

一文读懂二十种开关电源拓扑结构（建议收藏）

硬件笔记本 2022-07-18 07:30 发表于四川

收录于合集

#电路

91个



硬件笔记本

一点一滴，厚积薄发。

99篇原创内容

公众号

点击上方名片关注了解更多

什么是拓扑呢？所谓电路拓扑就是功率器件和电磁元件在电路中的连接方式，而磁性元件设计，闭环补偿电路设计及其他所有电路元件设计都取决于拓扑。最基本的拓扑是Buck(降压式)、Boost(升压式)和Buck/Boost(升/降压)，单端反激(隔离反激)，正激、推挽、半桥和全桥变化器。

开关电源的拓扑结构，常见拓扑大约有14种，每种都有自身的特点和适用场合。选择原则是要看是大功率还是小功率，高压输出还是低压输出，以及是否要求器件尽量少等。

因此，要恰当选择拓扑，熟悉各种不同拓扑的优缺点及适用范围是非常重要的。错误的选择会使电源设计一开始就注定失败。下面为大家整理汇总了开关电源20种基本拓扑，帮助系统掌握每种电路结构的工作原理与基本特性。

一、20种开关电源拓扑对比

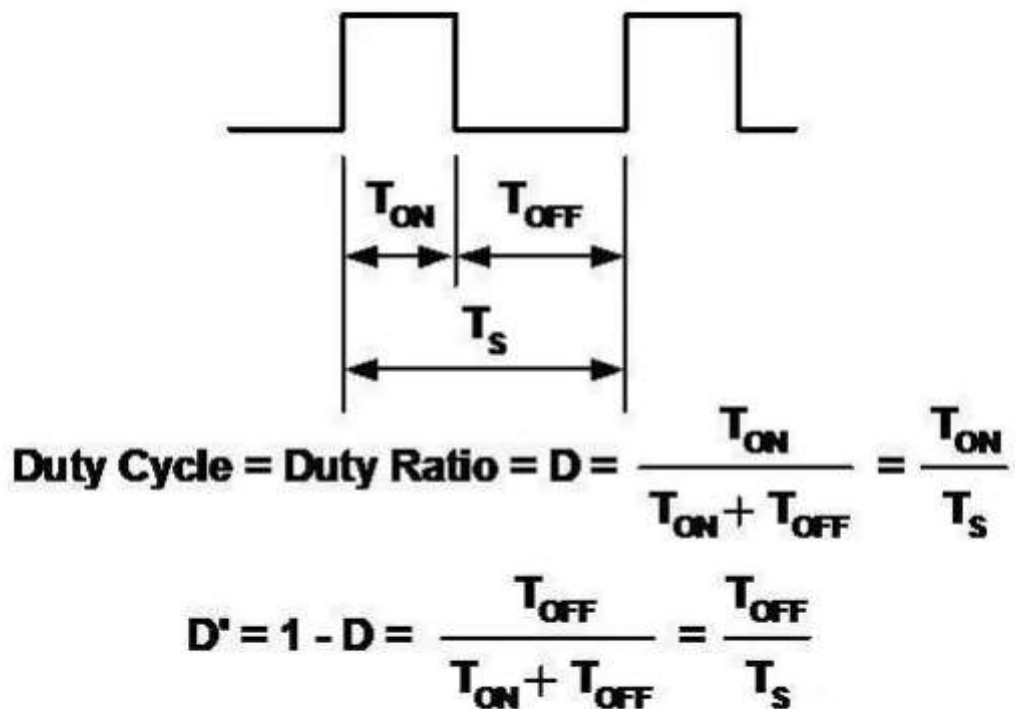
常见的基本拓扑结构：

- Buck 降压
- Boost 升压
- Buck-Boost 降压-升压

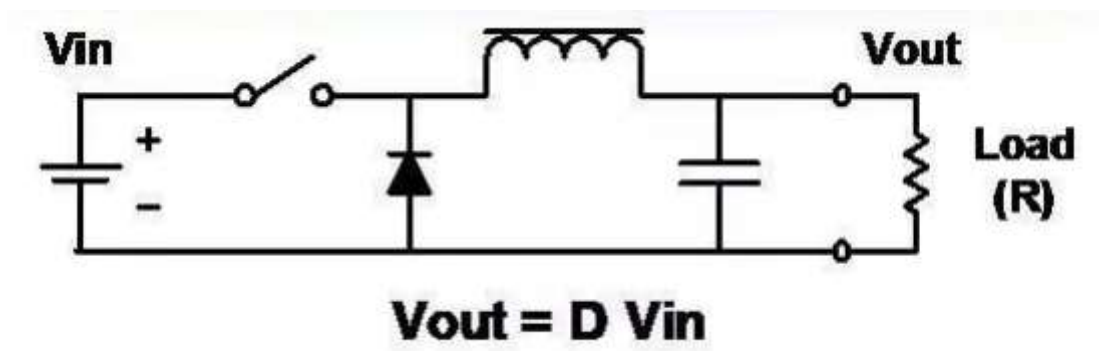
- Flyback 反激
- Forward 正激
- Two-Transistor Forward 双晶体管正激
- Push-Pull 推挽
- Half Bridge 半桥
- Full Bridge 全桥
- SEPIC
- C'uk

1.1.1 二、基本的脉冲宽度调制波形

这些拓扑结构都与开关式电路有关，基本的脉冲宽度调制波形定义如下：



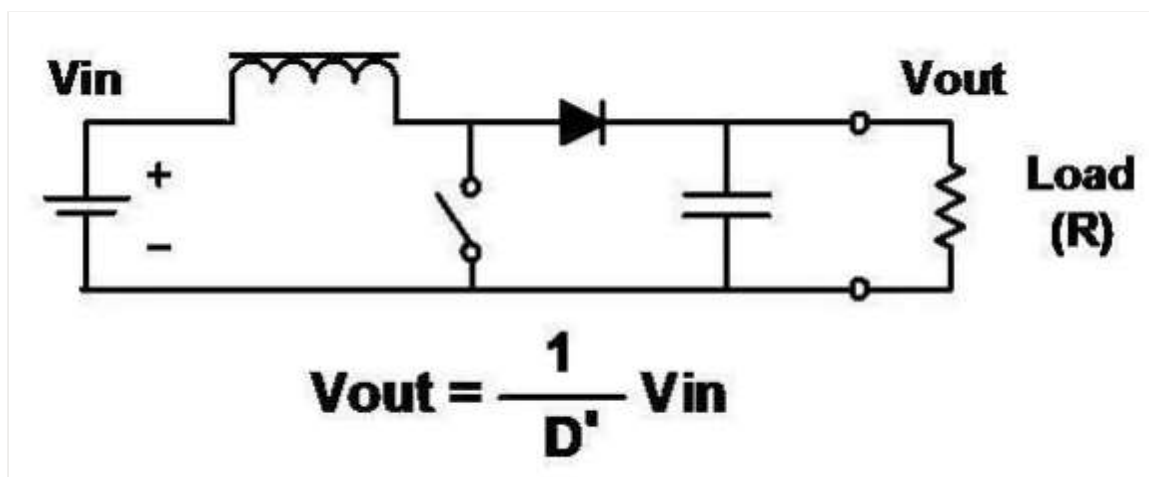
1.1.1 三、Buck 降压



特点：

- 把输入降至一个较低的电压
- 可能是最简单的电路
- 电感/电容滤波器滤平开关后的方波
- 输出总是小于或等于输入
- 输入电流不连续（斩波）
- 输出电流平滑

