

无需磁性组件——充电泵照样能处理电压

采用简单的高电压充电泵取代电感器

作者：Steve Knoth，电源产品部高级产品市场工程师，凌力尔特公司

由于电压范围有限且其性能在传统上一直介于LDO和开关稳压器之间，因此充电泵在某些方面几乎已经被人们所淡忘。幸运的是，凌力尔特推出了LTC3260和LTC3261高电压充电泵，从而满足了此类需求。

充电泵（即开关电容器电压转换器）采用电容器作为能量储存元件以产生输出电压。以一种基本的充电泵电路“倍压器”为例，它采用单个飞跨电容器和4个由一个两相时钟驱动的内部开关来使输入电压倍增。在该时钟的第一个相位中，一对开关把飞跨电容器充电至输入电压（ V_{IN} ）。在该时钟的第二个相位中，第三个开关把电容器的负端连接至 V_{IN} ，这实际上将在电容器的正端上产生 $2 * V_{IN}$ 的电压。第四个开关则把飞跨电容器的正端连接至输出电容器。在无负载条件下，电荷将在每个周期中转移至输出电容器，直到输出充电至 $2 * V_{IN}$ 为止，从而实现了输入电压的倍增。当接入了一个输出负载时，输出电容器在第一个时钟相位里提供负载电流，而飞跨电容器则在第二个相位期间提供负载电流并给输出电容器充电。如欲启动电荷转移，则将输出调节在一个略低于 $2 * V_{IN}$ 的电压。输出电容器在时钟两个相位里的充电和放电将产生一个输出纹波，此纹波与输出电容器数值、时钟频率和输出负载电流之间存在着某种函数关系。

所有其他的充电泵电路实现方案都是在这种基本方案的基础上通过增加/改变开关和电容器以及时钟相位的数目得出的。充电泵能够实现电压的2倍增、3倍增、减半、反向和以分数对电压做乘法运算或调节（例如： $x3/2$ 、 $x4/3$ 、 $x2/3$ 等），并产生任意的电压（取决于控制器和电路拓扑）。当接近其理想的充电比时，充电泵的效率可以

达到相当优良的水平。在上面的倍压器示例中，输入电源将等于两倍的输出负载电流，这样在理想的情况下输入功率与输出功率相等。在现实当中，由于静态工作电流和其他损耗的原因效率将略低于理想值。充电泵的通用性使其可在众多的应用和市场区段中一显身手。

充电泵在介于LDO和开关稳压器之间的性能范围中填补了一个小空缺，并可为那些有可能反对使用电感器的设计提供一种上佳的替代方案。相比于LDO，充电泵的运作需要一个额外的电容器（“飞跨”电容器），但它不需要使用电感器，价格通常稍贵一些、具有较高的输出噪声电平且输出电流能力往往较低。然而，其优于LDO之处也是很多的，例如：较高的效率、良好的热管理（因采用开关架构所致）、并为升压和降压或产生负电压提供更大灵活性。当与传统的开关稳压器相比时，充电泵的输出电流能

表1: LDO、充电泵和开关稳压器之间的性能对比

特点	LDO 稳压器	开关电容器电压转换器	传统型开关稳压器
设计复杂性	低	中等	中等至高
成本	低	中等	中等至高
噪声	最低	低	低至中等
效率	低至中等	中等至高	高
热管理性能	差至中等	良好	最佳
输出电流	中等	低	高
是否需要磁性组件	否	否	是
局限性	不能实现升压	V_{in}/V_{out} 比	需要谨慎考虑布局

