

一、BUCK 电路

如下图是同步 BUCK 的拓扑：

1、当 Q1 导通，Q2 关闭，SW 端电压为输入电压 V_{IN} ， V_{IN} 给电感 L1 充电，电感电流增加， $V_{IN}=V_L+V_{OUT}$ ，此时电感电压左正右负。电流方向为图示蓝色回路。

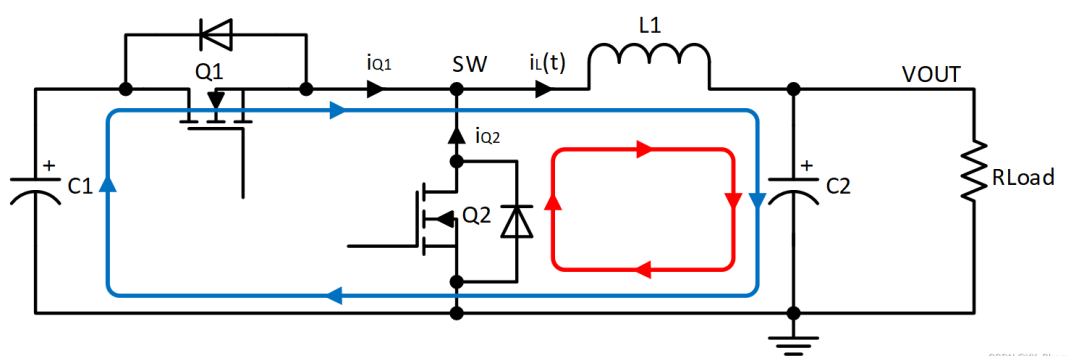
2、当 Q1 关闭，Q2 打开，由于电感电流不能突变，电流按照下图红线路径形成回路，给负载供电，此时电感电流下降。电感电压左负右正。

根据伏秒法则等推导，同步 BUCK 得出一个比较重要的公式：

$$V_{IN} \cdot D = V_{OUT}$$

简单地说，占空比跟输入输出的电压有直接关系，相对而言，如果输出电压越低，占空比就越低，理解起来就是，因为输出电压低，所以需要打开上 MOS 管对电感充电的时间就更少了！