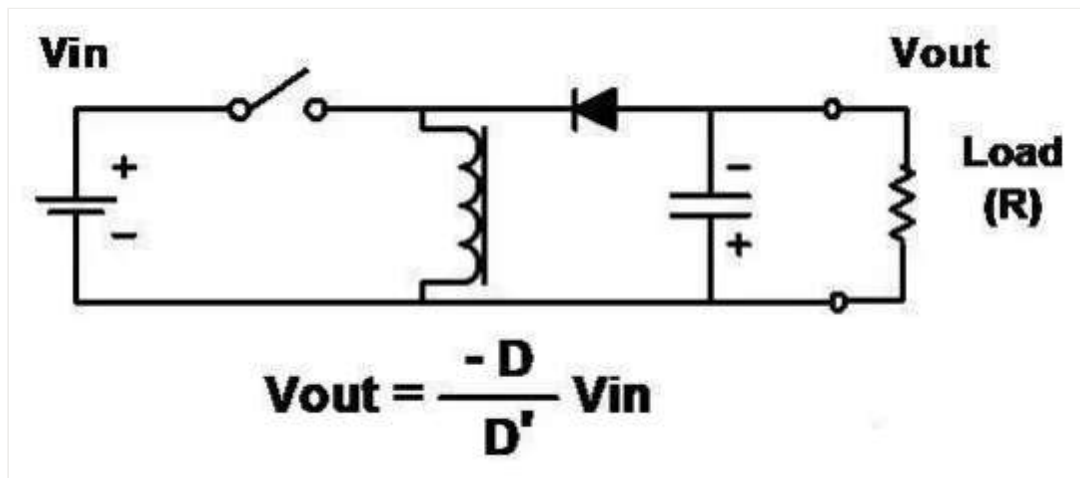
1.1.1 四、Boost 升压



特点：

- 把输入升至一个较高的电压
- 与降压一样，但重新安排了电感、开关和二极管
- 输出总是比大于或等于输入（忽略二极管的正向压降）
- 输入电流平滑
- 输出电流不连续（斩波）

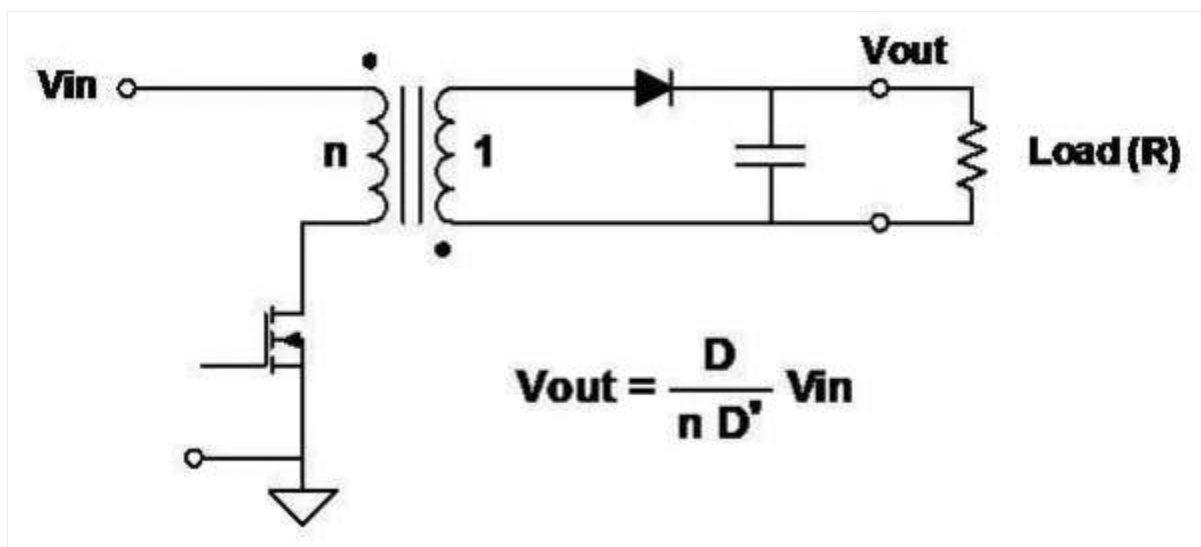
1.1.1 五、Buck-Boost 降压-升压



特点：

- 电感、开关和二极管的另一种安排方法
- 结合了降压和升压电路的缺点
- 输入电流不连续（斩波）
- 输出电流也不连续（斩波）
- 输出总是与输入反向（注意电容的极性），但是幅度可以小于或大于输入
- “反激”变换器实际是降压-升压电路隔离（变压器耦合）形式。

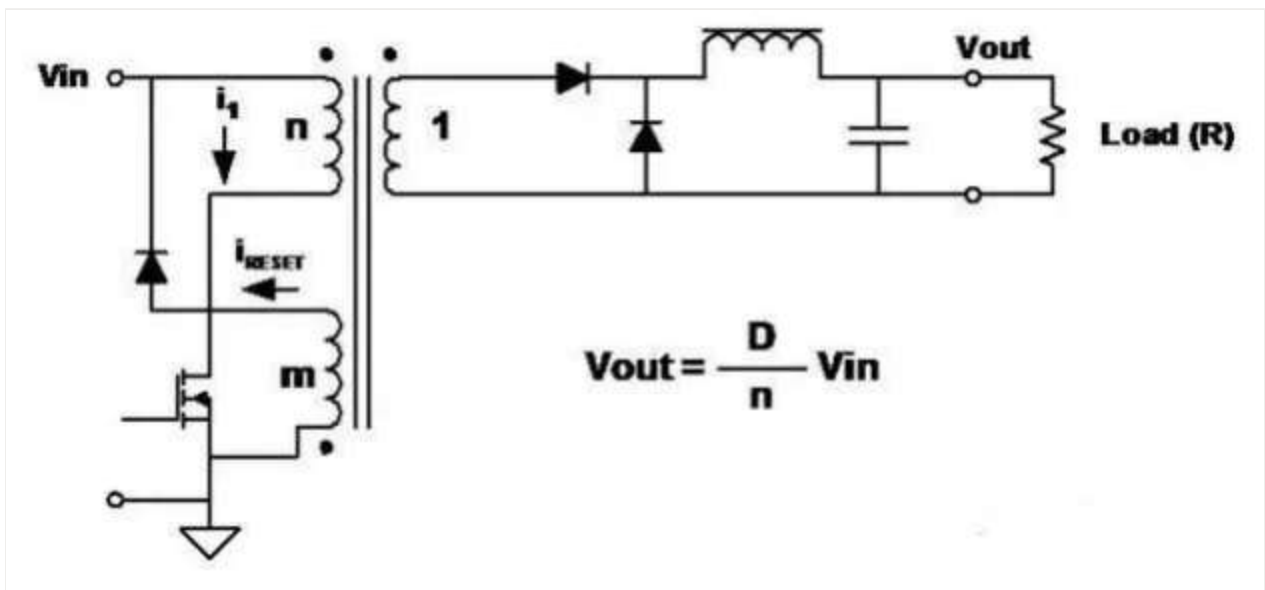
1.1.1 六、Flyback 反激



特点：

- 如降压-升压电路一样工作，但是电感有两个绕组，同时作为变压器和电感
- 输出可以为正或为负，由线圈和二极管的极性决定。
- 输出电压可以大于或小于输入电压，由变压器的匝数比决定。
- 这是隔离拓扑结构中最简单的
- 增加次级绕组和电路可以得到多个输出

