

John Betten

升压转换器可通过较低的输入电压提供较高的输出电压。要使“升压”达到理想效果，需要尽可能提高工作占空比。

升压控制器对其最大连续占空比有一个限制，此占空比通常在较低开关频率时为最高。如果超过此最大占空比，则会发生脉冲跳跃，这通常会造成不利影响，应予以避免。许多控制器的最大占空比在 **80% 至 90%** 之间，如果它们以极低的开关频率运行，占空比可能会增加几个百分点。低开关频率需要更大的元件和更大的电路板面积。但即使在低开关频率下工作，也可能无法获得足够的升压。那么要怎么做呢？

图 1 展示了传统升压转换器功率级的简化版原理图。它的主要优势在于元件数量少，具有标准电感器，并且能够实现简单的低侧升压控制器。然而，该基础升压的一个关键限制是，假设最大占空比为 **90%**，它只能提供 **10:1** 的最大升压比。如果您需要更大的升压，可以尝试将反激式或升压转换器与倍增电荷泵搭配使用。添加到升压装置的电荷泵适用于低输出电流，但需要额外元件才能实现。反激式拓扑也是一种合理的解决方案。但是，存在一种更简单的解决方案，其中的变压器引脚更少，匝数比更低且漏电感更低。

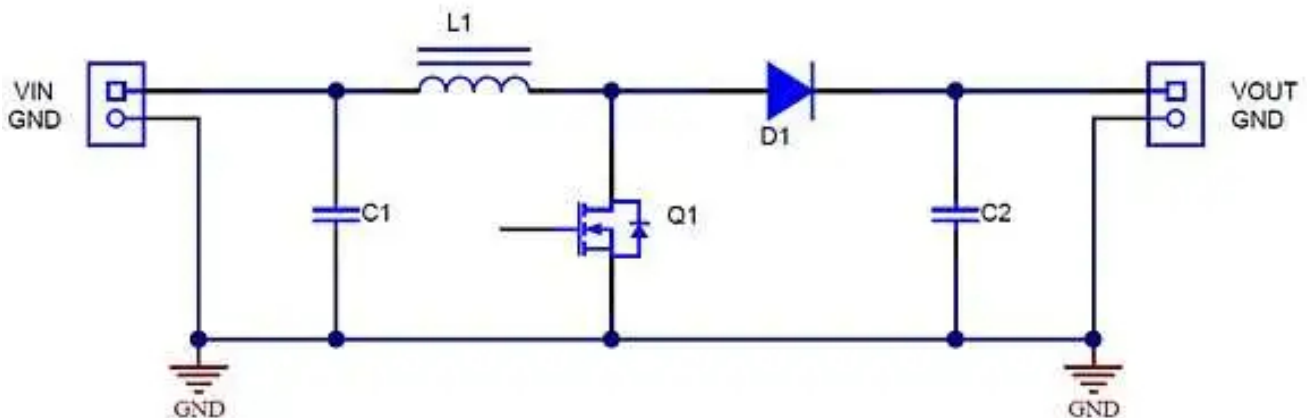


图 1. 传统的单电感器升压转换器功率级。

图 2 展示了自动变压器升压转换器。它同芯串联了两个绕组，充当无隔离的变压器。与反激式相比，将初级绕组与次级绕组串联可降低所需的匝数比，同时所需的引脚也较少。

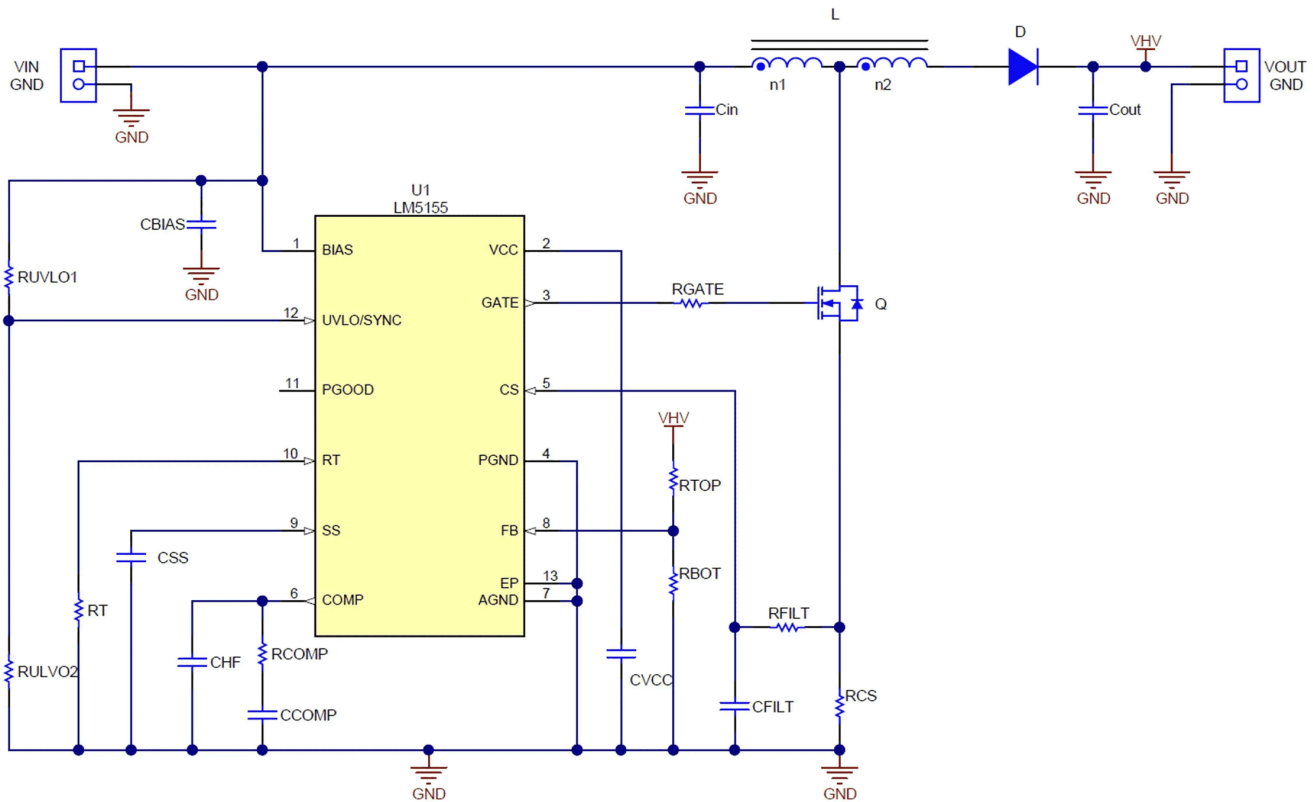


图 2. 自动变压器升压转换器提供比传统升压转换器更高的输出电压。

