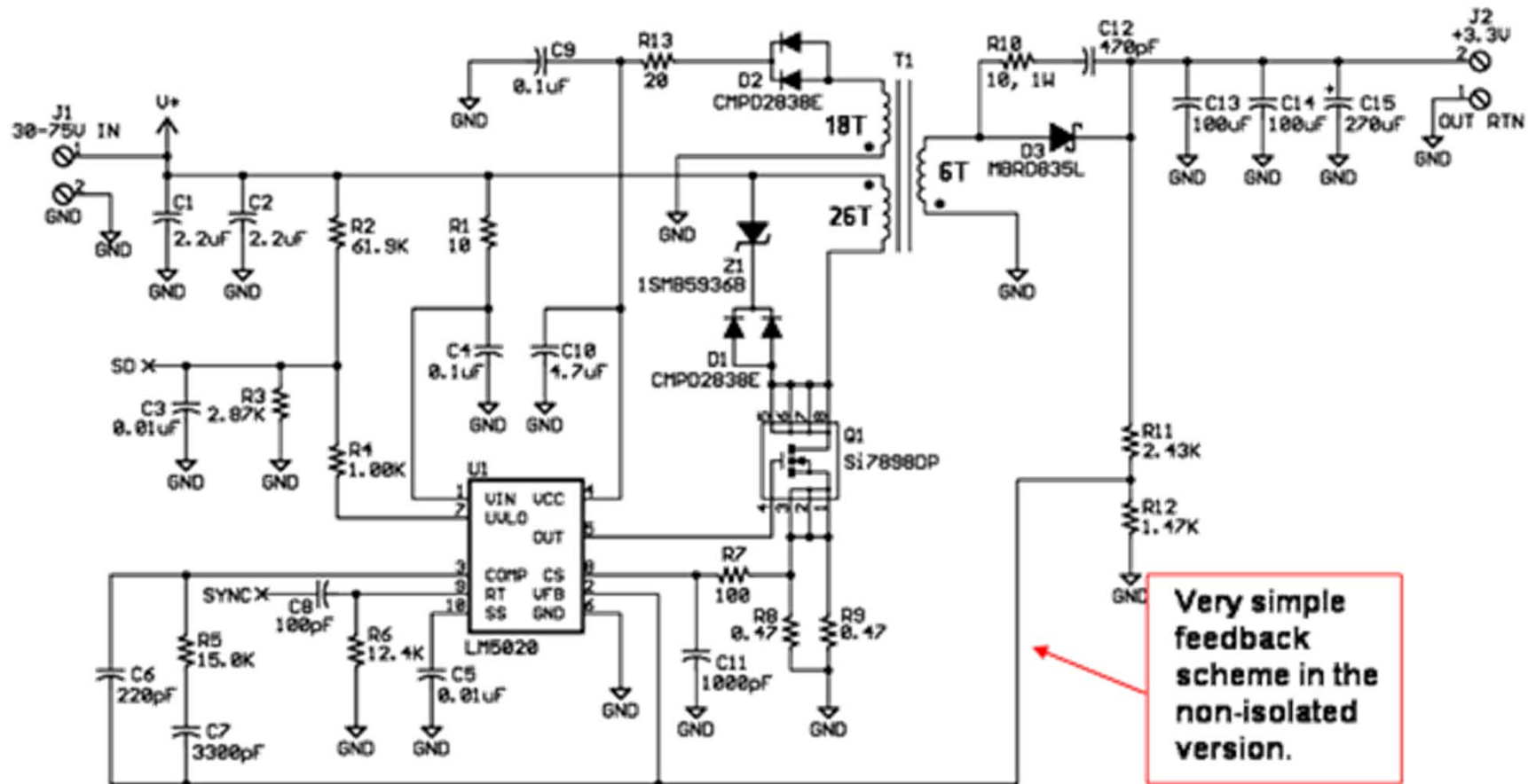


An LMV431 and an opto-coupler is used to provide ground isolation for isolated applications

For isolated applications the optocoupler can be connected directly to the LM5020 COMP pin, with the FB pin grounded.



反激式电路实例(非隔离反激式设计)





结论

- ➔ 反激式拓扑是适合隔离式电源的最简单拓扑。大多数应用是在通信和以太网供电 (PoE) 领域，这里的功率级别低于 50W，现在，802.11 AF, AT之外的POE电源标准还未发布。
- ➔ 讨论了反激式工作原理并介绍了稳态分析，旨在提供设计指引。
- ➔ 主要的设计问题是反激式电源变压器。
- ➔ 采用一个实例来演示设计。
- ➔ 环路补偿简单，比例积分即可。



谢谢!