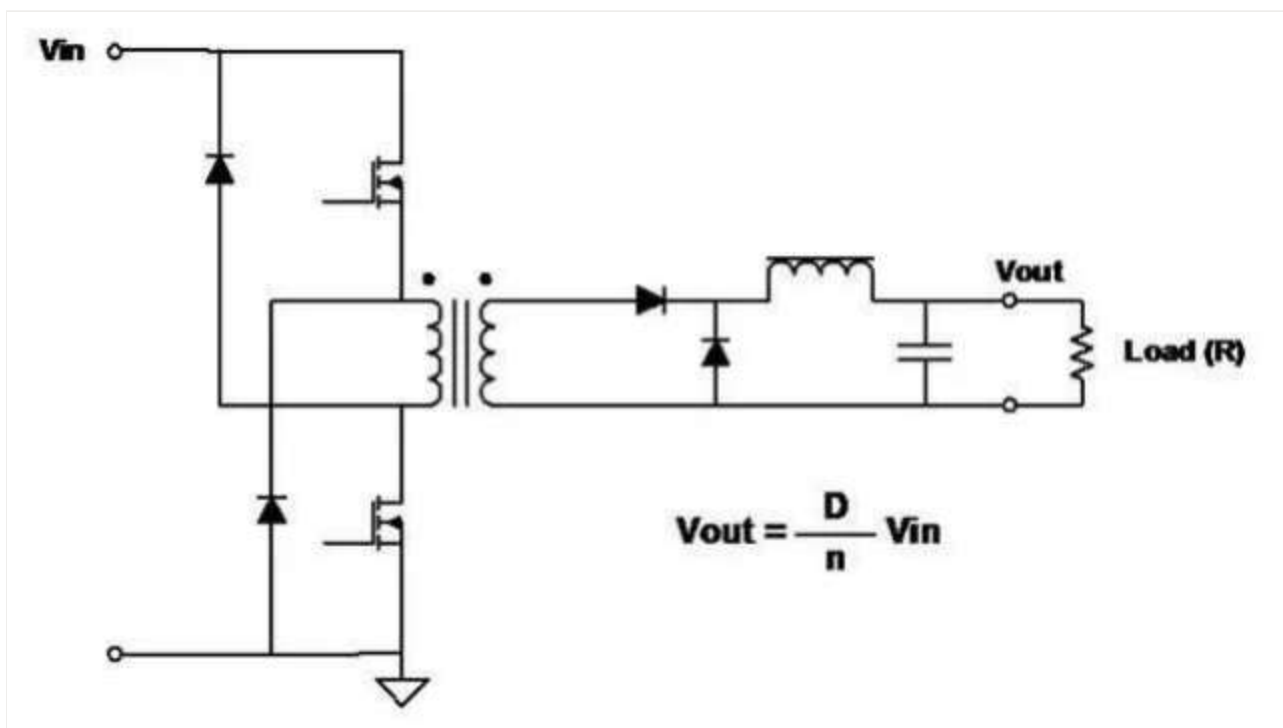
七、Forward 正激



特点：

- 降压电路的变压器耦合形式。
- 不连续的输入电流，平滑的输出电流。
- 因为采用变压器，输出可以大于或小于输入，可以是任何极性。
- 增加次级绕组和电路可以获得多个输出。
- 在每个开关周期中必须对变压器磁芯去磁。常用的做法是增加一个与初级绕组匝数相同的绕组。
- 在开关接通阶段存储在初级电感中的能量，在开关断开阶段通过另外的绕组和二极管释放。

