

# 低功率反激式转换器 不再需要光耦合器

凌力尔特公司 || 电源产品部产品市场工程师 Bruce Haug

反激式转换器广泛用于隔离式 DC/DC 应用，但是反激式转换器未必是设计师的首选。电源设计师勉强选择反激式转换器的原因是，不得不满足较低功率的隔离要求，而不是因为反激式转换器更易于设计。反激式转换器需要将大量时间用在变压器的设计上，而现成有售的变压器通常可选范围有限，而且有可能需要定制变压器，使得变压器设计这个任务进一步复杂化了。此外，反激式转换器还存在稳定性问题（由于控制环路中众所周知的右半平面零点所致），而光耦合器的传播延迟、老化和增益变化将使该问题进一步复杂化。凌力尔特公司推出的 LT3574 隔离式单片反激式转换器就解决了很多这类反激式转换器的设计难题。

首先，LT3574 无需光耦合器、外部 MOSFET 和副端基准电压，也无需电源变压器额外提供第三个绕组，同时，仅用一个必须跨隔离势垒的组件就能保持主端和副端隔离。LT3574 有一个内置 0.65A、60V NPN 电源开关，可从一个范围为 3V~40V 的输入电压提供高达 3W 的输出功率，并采用了一个能通过主端反激开关节点波形检测输出电压的主端检测电路。在开关关断时，输出二极管向输出提供电流，输出电压反射到反激式变压器的主端。开关节点电压的幅度是

输入电压和反射的输出电压之和，LT3574 能重建该开关节点电压。在整个线电压输入范围、整个温度范围以及 2%~100% 的负载范围内，这种输出电压反馈方法可产生好于±5% 的总调节误差。图1 显示了一个利用LT3574实现反激式转换器的原理图。

LT3574 运用边界模式工作进一步简化了系统设计，减小了转换器尺寸并改进了负载调节。LT3574反激式转换器在副端电流降至零时，立即接通内部开关，而当开关电流达到预定义的电流限制时，则断开。因此，该器件工作时，总是处于连续传导模式（CCM）和断续传导模式（DCM）的转换之中，这种工作方式常称为边界模式或关键传导模式。其他特点包括可编程软启动、可调电流限制、欠压闭锁和温度补偿。变压器匝数比和两个连接到 RFB及RREF引脚的外部电阻器设定输出电压。LT3574所采用的是 MSOP-16封装。

## 主端输出电压检测

隔离式转换器的输出电压检测通常需要光耦合器和副端基准电压。光耦合器通过光链路发送输出电压反馈信号，同时维持隔离势垒。不过，光耦合器的传输比随温度和老化而变化，从而降低了准确度。光耦合器还引入传输延迟，从而导致较慢的瞬态响应，而不同器件的瞬态响应之间有可能呈非线性，这还可能导致一个设计在不同的电路实现中显示不同的特性。运用额外的变压

表 1 用于 LT3574 的现成有售的变压器

目标应用	供应商	尺寸(宽×长×高)(单位: mm)	匝数比NP: NS	器件型号
5V~5V/0.1A	BH Electronics	9.52 × 9.52 × 4.95	1:1	L10-1022
12V~3.3V/0.5A	Pulse Engineering	15.24 × 13.1 × 11.45	7:1	PA2364NL
12V~5V/0.35A	Pulse Engineering	15.24 × 13.1 × 11.45	5:1	PA2363NL
12V~2V/0.14A	Pulse Engineering	15.24 × 13.1 × 11.45	1:1	PA2456NL
24V~3.3V/0.7A	Würth Elektronik	15.24 × 13.3 × 11.43	4:1	750310559
24V~5V/0.5A	Würth Elektronik	13.35 × 10.8 × 9.14	3:1	750370047
24V~12V/0.2A	Würth Elektronik	15.24 × 13.3 × 11.43	2:1	750310562
24V~15V/0.15A	Würth Elektronik	9.14 × 9.78 × 10.54	1:0.33	750310799
24V~±5V/0.25A	Würth Elektronik	15.24 × 13.3 × 11.43	3:1	750310564

