

减少了组件数量的 隔离式正向 DC/DC 转换器

Bruce Haug

(凌力尔特公司)

1 引言

过去 25 年,高密度隔离式 DC/DC 电源转换器已经发生了显著变化。全砖和半砖 DC/DC 转换器最初推出时,用户和电源公司都非常振奋。这类砖式 DC/DC 转换器纳入了数百个组件,非常容易使用,因而用户不必再自行设计。这类器件适用于电信应用,电信应用中的 -48V 输入需要隔离输入和输出,因为总线电压提供很大的功率。此外,这类转换器可在数据通信和工业系统中作为分布式电源架构的起点。与此同时,一些公司争先恐后地进入了这一市场,追赶着这一领域的领导者。很多电源公司在过去几年中也在努力开发,以向市场推出新产品,这些公司设计了自己独有的磁性组件、拓扑以及控制电路,一直在努力超越以前的版本和同类产品。大多数产品的占板面积都相同,不过有些公司也开发了尺寸和引脚数不同的产品,并已获得专利。目前,这类器件的占板面积已经多样化,包括 1/4、1/8 和 1/16 砖。

然而,随着专门针对应用拓扑的 DC/DC 控制器的推出,加之 Würth、Pulse Engineering、Coiltronics 等公司提供的现成有售平面电源变压器和电感器,产生自己的特有设计变得容易多了。事实上,一个隔离反激式转换器的设计可以用不到 15 个组件完成,而一个隔离式正向转换器的设计仅需不到 20 个组件。在这种可采用特定于应用的控制器和单片式器

件的新时代,设计师有可能以不同方式开发隔离式 DC/DC 转换器。MOSFET 切换性能、 V_{DS} 额定值和 $R_{DS(on)}$ 的改进也有助于更方便地完成分立式设计。此外,有些设计在反馈回路中也不再需要用光耦合器调节输出电压了。

不仅是必须满足 48V 隔离要求的电信和数据通信应用,多种 DC/DC 转换器应用也需要隔离式输出。对于需要隔离地与有噪声输入电压的噪声敏感设备,隔离可能是必不可少的,例如汽车电池、中间总线和工业输入应用。显示器、可编程逻辑控制器 (PLC)、GPS 系统以及某些医疗监视设备可能都会受到有噪声总线电压的负面影响。体检影像设备、牙科仪器、睡眠和生命体征监视器等都有显示器,都有可能受到有噪声电源电压的负面影响。隔离式电源提供的地隔离可以消除有可能引起显示异常的噪声。

2 一种新的发展方向

凌力尔特可提供全系列的特定拓扑控制器,这些器件可用于隔离式高密度 DC/DC 转换器,适合反激式、正向、推挽、全波桥式拓扑,有的版本有同步整流,有的则没有,有些使用光耦合器,有些则运用变压器闭合反馈环路。这些器件有两种基本的输入电压范围,一种面向工业市场 (9V 至 32V),另一种面

向电信 / 数据通信市场 (36V 至 75V), 还有一些在 18V 至 75V 输入电压范围内工作。凌力尔特已经针对所有这些拓扑和输入电压范围预制了设计, 这些设计的输出电压范围为 1.2V 至 48V。用户可以获得演示电路板、电气原理图以及用料单和用于 PCB 设计的 Gerbers 文件。《快速入门指南》提供各种性能曲线, 包括负载 / 电压调节、纹波和噪声、效率和瞬态响应等。

隔离式高密度 DC/DC 转换器最常采用的拓扑之一是正向转换器。凌力尔特提供单开关和双开关正向控制器, 这些控制器与主边和副边 IC 一起使用, 实现对同步 MOSFET 的控制、定时和驱动。最新控制器 IC 提供了简单性、高效率和快速瞬态响应, 降压型转换器设计师长期以来一直从中受益匪浅, 这些控制器 IC 还具备同步整流和多相交错功率级。不过, 这些功能现在也可用于正向转换器了, 不久前推出的 LT8310 就是一个很好的例子, 这款器件可用来构成组件数量较少的应用。实际上, 下图 1 所示 LT8310 仅用了 20 个外部组件, 就组成了一个完整的隔离式正向转换器, 并可提供高达 78W 的输出功率。

图 1 所示电路从标称 48V 输入在高达 6.5A 产生 12V 输出, 效率为 92%。这款具备谐振复位功能的主边正向控制器在 6V 至 100V 的输入电压范围内工作, 并针对高达 200W 的功率水平。该器件可用

于同步和非同步应用。就同步工作而言, LT8310 通过一个脉冲变压器向副边 MOSFET 驱动器发送控制信号, 以实现同步整流定时。同步设计对于较高功率或较低输出电压的应用最有利。无需使用光耦合器就可实现 $\pm 8\%$ 的输出电压稳定度, 如图 2 所示。

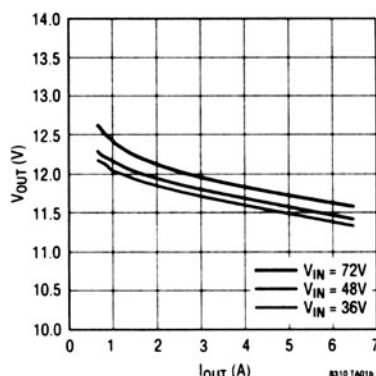


图 2 图 1 原理图中 LT8310 的输出电压稳定度 (V_{OUT} 为 12V)