八、Two-Transistor Forward 双晶体管正激



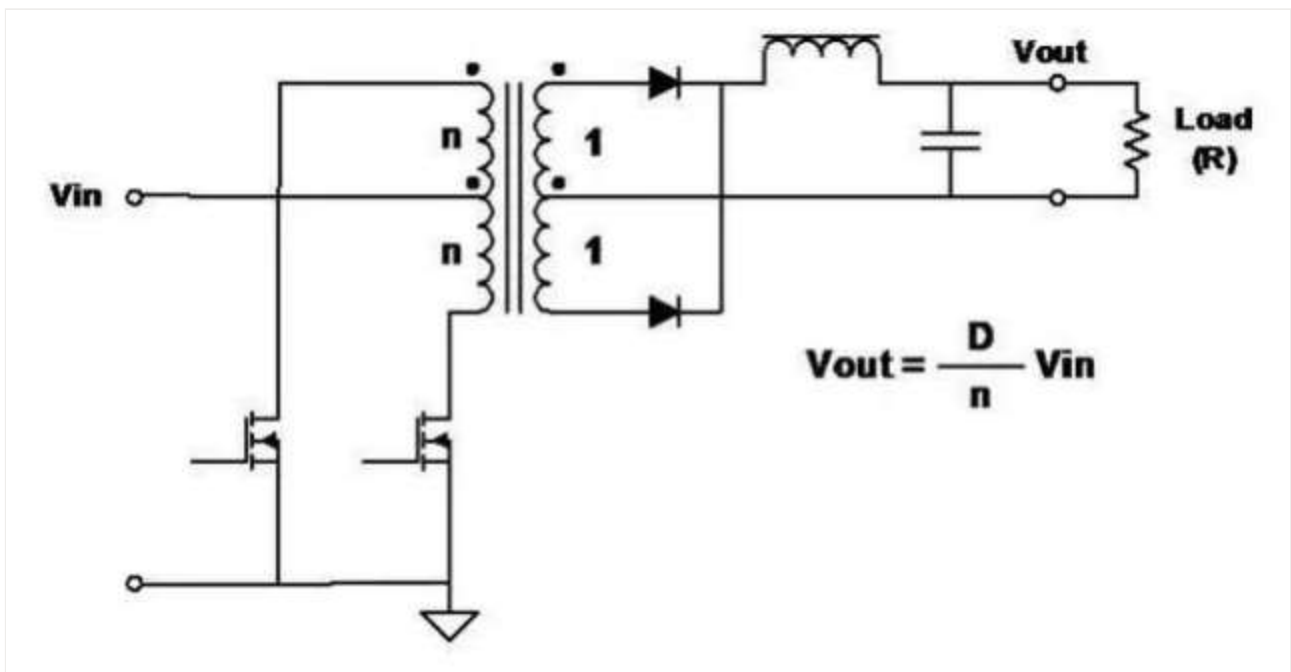
特点：

- 两个开关同时工作。
- 开关断开时，存储在变压器中的能量使初级的极性反向，使二极管导通。

主要优点：

- 每个开关上的电压永远不会超过输入电压。
- 无需对绕组磁道复位。

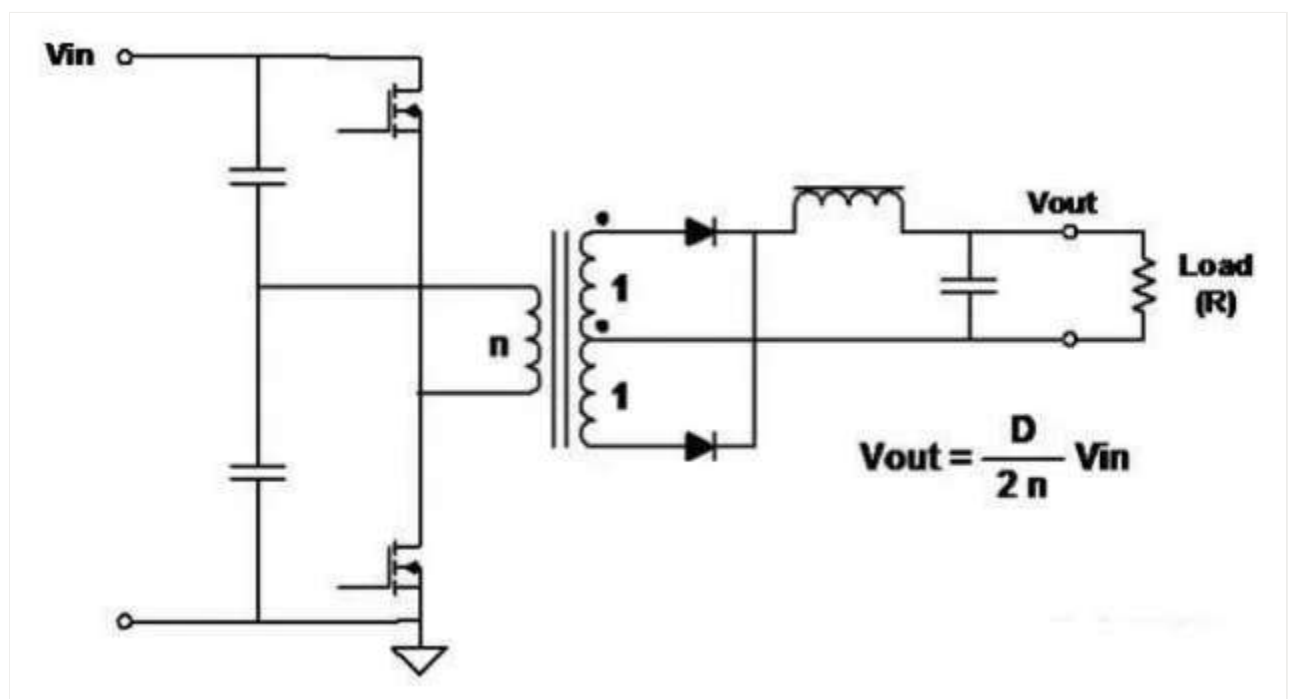
九、Push-Pull 推挽



特点：

- 开关（FET）的驱动不同相，进行脉冲宽度调制（PWM）以调节输出电压。
- 良好的变压器磁芯利用率---在两个半周期中都传输功率。
- 全波拓扑结构,所以输出纹波频率是变压器频率的两倍。
- 施加在FET上的电压是输入电压的两倍。

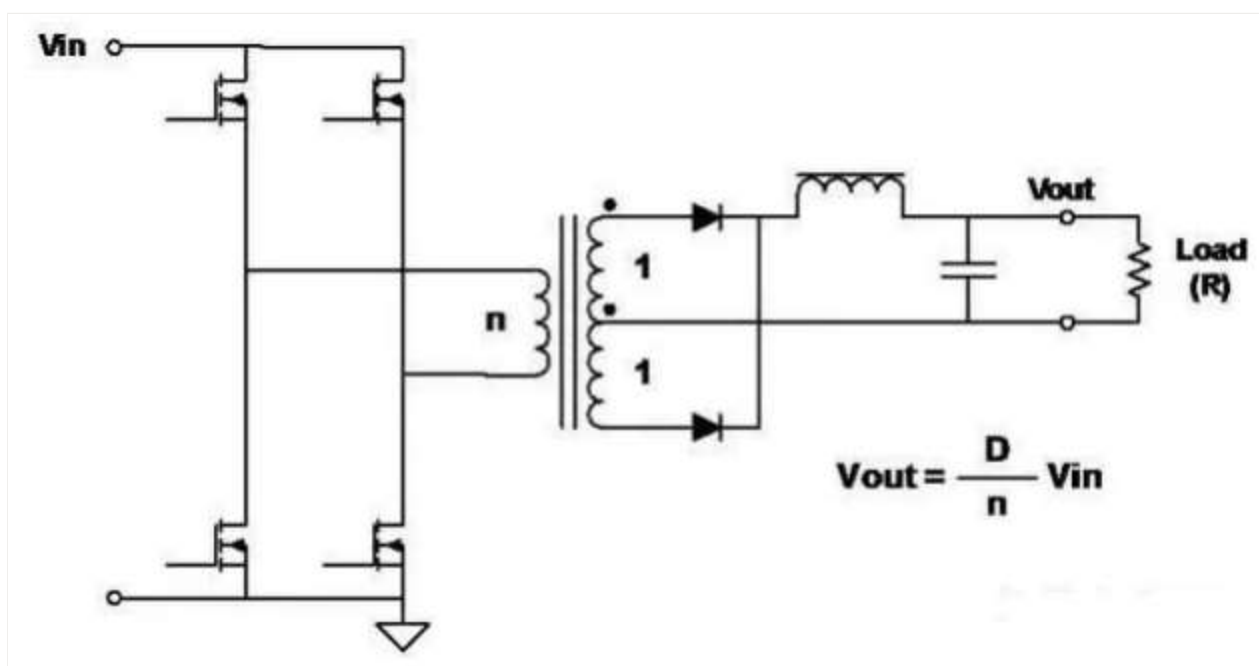
1.1 十、Half-Bridge 半桥



特点：

- 较高功率变换器极为常用的拓扑结构。
- 开关（FET）的驱动不同相，进行脉冲宽度调制（PWM）以调节输出电压。
- 良好的变压器磁芯利用率---在两个半周期中都传输功率。而且初级绕组的利用率优于推挽电路。
- 全波拓扑结构,所以输出纹波频率是变压器频率的两倍。
- 施加在FET上的电压与输入电压相等。