图 1 采用主端输出电压检测的反激式转换器

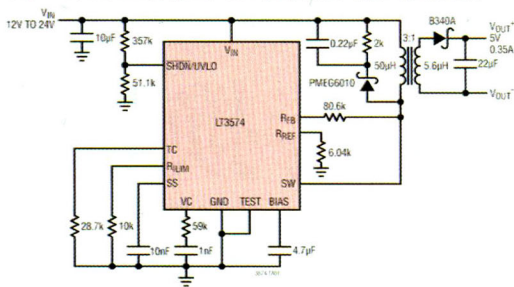


图 2 典型的开关节点波形

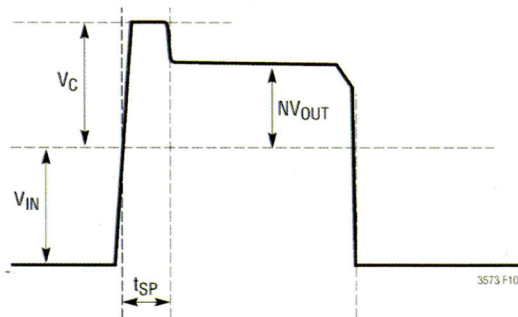
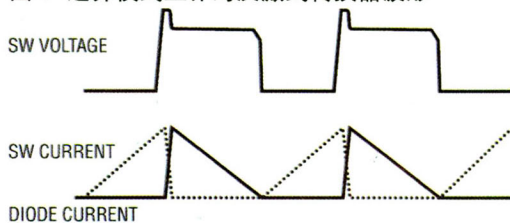


图 3 边界模式工作时反激式转换器波形



器绕组而不是光耦合器实现电压反馈的反激式设计还可以用来闭合反馈环路。不过, 这种额外的变压器绕组可能增大变压器的尺寸和成本。

LT3574 在变压器的主端检测输出电压, 因而无需光耦合器或额外的变压器绕组。如图 2 所示, 当功率晶体管关断时, 在主端开关节点波形处可以准确测量输出电压, 其中  $N$  是变压器的匝数比,  $V_{IN}$  是输入电压,  $V_C$  是最大箝位电压。

## 以边界模式工作可减小转换器尺寸并改进调节

边界模式控制采用的是可变频率电流模式开关电路。当内部电源开关接通时, 变压器电流增大, 直至达到预置电流限制的设定点为止, SW 引脚上的电压上升至: 输出电压除以副端至主端变压器匝数比 + 输入电压。当通过二极管的副端电流降至零时, SW 引脚电压降至低于  $V_{IN}$ 。

内部 DCM 比较器检测这个事件，并再次接通开关，重复这个周期。

在每个周期的末端，边界模式工作使副端电流回到零，引起寄生电阻压降，但不引起负载调节误差。此外，主端反激开关总是在零电流时接通，输出二极管没有反向恢复损耗。这种功耗的减少使得反激式转换器能够在一个相对较高的开关频率下运作，这反过来又缩减了变压器的尺寸（相比于较低频率的替代设计方案）。图 3 显示 SW 电压和电流以及输出二极管中的电流。

由于反射输出电压始终在二极管电流零交叉点进行采样,因此在边界模式操作中负载调节性能大为改善。LT3574 一般提供  $\pm 3\%$  的负载调节。

## 变压器选择与设计考虑

变压器规格和设计也许是成功应用LT3574最关键的。凌力尔特公司已经与领先磁性组件制造商合作，生产预设计的反激变压器，LT3574数据表中给出了这些变压器的完整列表。表1显示了推荐使用的现有有售变压器的节略列表，这些变压器分别由Würth Elektronik、Pulse Engineering 和BH Electronics公司提供。这些变压器从主端到副端一般能承受1500VAC的击穿电压长达1分钟。也可以使用较高击穿电压的变压器和定制变压器。

凌力尔特公司免费提供仿真软件LTSpice，该软件可从其网站下载。LT3574 可以利用表 1 所列的任何变压器建模，所建立的模型能产生非常逼真的仿真效果，可减轻设计这类转换器的负担。电路仿真包括有关以下问题的信息：电路如何启动、在不同输入电压时电路对负载阶跃的反应，并显示在变化条件下，共模电流的流动。更改设计很容易，也很容易看到更改对电路性能的影响。

