

反激式转换器简化隔离式电源设计

■ Bruce Haug

引言

曾经需要一个简单的低功率隔离式内务处理电源、又不想买现成有售的砖或模块吗？制造或购买决策取决于很多因素，但是简单性、解决方案尺寸、价格和性能对于走哪条路有重大影响。包括某些医疗系统在内的几种类型应用需要具备输入至输出隔离的电源。

实现与噪声源电压的接地分离是需要使用一个隔离式电源（特别是在医疗设备中）的原因之一。仅以医用检查照相机、牙科器械、睡眠和生命体征监测仪等为例，它们都采用了显示器，而这些显示器会受到噪声源电压的不良影响。隔离式电源可提供接地分离，从而能够消除导致显示异常的噪声。

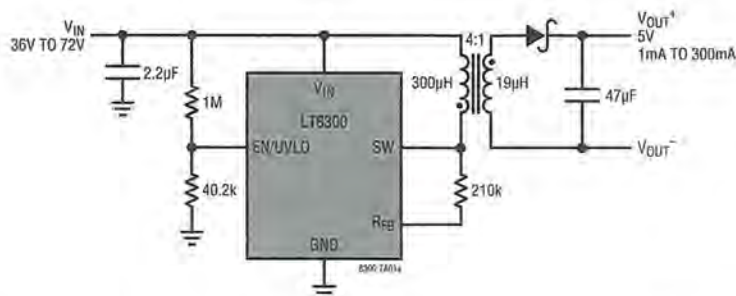
较大型的医疗系统（例如：CT 扫描、血气电解质分析仪和一些超声系统）由于有多个 PC 电路板用于各种不同的功能，所以一般采用分布式电源架构，并且通常向整个系统分配 24V 或 48V 总线电压。为了提高可靠性并出于安全原因，分

布式电源架构通常需要对总线到子系统的工作电压进行隔离式 DC/DC 转换。这种类型的总线电压能提供很大的电流，而且需要隔离以防止在短路故障情况下可能导致的危险。

很多年来，反激式转换器一直广泛用于隔离式 DC/DC 应用。不过，这类转换器未必是设计师的首选。电源设计师之所以被迫选择反激式转换器，是因为需要满足功率较低的隔离需求，而不是因为这类转换器易于设计。由于控制环路中众所周知的右半平面零点之原因，反激式转换器存在着稳定性问题，而且光耦合器的传播延迟、老化和增益变化还会使该问题更加复杂。

此外，使用反激式转换器时，需要花费大量时间来设计变压器，而通常现成有售的变压器可选范围有限，可能需要定制变压器，这就使事情更加复杂了。最近在电源转换技术领域取得的进步已经使更低功率的隔离式转换器更容易设计。凌力尔特公司最近推出的 LT8300 隔离型反激式转换器就解决了很多这类反激式设计的问题。

图1: 具主端输出电压检测的 LT8300 反激式转换器



全部的所需。

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一个光耦合器和副端参考电压。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。然而，光耦合器传输比随温度

和老化而改变，从而降低了准确度。不同的光耦合器单元之间还可能非线性的，这导致不同的电路有不同的增益 / 相位特性。运用一个额外的变压器绕组实现电压反馈的反激式设计还可以取代光耦合器，用来闭合反馈环路。不过，这个额外的变压器绕组增大了变压器的尺寸和成本。

通过检测变压器主端上的输出电压，LT8300 无需光耦合器或额外的变压器绕组。当功率晶体管关断时，在主端开关节点波形上可准确地测量输出电压，如图 2 所示，其中 N 是变压器的匝数比， V_{IN} 是输入电压， V_C 是最高箝位电压。

简单的反激式IC设计

LT8300 免除了增设光耦合器、副端基准电压和电源变压器附加第三绕组的需要，同时仅用一个电源变压器就可保持主端和副端隔离，而这电源变压器必须横跨隔离势垒。LT8300 运用了一种主端检测方案，该方案能通过反激式变压器主端开关节点波形来检测输出电压。在开关断开期间，输出二极管负责向输出端提供电流，而输出电压被反射至反激式变压器的主端。开关节点电压的数值是输入电压与反射输出电压之和 (LT8300 能够重构)。这种输出电压反馈方法在整个电压、负载和温度范围内，可产生好于 $\pm 5\%$ 的总体稳定度。图 1 显示了采用 LT8300 和仅 7 个外部组件的反激式转换器的原理图。

LT8300 采用小型 5 引线 SOT-23 封装，接受 5V 至 100V 的输入电压，这无需串联降压电阻器就可直接加到该 IC 上。由于有高压内置 LDO，而且 SOT-23 封装上的引脚 4 和 5 有固有的额外间距，所以该器件能以高输入电压可靠地运行。此外，其内置的 260mA、150V 内部 DMOS 电源开关允许该器件提供高达约 2W 的输出功率。

此外，LT8300 在轻负载时以低纹波突发模式 (Burst Mode[®]) 工作，这可将静态电流降至仅为 330uA，这种功能延长了休眠模式的电池运行时间。其他特点包括内部软启动和欠压闭锁。变压器匝数比和一个外部电阻器就是设定输出电压

边界模式工作减小了转换器的尺寸并改善稳定性

在副端电流降至零时，LT8300 反激式转换器立即接通其内部开关，而当开关电流达

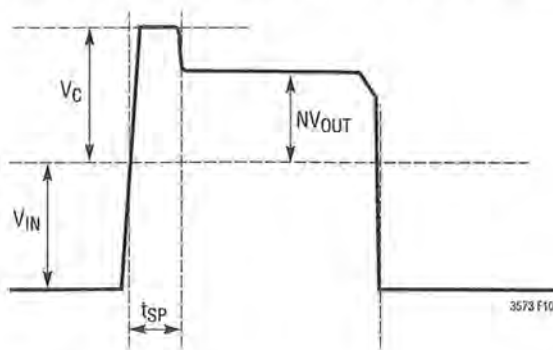
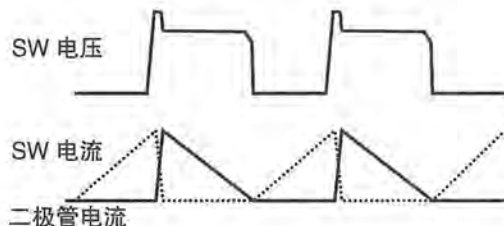