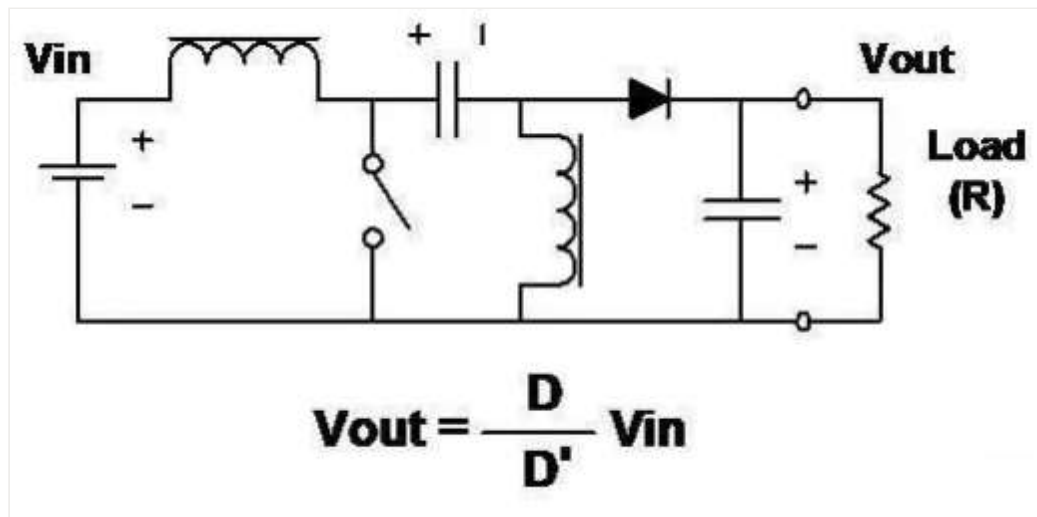
1.1.1 十一、Full-Bridge 全桥



特点：

- 较高功率变换器最为常用的拓扑结构。
- 开关（FET）以对角对的形式驱动，进行脉冲宽度调制（PWM）以调节输出电压。
- 良好的变压器磁芯利用率---在两个半周期中都传输功率。
- 全波拓扑结构，所以输出纹波频率是变压器频率的两倍。
- 施加在FETs上的电压与输入电压相等。
- 在给定的功率下，初级电流是半桥的一半。

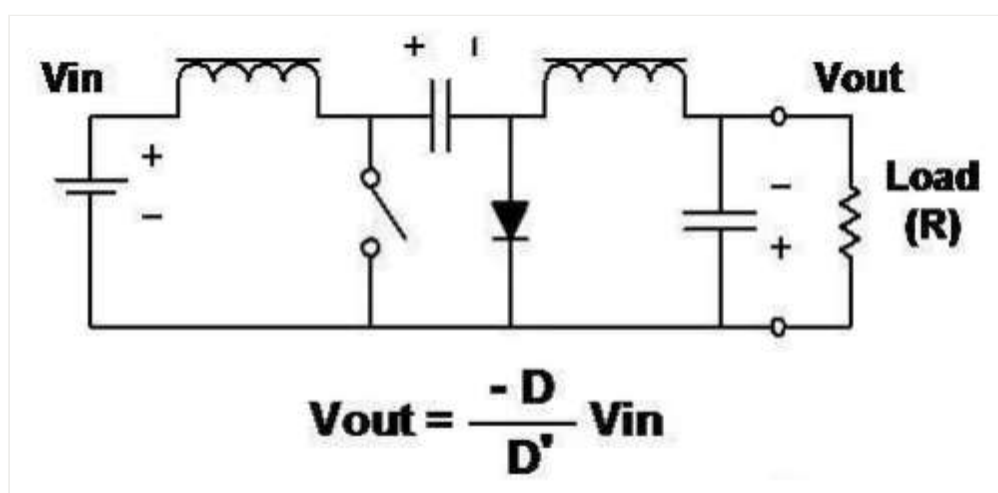
1.1.1 十二、SEPIC 单端初级电感变换器



特点：

- 输出电压可以大于或小于输入电压。
- 与升压电路一样，输入电流平滑，但是输出电流不连续。
- 能量通过电容从输入传输至输出。
- 需要两个电感。

1.1.1 十三、C'uk(Slobodan C'uk 的专利)



特点：

- 输出反相
- 输出电压的幅度可以大于或小于输入。
- 输入电流和输出电流都是平滑的。

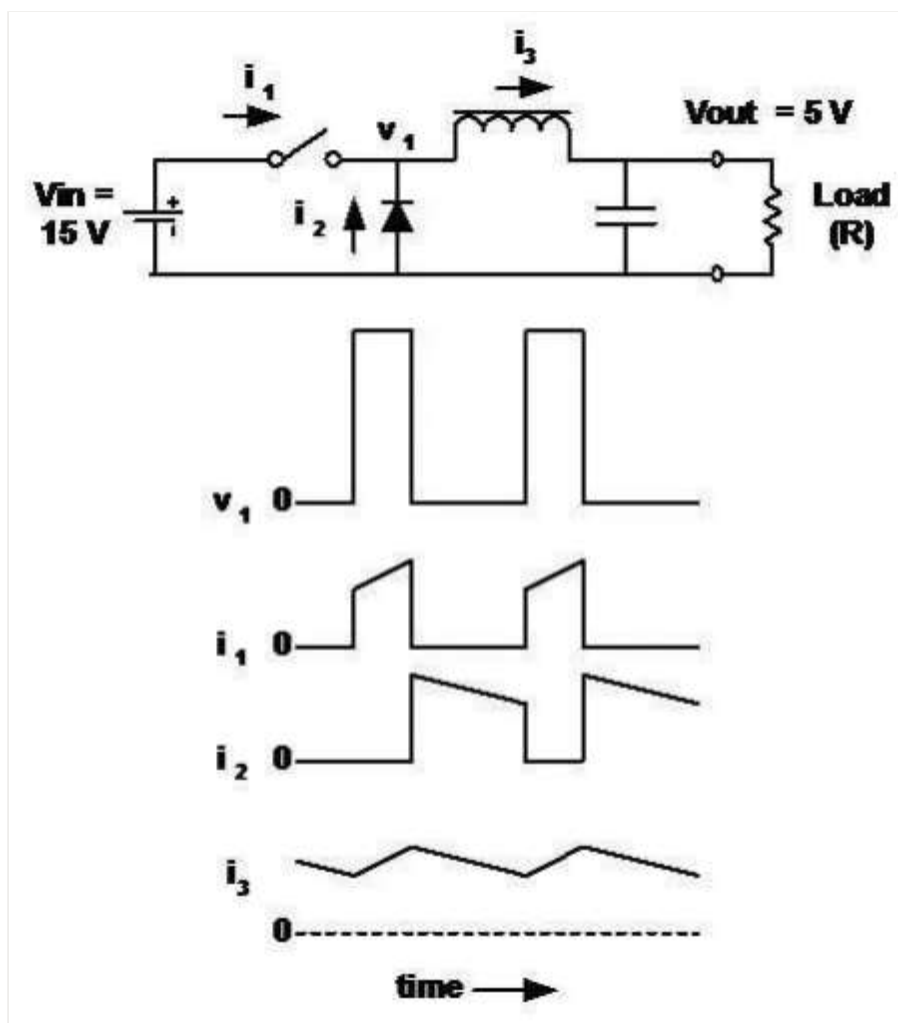
- 能量通过电容从输入传输至输出。
- 需要两个电感。
- 电感可以耦合获得零纹波电感电流。