## 变压器匝数比

在选择变压器匝数比以适合任何给定应用



图 4 RCD 箝位电路

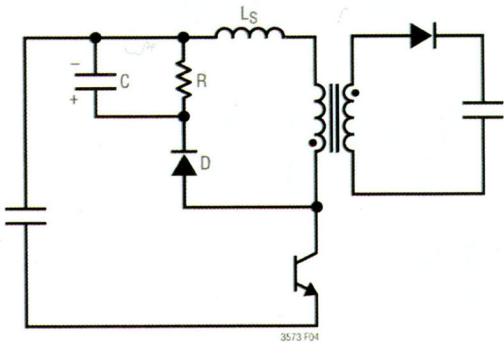
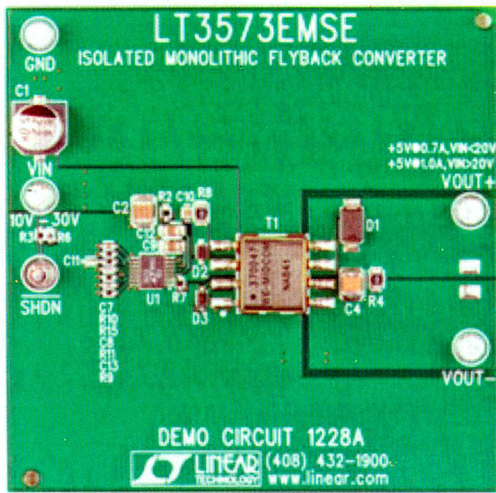


图 5 LT3574 应用电路照片



时，通过用RFB/RREF电阻器比值设定输出电压，用户拥有相对的自由。一般情况下，变压器匝数比的选择原则是，最大限度地提高可用输出功率。就低输出电压（3.3V 或 5V）而言，N：1 的匝数比可用于多个主端绕组相对于副端绕组的情况，以最大限度地提高变压器的电流增益和输出功率。不过，SW引脚上的电压等于最大输入电源电压 + 输出电压乘以匝数比。该电压需要保持低于SW引脚的 ABS MAX额定值，以防止内部电源开关击穿。就给定应用而言，这些条件合起来限制了匝数比（N）的上限，即匝数比需要满足以下不等式：

$$N < \frac{50V - V_{IN(MAX)}}{V_{OUT} + V_F}$$

其中  $V_F$  是输出二极管压降， $V_{OUT}$  是输出电压。

就较大的N：1 值而言，需要具较大物理尺寸的变压器，以提供额外的电流，并提供足够大的电感，从而确保断开时间足够长，能准确测量

输出电压。

就较低的输出功率值而言，可选择1：1或1：N变压器，以实现绝对最小的变压器尺寸。采用一个匝数比为1：N的变压器将最大限度地减小变压器的尺寸和磁化电感，但也会限制可用的输出功率。一个较高的1：N匝数比能够提供非常高的输出电压，而不会超过内部电源开关的击穿电压。

## 变压器的漏电感

变压器主或副端的漏电感导致电源开关关闭后在主端出现电压尖峰。该尖峰在较大负载电流时更显著，由于在较大负载电流时，必须释放更多储存的能量。利用变压器绕组的紧密耦合可以最大限度地减小漏电感，并可通过读取一个变压器绕组上的电感（而其他的绕组短路）来测量漏电感。

图 4 所示的简单 RCD（电阻器、电容器和二极管）箝位电路可防止漏电感尖峰超过电源电路的击穿电压。该电路包含在所有 LT3574 应用电路中，而且肖特基二极管往往凭借其快速接通时间而成为吸振器的最佳选择。

采用 LT3574 的演示电路板如图 5 所示。该电路接受从10V~30V 的输入电压，在电流高达0.5A 时产生隔离的5V 输出。

基于 LT3574 的电路由于无需光耦合器、外部 MOSFET、副端基准电压、以及无需电源变压器提供额外的第三个绕组，极大地简化了隔离式反激 DC/DC 转换器的设计。该器件仅用一个跨隔离势垒的组件，就能保持主端至副端隔离。LT3574 在 3V~40V 输入电压范围内工作，能提供高达 3W 的连续输出功率，非常适合多种应用。可使用现成有售的变压器，无需定制变压器。现在，很多应用都需要隔离式转换器，而不仅是电信应用有隔离的要求。就 GPS 系统、显示器、可编程逻辑控制器、医疗监视设备等噪声敏感应用而言，与总线电压隔离是必须的。GEM