

让高降压比转换变得简单

凌力尔特公司产品市场工程师 || Bruce Haug

高频非隔离型降压 DC/DC 转换器的设计非常具有挑战性，这种 DC/DC 转换器从高达 36V 的汽车或工业输入电源获取工作电压，并将之降压转换为一个用于给微处理器、ASIC 和 FPGA 供电的低电压（例如 1.2V 或更低）。为了能够在一个高于 500kHz 的开关频率条件下运作，此类转换器的最小接通时间必需小于 70ns。不幸的是，采用峰值电流模式控制方案通常具有一个较高的最小接通时间，造成在非常高降压比应用中工作频率较低，从而导致总体解决方案的外形尺寸大

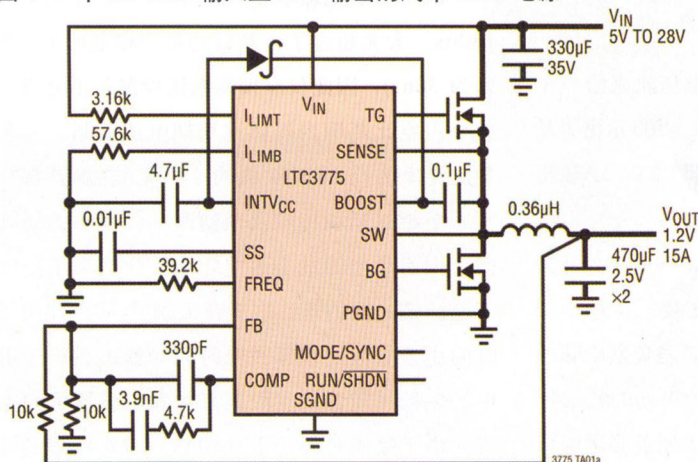
幅度增加。

有些高降压比应用采用具有一根中间总线的两级转换，旨在放宽对每个负载点 (POL) 转换器的占空比要求。这种方法将主端输入电压降低至一个中间电压，然后在系统的内部分配该中间电压。此中间总线负责向 POL DC/DC 转换器供电。由于运用了两级转换，因此每级均工作于一个较高的占空比，从而减轻了全部转换器所承受的占空比负担。尽管如此，与单级解决方案相比，总体解决方案所占用的空间较大、效率较低、且成本较高。本文采用在单功率级情况下提供相同的高降压比，这个单功率级解决方案采用了 LTC3775 电压模式同步控制器，使用一种脉冲前沿调制控制方案，旨在实现极低的最小接通时间——通常小于 30ns，同时提供针对功率 MOSFET、电感器和负载的坚固型逐周期保护功能。该器件强大的板上 N 沟道 MOSFET 栅极驱动器允许使用高功率外部 MOSFET，输出电压范围为 0.6V 至 0.8VIN。