（这里要注意，这个只是在完美条件下测出来的理论值，实际会因为有损耗等情况，与理论值有差别）



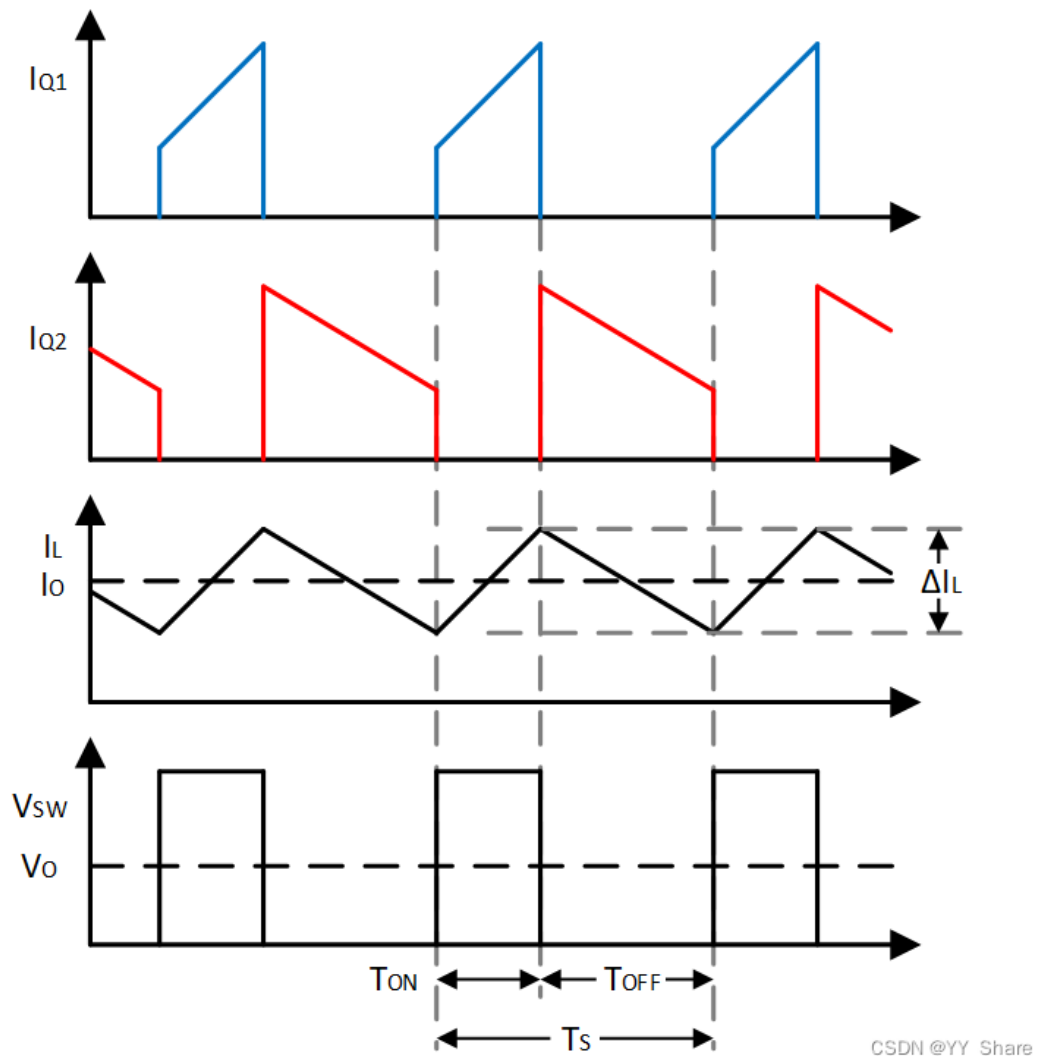
根据上图拓扑，得出下图波形

a、当 Q1 打开，Q2 关闭， V_{sw} 为高， I_{Q1} 增加， I_{Q2} 为零，电感电流增加。

b'、当 Q1 关闭，Q2 打开， V_{sw} 为低， I_{Q1} 为零， I_{Q2} 减小，电感电流减小。

c、整个稳态过程，电感电流不断增加减少。

d、我们常将上管打开的时间称为 T_{on} ，其关闭的时间为 T_{off} 。两者相加是一个周期。



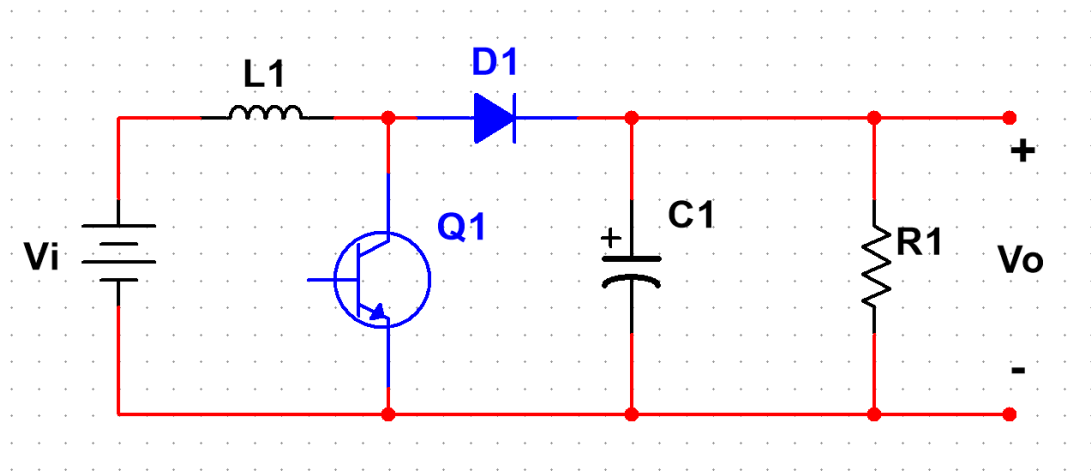
CSDN @YY_Share

二、BOOST 电路

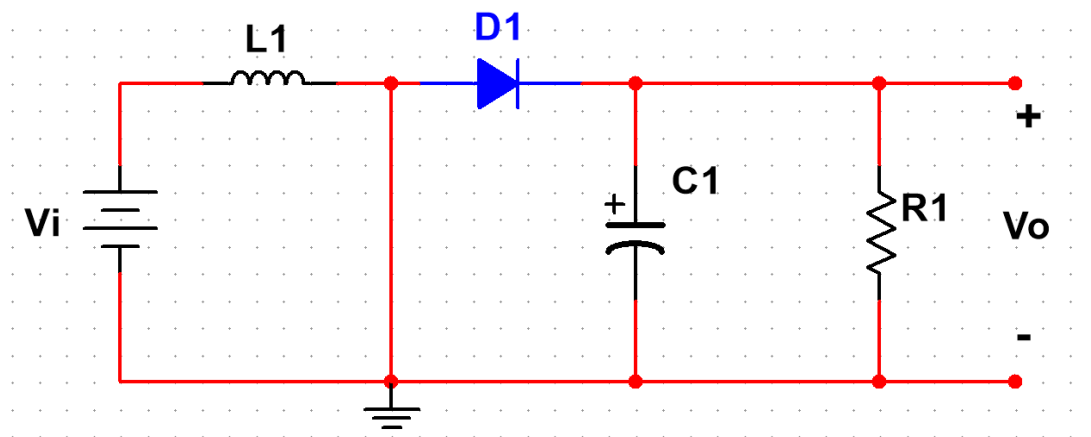
Boost 变换器也称升压式变换器，是一种输出电压高于输入电压的单管不隔离直流变换器。开关管 Q 也为 PWM 控制方式，但最大占空比 D 必须小于 1，不允许在 $D=1$ 的状态下工作。电感 L_1 在输入侧，称为升压电感。Boost 变换器也有 CCM 和 DCM 两种工作方式。这是最简单的 BOOST 升压电路。