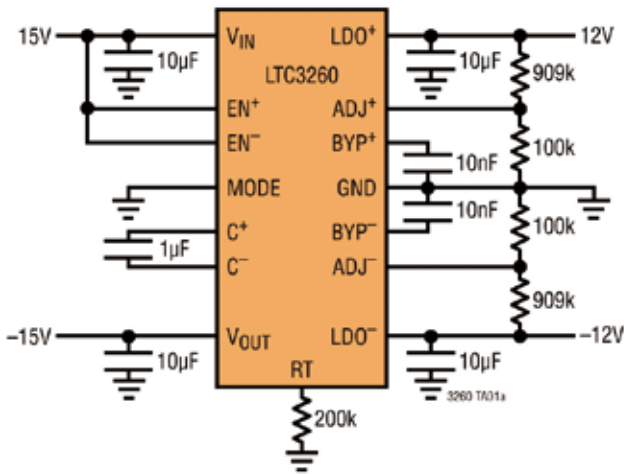


图1: LTC3260应用电路

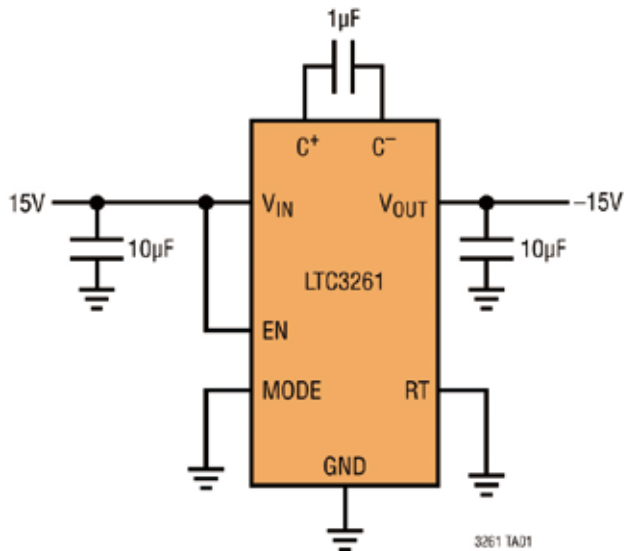


图2: LTC3261应用电路

力和效率较低。然而，充电泵的设计更简单，而且不需要电感器。此外，工艺技术的进步还使充电泵的输入电压范围较之先前的产品系列有所扩展。表 1 比较了不同拓扑的主要性能参数。

充电泵的设计和应用难题

一些工业环境具有现成可用的单端、较高电压电源。不过，这些电源并不适合驱动需要双极性电源的运算放大器及其他电路，比如：为双轨、低噪声高电压运算放大器供电就需要从单 +24V 电源获得 ±15V 电压轨。被驱动至接近其负电源轨的运算放大器其失真非常差。因此，拥有一个低于最低信号电平的负电源轨是合乎要求的，这样可在运算放大器的输出端上提供最低的失真。种类合适的充

电泵可以满足此项要求并在局部位置上产生一个负输出电压，以采用低噪声后置稳压器来驱动运算放大器或其他噪声敏感型电路的电压轨。

许多新式通信设备采用了灵敏的 RF 接收器，但是，噪声发生器（开关电源）与对噪声敏感之电路的组合会造成潜在的干扰。传统解决方案是尽量使噪声发生电路远离噪声敏感电路。然而，现在的手持式产品中，设计非常紧凑，因此这一方法已经不可行了。而通过增加屏蔽来解决成本在成本和体积两方面都行不通。传统开关电源的噪声能量主要以集中的窄带谐波形式表现出来。可是，如果这些谐波中的某个恰巧与某一敏感频率（例如：接收器的中频 [IF] 通带）一致，就很可能造成干扰。充电泵提供了足够低的噪声门限，可填补这一空缺。

所有旨在满足上述充电泵 IC 设计限制条件的解决方案都将整合一个具有稳定输出和低输出噪声的高效型高电压充电泵。

一款新颖而简单的解决方案

凌力尔特开发了面向此类应用的简单、却不失精细的高电压负输出单片式充电泵 IC。LTC3260 和 LTC3261 是通用型充电泵。LTC3261 是一款高电压负输出充电泵，能提供高达 100mA 的输出电流。而 LTC3260 则内置了一个负输出充电泵以及正和负 LDO 稳压器，每个 LDO 稳压器可利用低压差电压操作提供高达 50mA 的输出电流。负 LDO 后置稳压器由负输出充电泵的输出供电。正和负 LDO 输出电压可采用外部电阻器分压器分别调节至 1.2V 和 -1.2V。这两款器件均在 4.5V 至 32V 的宽输入电压范围内工作。详见图 1 和图 2。

LTC3260 和 LTC3261 的内部充电泵皆可工作于低静态电流的突发模式 (Burst Mode[®]) 或低噪声的恒定频率模式 (效率高达 88%)。以突发模式工作时，充电泵输出调节至 $-0.94 \cdot V_{IN}$ 。另外，在突发模式操作中，如果两个 LDO 都启用，那么 LTC3261 仅吸收 60µA 静态电流，而 LTC3260 则只吸收 100µA。恒定频率工作可提供低输入和输出纹波；在这种模式中，充电泵产生等于 $-V_{IN}$ 的输出，并以固定的 500kHz 频率或用一个外部电阻器设定在 50kHz 至 500kHz 的频率范围内工作。其他的 IC 特点包括很少的外部组件、采用陶瓷电容器可保持稳定、用于在启动时防止产生过大电流的软起动电路、以及短路和过热保护。LTC3260 和 LTC3261 非常适用于各种应用，例如：用高电压输入产生的低噪声双极性/负输出电压、工业/仪表用低噪声偏置电压发生器、便携式医疗设备和汽车信息娱乐系统。