500kHz 汽车电子控制单元电源

LTC3775 非常适合于从高输入电压产生低

图 1 一个 5V~28V 输入至 1.2V 输出的汽车 CPU 电源



CEM | 专题报道 | Feature Report

图2 LTC3775 电流检测示意图

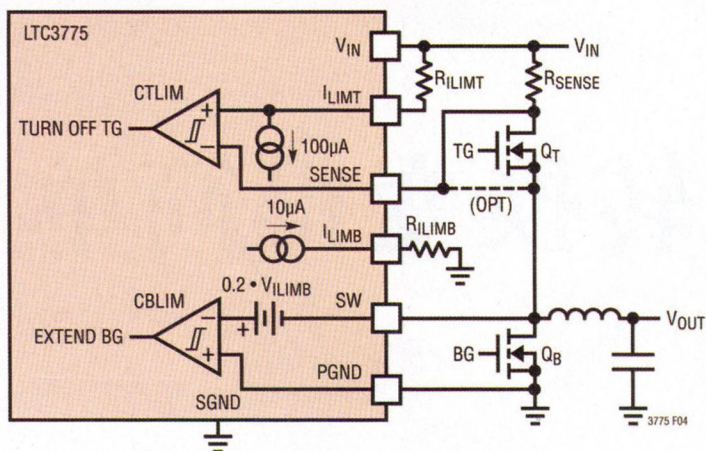
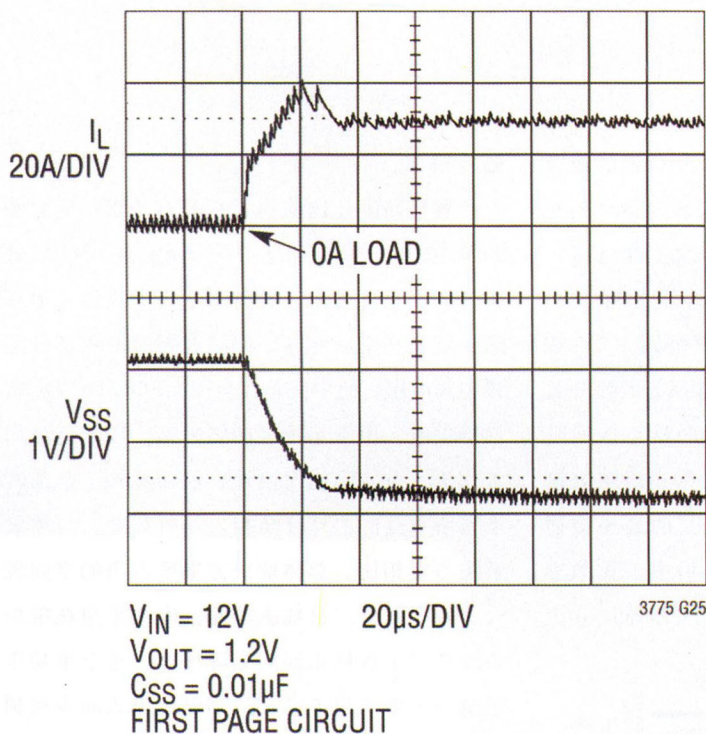


图3 LTC3775 短路的示波器照片示出了电感器电流和软起动电容器电压



输出电压，这是从宽变化范围电压轨来给一个ECU电源供电时的一项普通要求。图1示出了从一个5V~28V输入电压范围来提供1.2V/15A输出的原理图。

图中，当在28V输入电压和500kHz开关频率条件下运作时，这种应用需要一个最小接通时间小于86ns的控制器，旨在避免发生脉冲跳跃。现有的许多控制器在时钟周期的始端接通顶端MOSFET，而且在将之关断前必须等待

PWM比较器的响应时间。该响应时间有可能超过100ns。如果控制器的最小接通时间超过了应用的接通时间要求，则将发生脉冲跳跃，进而导致电感器纹波电流和输出纹波电压的增加。该电路的脉冲前沿调制架构在PWM比较器发生跳变时接通顶端MOSFET，而在时钟信号走高时关断顶端MOSFET。