方程式 1 表示对于给定的  $V_{in}$ 、 $V_{out}$  和  $n_2/n_1$  匝数比，在连续导通模式 (CCM) 下运行的占空比 (忽略场效应晶体管 [FET] 和电流检测电阻器压降)：

$$d = \frac{V_{out} - V_{in} + V_d}{\frac{n_2}{n_1} \times V_{in} + V_{out} + V_d} \quad (1)$$

您可以看到， $n_2/n_1$  匝数比大时，占空比会降低。这有利于提供更高的输出电压。方程式 2 求解  $V_{out}$  的表达式：

$$V_{out} = \frac{V_{in} \times \left(1 + d \times \frac{n_2}{n_1}\right) - V_d \times (1 - d)}{1 - d} \quad (2)$$

您可以看到，如果  $n_2/n_1 = 0$ ，则表达式与传统升压转换器的表达式相同。因此，对于非零  $n_2/n_1$  匝数比， $V_{out}$  会增加额外的数量，等于  $(n_2/n_1) \times V_{in} \times d / (1 - d)$ ，因此输出电压可能会高得多。

图 3 绘制了在多个  $n_2/n_1$  匝数比 (包括零，对应于传统升压) 下的升压比、 $V_{out}/V_{in}$  与占空比用于比较。占空比为 90% 时，传统升压转换器的比率为 10，而  $n_2/n_1 = 1$  时的比率为 19，因此可以达到输出电压的近两倍。您可以使用标准耦合电感器轻松实现 1:1  $n_2/n_1$  的比率，其中许多电感器都是现成的。较大的匝数比可提供明显更高的输出电压。