LTC3260 采用扁平 (高度仅 0.75mm) 3mm x 4mm 14

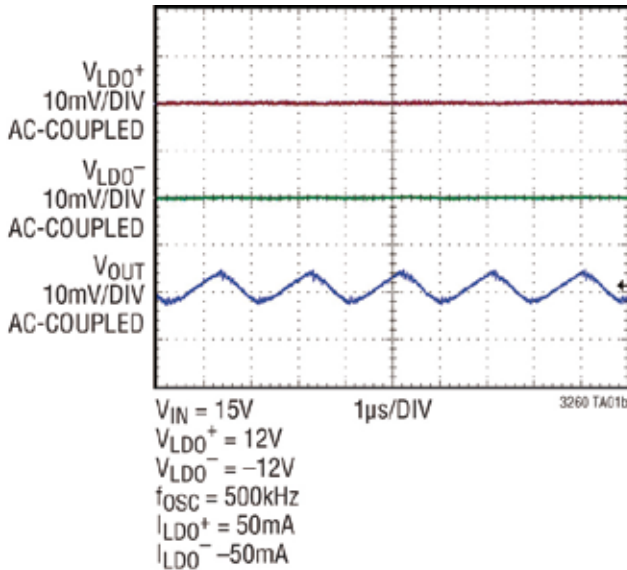


图3: LTC3260 的低输出纹波性能

表 2: LTC3260 和LTC3261充电泵的特点和优势

特点	LDO 稳压器
稳定的 LDO 输出 (LTC3260)	低噪声操作
总 IC 电流 150mA (LTC3260): 1)LDO+ = 50mA 2)LDO- (50mA 最大值) 和负输出 (Vout) 共用另外的 100mA 电流	适合众多的应用, 包括正 (+) / 负 (-) 分离电源轨运算放大器和 ADC
总 IC 电流 100mA (LTC3261) Vout	适合多种负输出应用
60 μ A 静态电流 (LTC3261) 100 μ A 静态电流 (LTC3260)	微功率操作; 可节省电池运行时间
可调 50-500kHz 恒定频率操作	最大限度地降低了输入和输出纹波以及开关噪声。避开了干扰频段。
引脚可选的突发模式操作	低 I_Q , 可延长电池运行时间
宽 V_{IN} 范围: 4.5V 至 32V	是众多应用的理想选择
低待机电流 = 2 μ A	可节省电池运行时间
短路 / 热停机保护	可提供全面的电路保护
无电感型设计	最大限度地减少了占板面积 / 外部组件, 可节约成本
外部组件极少 (3 个), LTC3261	最大限度地缩减了 BOM, 可节省成本
14 引脚 (3mm x 4mm x 0.75mm) DFN 封装和 16 引脚 MSOP 封装 (LTC3260)。12 引脚 MSOP 封装 (LTC3261)	紧凑、扁平的占板空间

引脚DFN封装和16引脚MSOP封装, 两种封装均有底面导热衬垫。LTC3261采用12引脚MSOP封装, 也有底面导热衬垫。这两款器件的工作结温为 -40°C 至 $+125^{\circ}\text{C}$ 。

低输出纹波

LTC3260的设计具备提供低噪声性能的固有特性。该器件的高工作频率实现了低输出纹波。如图3所示, LTC3260的LDO进一步抑制了这种纹波, 可提供非常低噪

声的输出 ($<1\text{mVp-p}$), 因而极其适合于诸如运算放大器和ADC驱动器等噪声敏感型应用。

保护电路

LTC3260 具有内置的短路电流限制和过热保护功能电路。在短路情况下, 该器件自动将其输出电流限制在 160mA 左右。假如结温超过约 175°C , 则热停机电路将禁止向输出提供电流。当结温回落至大约 165°C 时, 将恢复向输出提供电流。当热保护电路处于运行状态时, 表明结温超出了规定的操作范围。热保护功能针对的是超出正常操作范围的短暂过载条件。在高于规定的最大工作结温条件下连续运作有可能损害器件的可靠性。

表2概要总结了凌力尔特新型充电泵LTC3260和LTC3261的特点和优势。

结论

由于电压范围有限且其性能在传统上一直介于LDO和开关稳压器之间, 因此充电泵在某些方面几乎已经被人们所淡忘。幸运的是, 凌力尔特推出了LTC3260和LTC3261高电压充电泵, 从而满足了此类需求。可提供 150mA 电流的LTC3260在小巧的占板面积内具备诸多有用的特点, 减小了总体解决方案尺寸, 而这反过来又可实现更加紧凑和简单的设计。LTC3261是LTC3260的一个子集, 并提供了一个 100mA 的高电压负输出。因此, 对于那些不喜欢使用电感器的设计师而言, 他们可以采用简单的高电压充电泵取而代之。

www.linear.com.cn