1.1.1 十四、电路工作的细节

下面讲解几种拓扑结构的工作细节：

- 降压调整器：连续导电、临界导电、不连续导电
- 升压调整器（连续导电）
- 变压器工作
- 反激变压器
- 正激变压器

1.1.1 十五、Buck-降压调整器-连续导电

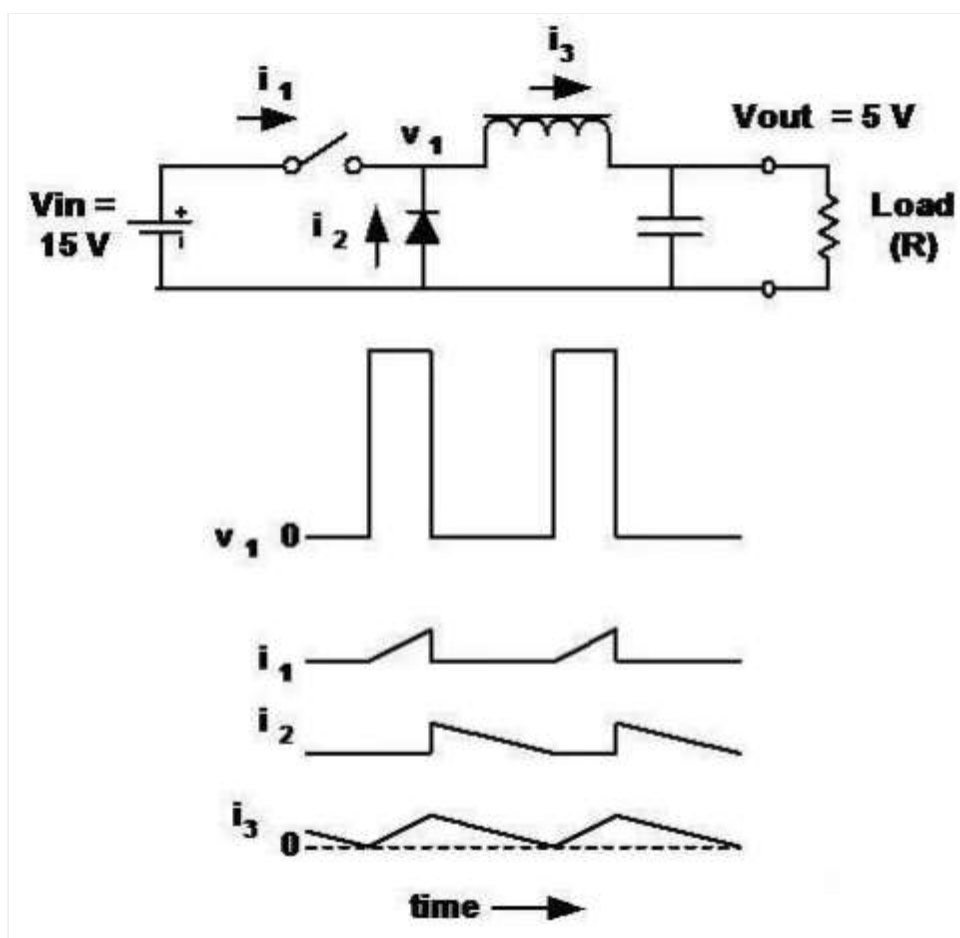


特点：

- 电感电流连续。
- V_{out} 是其输入电压 (V_1)的均值。
- 输出电压为输入电压乘以开关的负荷比 (D)。
- 接通时，电感电流从电池流出。
- 开关断开时电流流过二极管。
- 忽略开关和电感中的损耗, D 与负载电流无关。
- 降压调整器和其派生电路的特征是：