当使用光耦合器时, 可以实现 $\pm 1.5\%$ 的稳定度。可编程伏秒箝位为变压器复位提供了保障, 可防止饱和并保护 MOSFET。这个功能允许优化变压器和 MOSFET, 从而减小解决方案尺寸, 并降低其成本。

无需光耦合器, LT8310 的伏秒箝位就可定义 V_{OUT} , 从而简化了设计, 降低了隔离式应用的成本。在有输出电压反馈 (光隔离或直接连线) 的应用中, 伏秒箝位设定为高于转换器的自然占空比, 以提供安全的占空比范围, 防止变压器在负载瞬态时饱和。

就非隔离式应用而言, LT8310 提供一个电压误差放大器以及具正和负基准的反馈引脚, 因此能够实现提供正或负输出电压、非常简单且完全稳定的正向转换器。其他特点包括可编程过流保护、可调输入欠压、过压闭锁和内置过热停机功能。LT8310 以 100kHz 至 500kHz 的可编程开关频率工作, 可同步至一个外部时钟, 从而能够使用多种电感值的输出电感器和多种尺寸的变压器。LT8310 采用去掉了几个引脚的

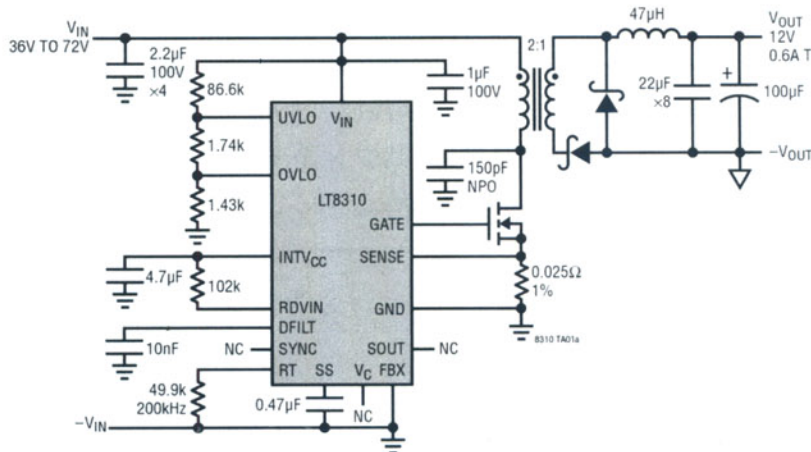


图 1 LT8310 隔离式正向转换器仅使用 20 个外部组件就可从 48V 输入提供 12V/6.5A 输出

TSSOP-20封装,以提供高压间隔。

3 反激式设计

对于甚至在较低功率水平的更简单隔离式 DC/DC 转换器解决方案,可以采用反激式拓扑。反激式转换器多年来一直广泛用于隔离式 DC/DC 应用,然而这类转换器未必是设计师的首选。电源设计师通常被迫选择反激式转换器,是因为必须满足较低功率的隔离需求,而不是因为这类转换器更易于设计。由于众所周知的控制环路右半平面零点问题,反激式转换器存在稳定性问题,而光耦合器的老化和增益变化使这个问题进一步复杂化。反激式转换器需要将大量时间用于变压器设计,而现成有售变压器的可选范围有限,还有可能必须定制变压器,这又使这种设计任务变得更加复杂了。不过,电源转换技术领域的最新进步已经使得较低功率隔离式转换更易于设计。例如,凌力尔特不久前推出的 LT8302 隔离反激式转换器。

首先,LT8302 无需光耦合器和副边基准电压,无需电源变压器额外提供第三个绕组,仅用一个组件,即跨隔离势垒的电源变压器,就可以保持主副边之间的隔离。LT8302 采用主边检测方法,这种方法能够通过反激的主边开关节点波形检测输出电压。在开关关断时,输出二极管向输出提供电流,输出电压反射回反激变压器的主边。开关节点电压的幅度是输入电压与反射回来的输出电压之和,LT8302 能够重建这一电压。这种输出电压反馈方法能够在整个电压、负载和温度变化范围内产生好于 $\pm 5\%$ 的总体稳定度。图 3 显示了一个反激式转换器原理图,该电路采用 LT8302,且仅使用了 14 个外部组件。

LT8302 采用耐热增强型 SO-8 封装,接受 2.8V 至 42V 输入电压。其坚固的内置 3.6A、65V DMOS 电源开关允许该器件提供高达约 18W 的输出功率。