首先，若很长时间没有对开关管进行控制，所有元器件是属于理想状态，所以

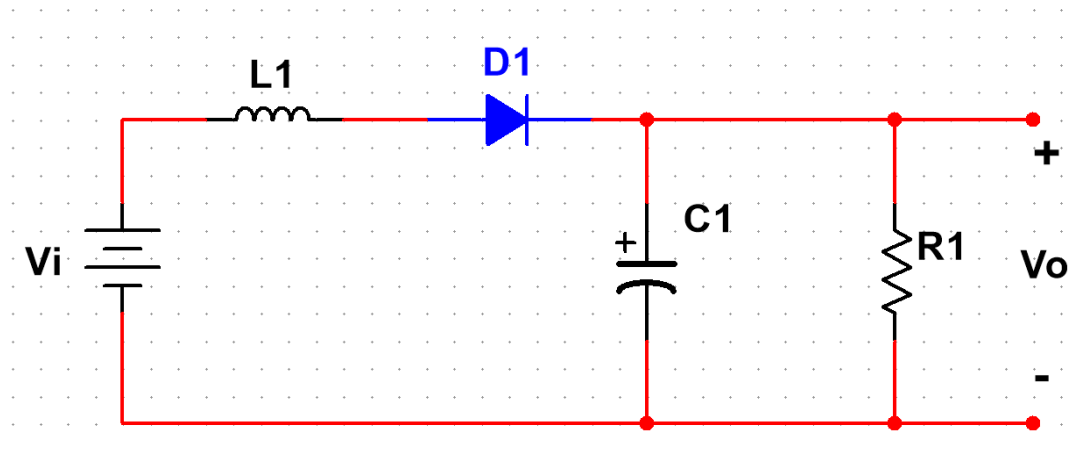
$$U_o = U_i;$$



如图当开关管导通时，同理，电感中的电流成线性增加，电感自感阻碍电流上升，电感将电能转为磁能存储起来。二极管的作用是防止电容对地放电。



如图当开关管关闭时，此时电感的电流又降开始慢慢减少。由于自感的作用阻碍电流的减小，电感两端是左负右正，所以输出端的电压就成了 $U_o = U_i + U_L$ 。输出电压大于输入电压。



对于电感有 $U_{on}=U_i, U_{off}=U_o-U_i$ ，由伏秒平衡原理得 $U_i \cdot T_D = (U_o - U_i) \cdot (T_s - T_D)$ ，化简可以得到