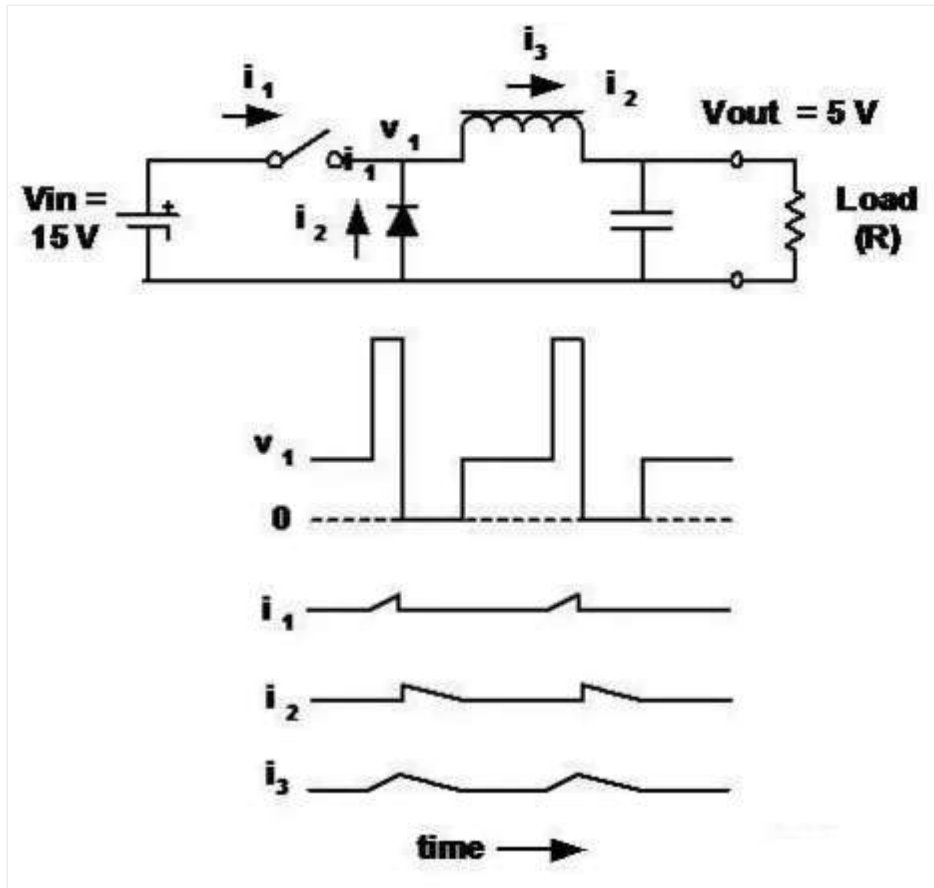
输入电流不连续 (斩波), 输出电流连续 (平滑)。

1.1.1 十六、Buck-降压调整器-临界导电



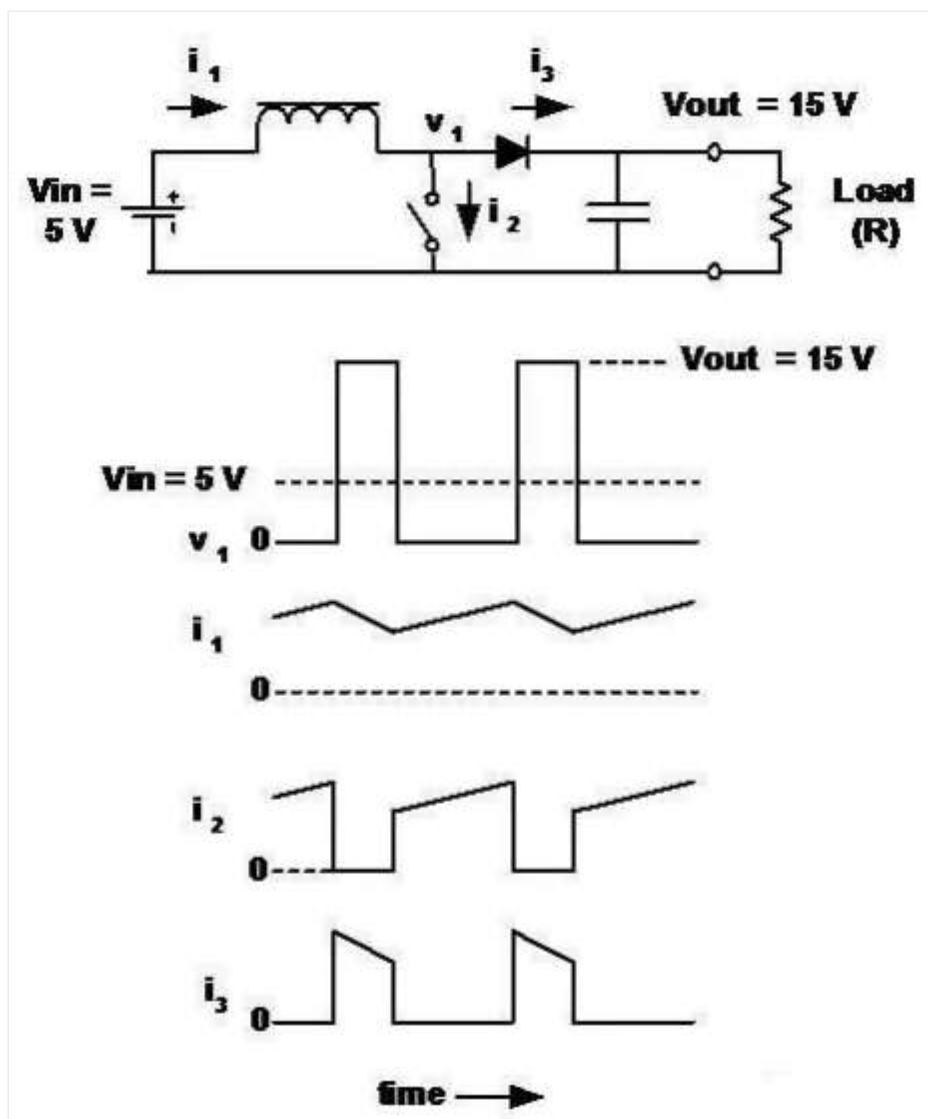
- 电感电流仍然是连续的，只是当开关再次接通时“达到”零，这被称为“临界导电”。输出电压仍等于输入电压乘以 D 。

1.1.1 十七、Buck-降压调整器-不连续导电



- 在这种情况下，电感中的电流在每个周期的一段时间中为零。
- 输出电压仍然 (始终)是 v_1 的平均值。
- 输出电压不是输入电压乘以开关的负荷比 (D)。
- 当负载电流低于临界值时, D 随着负载电流而变化(而 V_{out} 保持不变)。

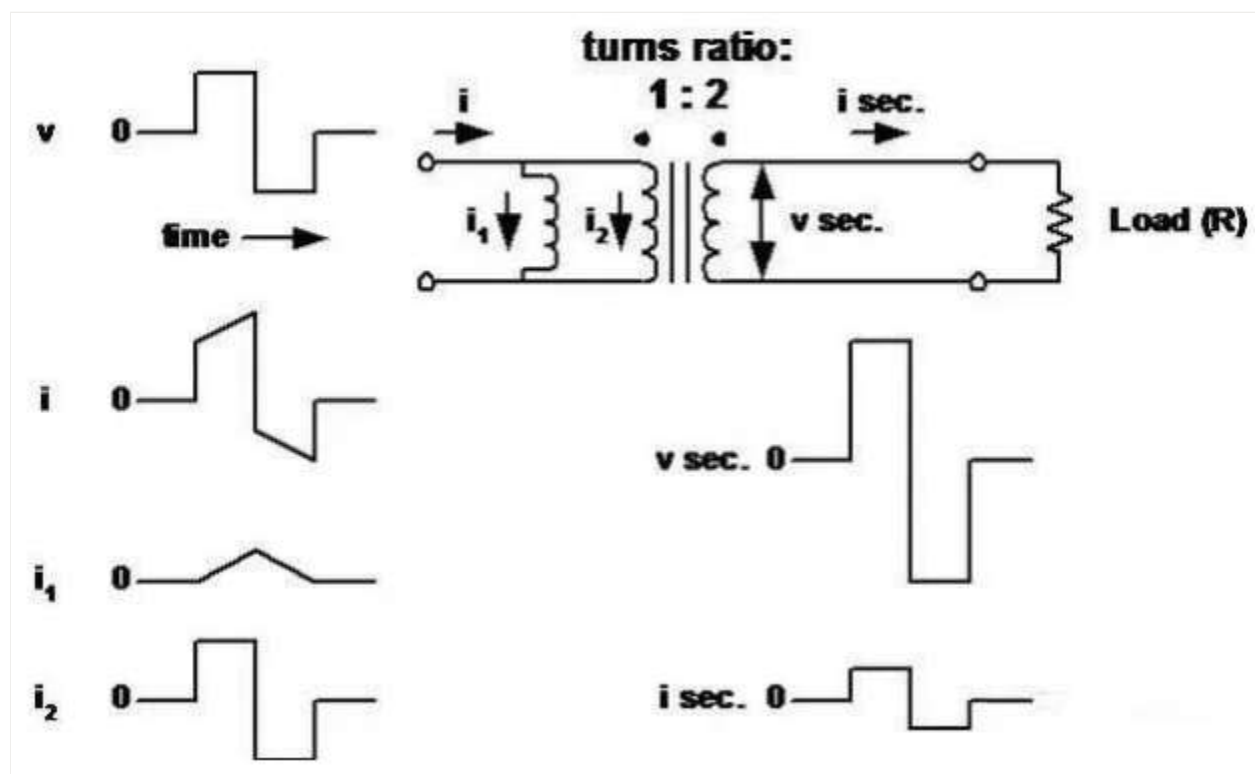
1.1.1 十八、Boost 升压调整器



- 输出电压始终大于（或等于）输入电压。
- 输入电流连续，输出电流不连续（与降压调整器相反）。
- 输出电压与负荷比（D）之间的关系不如在降压调整器中那么简单。在连续导电的情况下：