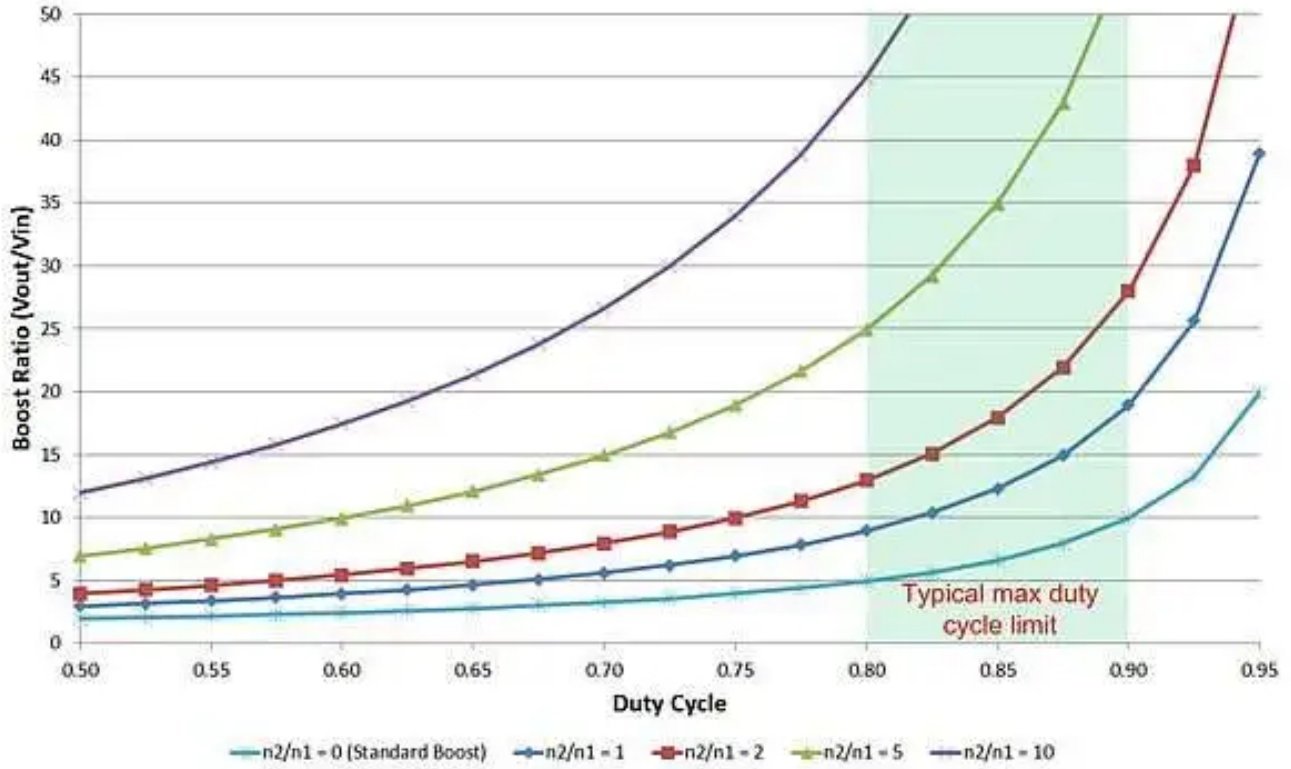


图 3. 抽头电感器可减小占空比并实现更高的输出电压。

您通常会根据设计规格了解升压比。最大实际占空比由所选的控制器和所需的开关频率决定。图 4 展示了如何轻松确定所需的匝数比。例如，假设您需要从 10V 输入提供 250V 输出，并希望将最大占空比限制为 80%。选择  $250V/10V = 25$  的升压比，然后按照蓝色曲线 ( $d = 0.8$ ) 进行计算；所需的  $n2/n1$  为 5。

方程式 3 展示了 FET 在关断时的电压应力，方程式 4 展示了整流器反向电压应力：

$$V_{fet} = V_{in} \times \left(1 - \frac{n1}{n1 + n2}\right) + (V_{out} + V_d) \times \frac{n1}{n1 + n2} \quad (3)$$

$$V_{diode} = V_{out} + V_{in} \times \frac{n2}{n1} \quad (4)$$

对于上面的设计示例，FET 和整流器电压应力分别为 50V 和 300V。FET 电压应力大大低于传统升压转换器，传统升压转换器的电压应力大约为 250V。由于会出现漏电感，因此可能需要使用电阻-电容缓冲器来减少振铃。