图2: 典型的开关节点波形

图3: 在边界模式工作时的反激式转换器波形

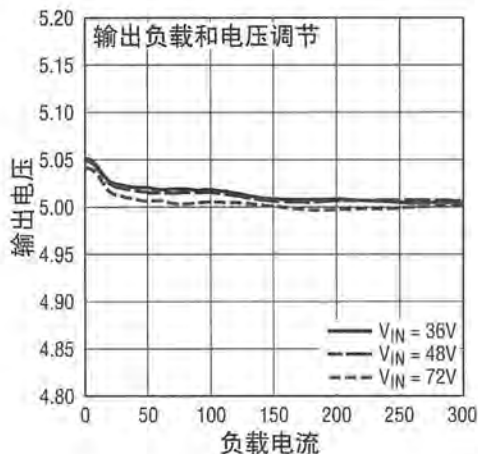


到预定义的电流限制时, 该转换器即关断。因此它总是在连续导通模式与断续导通模式(DCM) 转换时工作, 通常这称为边界模式或临界导通模式。

边界模式控制是一种可变频率电流模式开关方案。当内部电源开关接通时, 变压器电流增加, 直至达到其预设电流限值设定点为止。SW 引脚上的电压上升至“输出电压除以变压器副端-主端匝数比” + “输入电压”。当流过二极管的副端电流减小至零时, SW 引脚电压下降至低于 V_{IN} 。内部 DCM 比较器检测到这一情况并重新接通开关, 从而重复该循环。

在每个周期结束时, 边界模式使副端电流返回到零, 从而产生了不会引起负载调节误差的寄生电阻压降。此外, 主反激开关总是在电流为零时接通, 而输出二极管没有反向恢复损耗。这种功耗降低允许反激式转换器以相对较高的开关频率工作, 与更低频率的可替代设计相比, 这反过来又减小了变压器尺寸。图 3 显示了 SW 电压和电流以及输出二

图4: 图 1 所示原理图的负载和电压调节曲线



以边界模式工作时, 负载调节非常好, 因为反射的输出电压始终在二极管电流过零时采样。LT8300 一般提供好于 $\pm 2\%$ 的负载调节, 如图 4 所示。

变压器选择以及设计时需要考虑的问题

变压器规格和设计也许是成功应用 LT8300 最关键的部分。除了低泄漏电感和紧耦合等涉及高频隔离式电源变压器设计的常规注意事项, 变压器的匝数比也必须严格控制。因为变压器副端上的电压是通过在主端采样所得的电压推断的, 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元件制造商

目标应用	供应商	器件型号
48V 至 3.3V/0.51A、24V 至 3.3V/0.37A、12V 至 3.3V/0.24A	Würth Elektronik	750312367
48V 至 5V/0.29A、24V 至 5V/0.22A、12V 至 5V/0.15A	Würth Elektronik	750312365
48V 至 24V/67mA、24V 至 24V/50mA、12V 至 24V/33mA	Würth Elektronik	750312559
48V 至 5V/0.29A、24V 至 5V/0.22A、12V 至 5V/0.15A	Sumida	10396-T024
48V 至 12V/67mA、24V 至 12V/50mA、12V 至 12V/33mA	Sumida	10396-T028
48V 至 15V/62mA、24V 至 15V/44mA、12V 至 15V/28mA		
48V 至 3.3V/0.42A、24V 至 3.3V/0.32A、12V 至 3.3V/0.22A	BH Electronics	L10-0116
48V 至 5V/0.38A、24V 至 5V/0.27A、12V 至 5V/0.17A		

极管的电流。

表 1: 可与 LT8300 一起使用和现成有售的变压器

合作，以生产可与 LT8300 一起使用的预设反激式变压器。表 1 显示了一部分推荐使用和现成有售的变压器，这些变压器分别来自 Wurth Elektronik、Pulse Engineering 和 BH Electronics 公司。LT8300 数据表中列出了所有推荐使用的变压器。这些变压器一般能在持续 1 分钟的时间内承受 1500VAC 的主端至副端击穿电压。还可以使用更高的击穿电压和定制变压器。

在 www.linear.com.cn/LTspice 下载一个免费的 LTspice 软件，就可以用表 1 中所列的任何变压器建立一个 LT8300 电路的模型了。这种仿真产生能够实现的结果，有助于使这类转换器的设计更容易，并可进一步确认转换器的设计。该仿真电路包括的信息有：电路如何启动；就不同输入电压而言，

电路对负载步进的反应。要进行修改以及查看对电路性能的影响都很容易。

结论

在医疗系统中，可以运用电源隔离来摆脱有噪声的电源电压，在分布式电源架构中也需要电源隔离，以实现安全工作。基于 LT8300 的电路无需光耦合器、副端参考电压以及无需电源变压器额外提供第三个绕组，因而简化了隔离型反激式转换器的设计。这款器件仅用一个跨隔离势垒的组件，就保持了主端至副端隔离。可方便地买到现成有售的变压器，并不需要定制变压器。LT8300 在 5V 至 100V 的输入电压范围内工作，提供高达 2W 的输出功率，从而使其非常适用于种类繁多的医疗、工业、电信和数据通信应用。