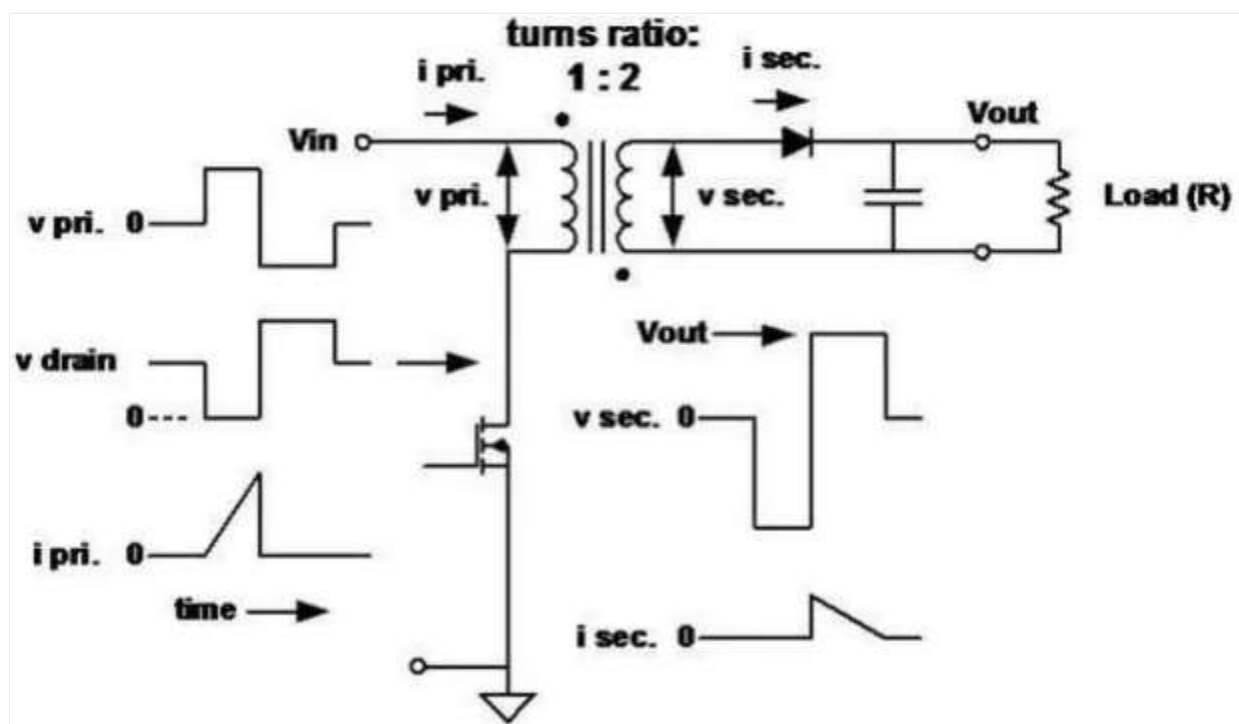
$$V_o = V_{in} \left(\frac{1}{1-D} \right)$$

在本例中， $V_{in} = 5$, $V_{out} = 15$, and $D = 2/3$. $V_{out} = 15$, $D = 2/3$.



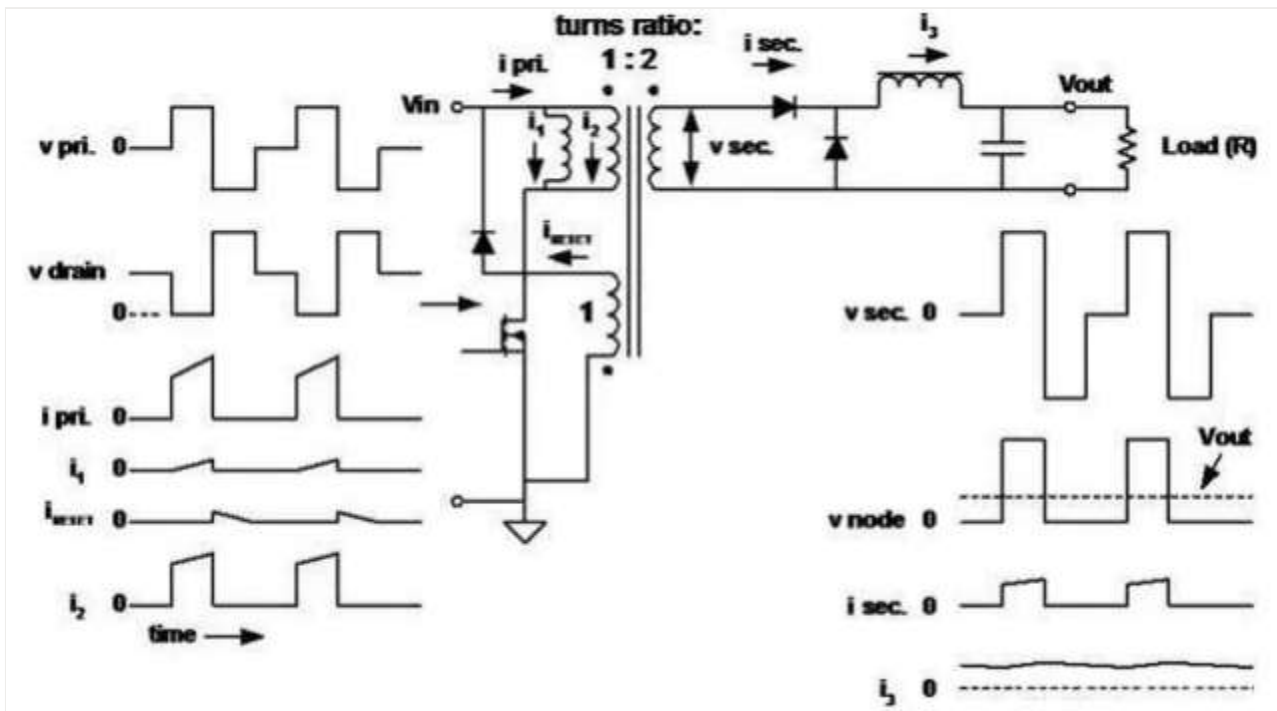
- 变压器看作理想变压器，它的初级（磁化）电感与初级并联。

二十、反激变压器



- 此处初级电感很低，用于确定峰值电流和存储的能量。当初级开关断开时，能量传送到次级。

二十一、Forward 正激变换变压器



- 初级电感很高，因为无需存储能量。
- 磁化电流 (i_1) 流入“磁化电感”，使磁芯在初级开关断开后去磁（电压反向）。

二十二、总结

- 此处回顾了目前开关式电源转换中最常见的电路拓扑结构。
- 还有许多拓扑结构，但大多是此处所述拓扑的组合或变形。
- 每种拓扑结构包含独特的设计权衡：
 - 1) 施加在开关上的电压
 - 2) 斩波和平滑输入输出电流
 - 3) 绕组的利用率
- 选择最佳的拓扑结构需要研究：

- 1) 输入和输出电压范围
- 2) 电流范围
- 3) 成本和性能、大小和重量之比

文章转自网络，侵删！

后台回复“**加群**”，管理员拉你入技术交流群。

收录于合集 #电路 91

上一篇
电路分析：运放和三极管组成的恒流源电路

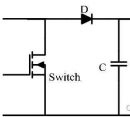
下一篇
20个电路能懂5个以上，足以证明你在电子行业混过！

喜欢此内容的人还喜欢

基础电路学习（6）-- 从深度饱和谈三极管的开关响应
射频工程师的日常



常见开关电源的拓扑结构
硬件测试杂谈



电流、电压的超前和滞后动图
硬件测试杂谈