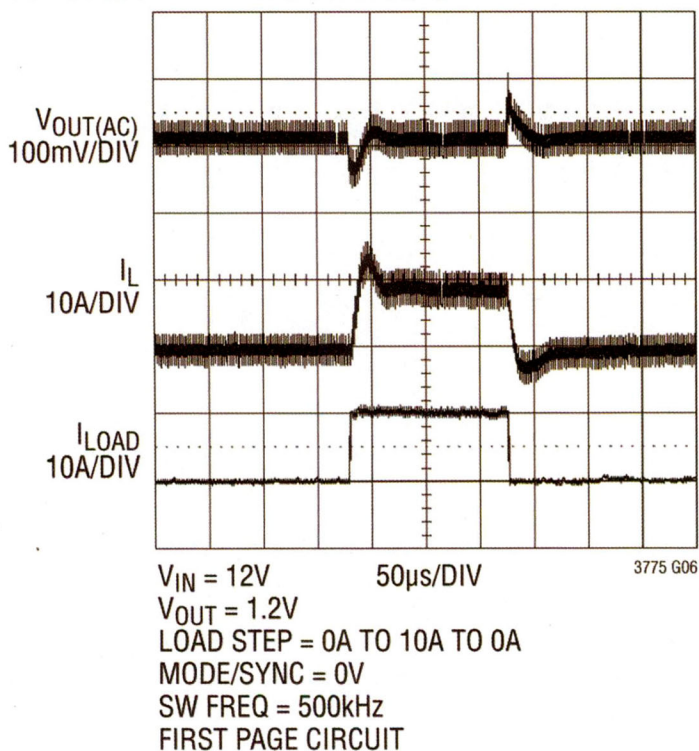
过流保护电路负责监视上限和下限 MOSFET 电流

峰值电流模式控制器常常因其能够连续监视流过电感器DCR或检测电阻器的电流而受到人们的偏爱。虽然标准的电压模式控制器对过流情况的响应速度很慢，但LTC3775可连续监视MOSFET开关中的上限和下限电流。开关电流的连续监视使该器件能够执行逐周期电流限制，从而防止发生电感器饱和及MOSFET故障。

如图2所示，LTC3775的电流限值利用两个外部电阻器来设置。电阻器R_ILIMT负责设置顶端电流限值比较器(CTLIM)的检测门限，而电阻器R_ILIMB则用于设置下限电流限值比较器(CBLIM)的检测门限。这些电流限值比较器在其各自的功率MOSFET处于导通状态时被使能，从而实际上提供了电感器电流的连续监视。这种方案实现了逐周期电流限制功能(这与占空比无关)，并确保电感器绝对不会发生饱和。

由于上限电流限值比较器的消隐时间约为180ns，大大超过了控制器的最小接通时间(通常为30ns)，因此仅靠顶端电流检测并不足以在整个占空比范围内提供逐周期电流限制。大多数监视顶端MOSFET流的电压模式控制器都有一个超过顶端比较器消隐时间的最小接通时间，因而产生的最小占空比和工作频率不会优于电流模式控制器。这里在顶端MOSFET接通时间小于电流比较器消隐时间的低占空比应用中，底端比较器负责限制开关和电感器中的电流。由于接通时间小于180ns，因此检测底端

图4 图1所示LTC3775电路的瞬态负载响应



MOSFET 中的电流对于防止出现过流情况而言已经足够快了。

与此相反，仅监视 MOSFET 中下限电流的控制器不能提供针对 MOSFET 中瞬时上限过流情况的保护作用，因此在高占空比情况下，顶端功率 MOSFET 的接通时间超过了电流比较器的180ns消隐时间，上限比较器直接用于防止出现过流情况，电感器会发生饱和。通过检测上限和下限 MOSFET 中的电流，在整个占空比范围内提供了有效的保护作用。

在电源的输出端上无负载条件下，图3示出了输出短路至地过程中的电感器电流特性。电感器电流波形处于良好的运转和受限状态。由于电压模式控制器的调节对象是占空比而不是电感器电流，因此软起动电容器在过流期间被放电，以提供电感器电流的稳态控制。

快速瞬态响应

输出电压采用一个负输出加法放大器，即

FB引脚被配置成一个虚地来监视。LTC3775采用了一个运算误差放大器，该放大器具有80dB的开环增益和25MHz的增益带宽。Type III补偿在LC双极点频率上提供了一个相位提升，并且显著地改善了控制环路相位余量。图4示出了图1中的电路对于一个10A负载阶跃的瞬态响应。

一个高电压工业电源

与采用一个和电感器相串联的电阻器或者电感器本身DCR的电流检测方案相比，监视流过顶端和底端 MOSFET 开关的电流的一个好处是，最大输出电压不受比较器输入共模范围的限制。由于电流比较器的共模电压范围受限的原因，某些采用一个与电感器相串联检测电阻器的电流模式控制器具有一个有限的VOUT范围。LTC3775没有这种限制，可用于供应较高的输出电压。

结论

对于汽车和工业系统架构中的高降压比应用而言，并不一定要采用两级转换处理。本文为当今要求苛刻的大电流、高降压比电源系统提供了新的设计思路。本方案具有宽输入电压范围、逐周期电流限制、时钟同步和强大的内部MOSFET栅极驱动器等特点。该器件能够在高达1MHz的开关频率条件下运作，实现非常小的解决方案外形尺寸并降低输出纹波。 CEM