此外,LT8302 在轻负载时以低纹波突发模式 (Burst Mode[®]) 工作,将静态电流降至仅为

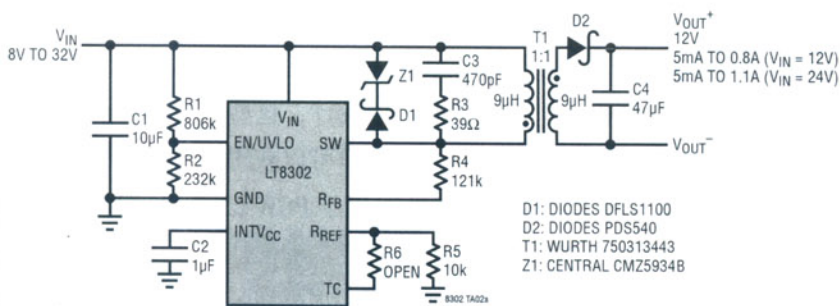


图 3 具主边输出电压检测功能的 LT8302 反激式转换器

106 μ A,这在备用模式、输出电压处于稳定状态时,延长了电池运行时间。其他特点包括内部软启动和欠压闭锁。变压器匝数比和 1 个外部电阻器就是设定输出电压所需的全部。

4 主边输出电压检测

就隔离式转换器而言,输出电压检测通常需要一个光耦合器和副边参考电压。光耦合器通过光链路发送输出电压反馈信号,同时保持隔离势垒。不过,光耦合器传输比随温度变化和老化而改变,这会降低其准确度。光耦合器产品之间还可能非线性的,这导致电路之间的增益/相位特性不同。采用一个额外的变压器绕组实现电压反馈的反激式设计也可以用来闭合反馈环路。但是,这个额外的变压器绕组增大了变压器的尺寸和成本,而且不能提供很好的输出电压调节。

LT8302 通过检测变压器主端的输出电压而无需光耦合器或额外的变压器绕组。功率晶体管关断时,在主边开关节点波形上可以准确地测量输出电压,如图 4 所示,其中 N 是变压器的匝数比, V_{IN} 是

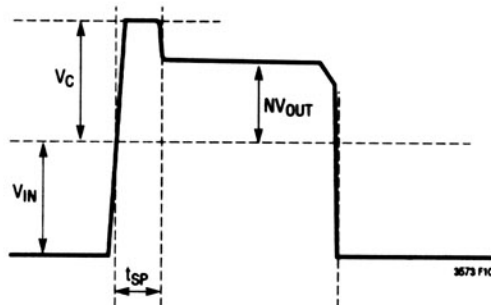


图 4 LT8302 的典型开关节点波形

输入电压, V_c 是最高箝位电压。

5 变压器选择与设计时须考虑的因素

对于成功应用 LT8302 而言, 变压器性能规格及设计也许是最关键的部分。在设计泄漏电感很低且紧耦合的高频隔离式电源变压器时, 除了通常列举的各种注意事项, 还必须严格控制变压器匝数比。因为变压器副边电压是靠主边采样电压推断的, 所以匝数比必须严格控制, 以确保一致的输出电压。

凌力尔特一直与领先的磁性组件制造商合作, 以提供适合与 LT8302 一起使用的预设计反激式变压器。表 1 列举了推荐使用 Würth Elektronik 公司提供的现成有售变压器, LT8302 数据表中也列出了这些变压器。这些变压器主副边之间一般可在持续 1 分钟的时间内承受 1500VAC 击穿电压。也可使用击穿电压更高的变压器和定制变压器。

6 结论

由于特定于应用的控制 IC 广泛可用, 因此用户

表 1 可与 LT8302 一起使用的现成有售变压器

目标应用	供应商	器件型号
$8V_{IN} \sim 32V_{IN}$ 至 3.3V/2.1A	Würth Elektronik	750311625
$8V_{IN} \sim 32V_{IN}$ 至 5V/1.5A	Würth Elektronik	750311564
$8V_{IN} \sim 32V_{IN}$ 至 8V/0.9A	Würth Elektronik	750311624
$8V_{IN} \sim 32V_{IN}$ 至 $\pm 12V/0.3A$	Würth Elektronik	750311624
$8V_{IN} \sim 32V_{IN}$ 至 24V/0.3A	Würth Elektronik	750313445
$8V_{IN} \sim 32V_{IN}$ 至 48V/0.15A	Würth Elektronik	750313457
$4V_{IN} \sim 18V_{IN}$ 至 5V/0.9A	Würth Elektronik	750313460
$4V_{IN} \sim 18V_{IN}$ 至 12V/0.4A	Würth Elektronik	750311342
$18V_{IN} \sim 42V_{IN}$ 至 3.3V/2.1A	Würth Elektronik	750313439
$18V_{IN} \sim 42V_{IN}$ 至 5V/1.6A	Würth Elektronik	750313442

无需像几年前那样需要很长的开发周期, 就可以设计自己的高密度 DC/DC 转换器。由于能够设计自己的隔离式电源转换器, 因此用户能够全面控制设计流程和组件选择, 从而能够增加标准产品不可能提供的特定功能, 而且用户还常常能够实现更低的总体成本。随着特定于拓扑的控制器、现成有售平面磁性组件、特定于应用的电路、演示电路板和有关 Gerber 文件的出现, 用户可获得全线电源转换设计, 从而更容易设计和开发他们自己的隔离式 DC/DC 转换器。CIC

作者简介

Bruce Haug, 凌力尔特公司, 产品市场高级工程师。