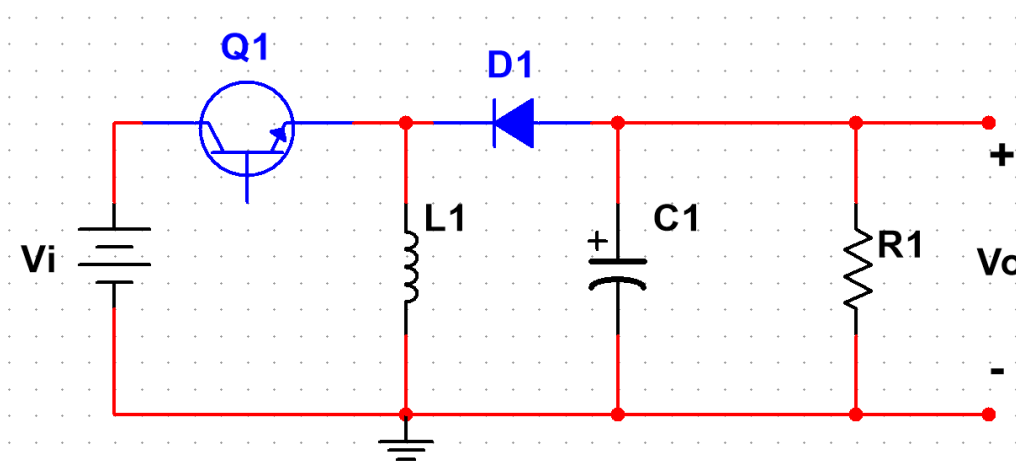
$$U_o = \frac{1}{1-D} U_i,$$

可以通过改变 PWM 占空比来控制输出电压的大小。

三、BUCK-BOOST 电路

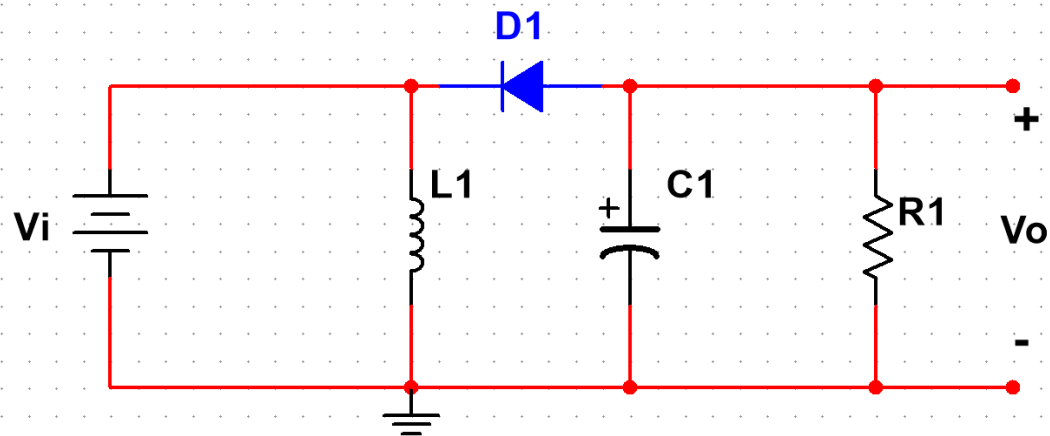
Buck/Boost 变换器，也称升降压式变换器，是一种输出电压既可低于也可高于输入电压的单管不隔离直流变换器，但其输出电压的极性与输入电压相反。

Buck/Boost 变换器可看做是 Buck 变换器和 Boost 变换器串联而成，合并了开关管。如图是 buck/boost converter 最简单的电路图。

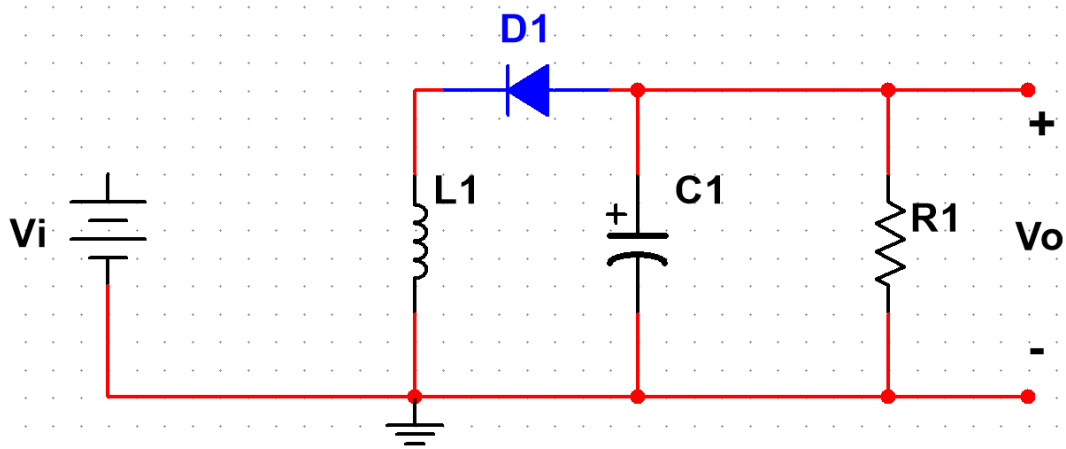


如图当开关管导通时，输入电流从流过电感直接到地，右端输出主要由电容放电

来维持。 $U_{on}=U_i-U_q$ 通常情况下忽略 U_q 的压降,即 $U_{on}=U_i$



如图当开关管关闭时,电感电流从地流向负载 R 和电容 C, 在流经二极管后回到电感。其过程就是 L 释放能量和电容充电的一个过程。所以 $U_{off}=U_o-U_d$, 二极管的压降一般也是忽略不计的,即 $U_{off}=U_o$



由伏秒平衡原理得 $U_i \cdot T_D = U_o \cdot (T_s - T_D)$, 化简可以得到

$$U_o = \frac{D}{1-D} U_i$$

这时候我们就会想, 怎么控制输出电压是降压还是升压呢? 控制开关管的 PWM 波的占空比就起了很大的作用。如果占空比大于 $1/2$, 升压; 反之降压。