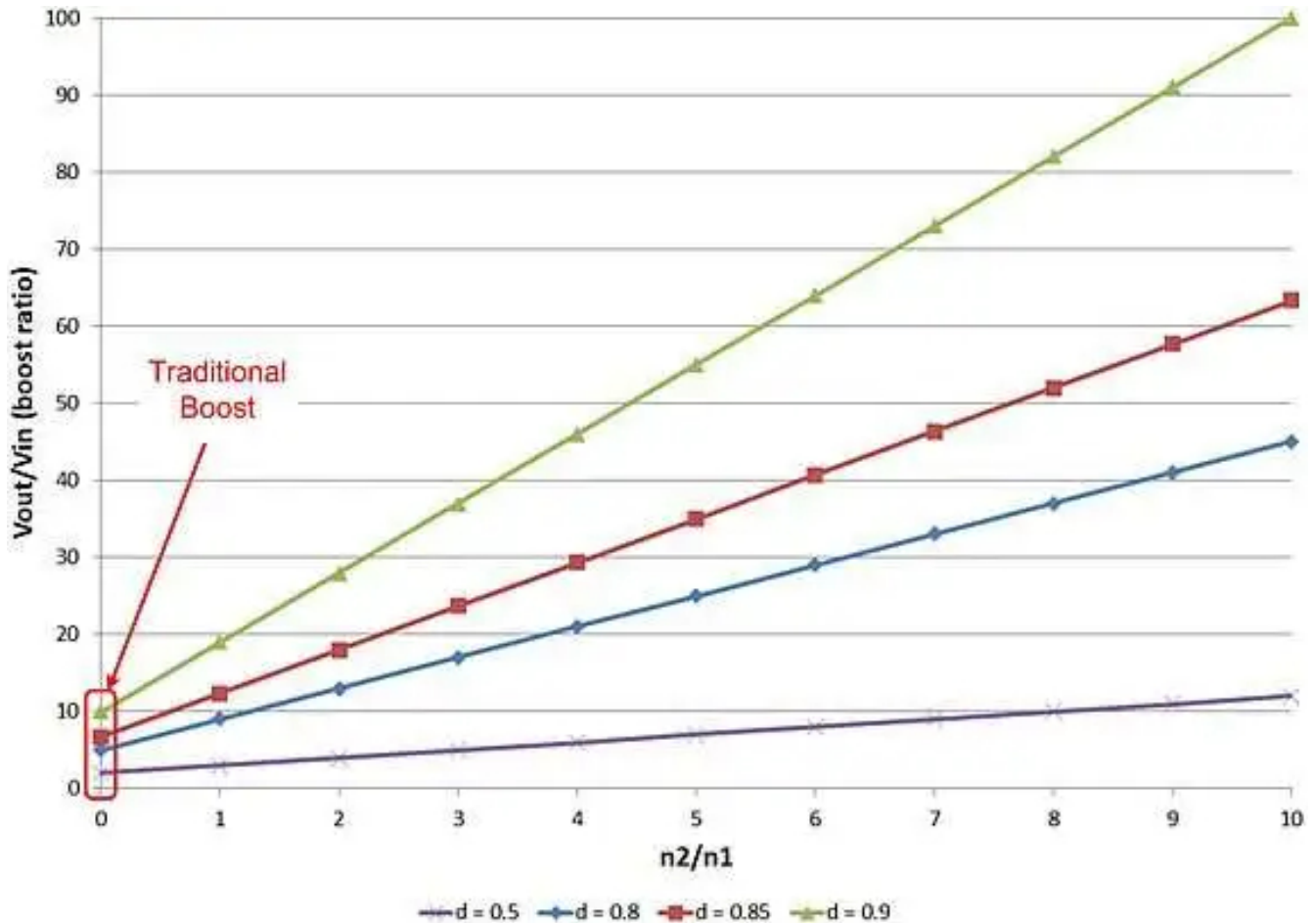


图 4. 通过选择升压比率和最大占空比来确定所需的匝数比。

在 CCM 升压转换器中实现自动变压器具有多种优势。只需添加一个绕组，即可使输出电压升高至超过传统升压转换器的水平。它可减小工作占空比，从而实现更高的开关频率、更小的元件尺寸和更低的 FET 电压。更小的占空比也可以提供更广泛的控制器选择，以前在传统升压转换器中实施时，这些控制器无法以足够高的占空比运行。

有关更多电源设计小贴士，请查看 TI 在 Power House 上的电源设计小贴士博客系列。

#### 相关文章

- [保护您的升压转换器](#)
- [小型微控制器配有两个直流/直流升压转换器](#)
- [使用微控制器设计升压转换器](#)
- [电源设计小贴士 77：设计 CCM 反激式转换器](#)
- [电源设计小贴士 87：如何设计高电压 DCM 反向电荷泵转换器](#)

之前在 [EDN.com](#) 上发布。

## 重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2024，德州仪器 (TI) 公司