

BUCK,BOOST,BUCK-BOOST 公式详细的推导 (ZVSZCS)

首先要讲到电容的基本公式:

电容器上所储存的电荷与施加于电容器上的电压成正比, 有:

$$q=Cv$$

C 为比例常数, 称为电容器的电容 (capacitance), 单位法拉 (farad,F), 电荷运动产生电流, 用数学表示为 $i=dq/dt$ 电流的单位为安培。

对 $q=Cv$ 两边取微分得:

$$i=Cdv/dt$$

根据对偶原理得:

$$v=Ldi/dt$$

对于给定的时间增量或减量 (v,i 为常量, 对于恒定的全部更改为大写的 V,I)

基本概念:

对于一般方波功率变换, 总有在开关导通器件施加一个恒定电压 (V_{on}), 而在关断器件自动得到另一个恒定电压 (极性相反, 幅值为 V_{off}), 这将形成分段线性电流. 其幅值为上面对偶的到的公式

电流取一个变化量得:

$$V_{on}=L*\Delta I_{on}/t_{on} \quad \text{推导出} \Delta I_{on}= V_{on}*t_{on}/L$$

$$V_{off}=L*\Delta I_{off}/t_{off} \quad \text{推导出} \Delta I_{off}= V_{off}*t_{off}/L$$

整体电流和电压波形可以重复, 电路才工作于稳态。(关键概念)

即: 开通和关闭期间电流的变化量必须相等 ($\Delta I_{on}=\Delta I_{off}$)

即可得伏秒法则: $V_{on}* t_{on}= V_{off}* t_{off}$

以下的公式推导只针对于 CCM 变换器

首先要几个基本公式:

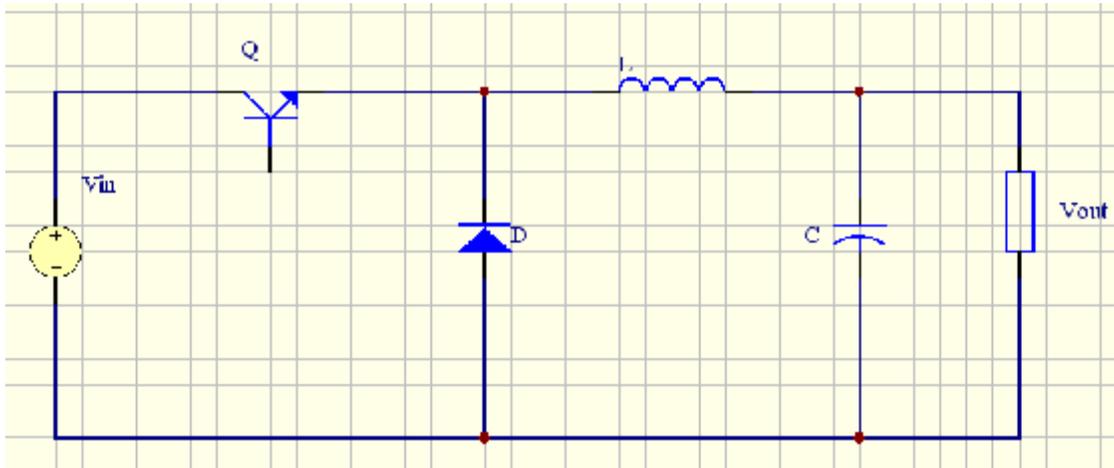
f 为开关频率

周期为 T 同时有 $T=1/f$ $t_{on}+ t_{off}=T$

D 为占空比定义为 t_{on}/T 即 $t_{on}=D*T$

$T_{off}=T- t_{on}=T-D*T=T*(1-D)$

BUCK 变化器的基本原理图:



Q 导通时, 不计其管压降, L 上的电压为 $V_{in}-V_{out}$ 记为电感电压 V_{on}

Q 关闭是, D 导通, 忽略二极管压降, 即二极管对地是等电位的, L 两端的电压为 V_{out} , 记为电感电压 V_{off} , 这时电压与输出电压同一极性。

根据伏秒定律:

$$V_{on} * t_{on} = V_{off} * t_{off}$$

其中: $V_{on} = V_{in} - V_{out}$

$$V_{off} = V_{out}$$

$$t_{on} = D * T$$

$$t_{off} = T * (1 - D)$$

代入上式得:

$$(V_{in} - V_{out}) * D * T = V_{out} * T * (1 - D)$$

$$(V_{in} - V_{out}) * D = V_{out} * (1 - D)$$

$$(V_{in} - V_{out}) / V_{out} = (1 - D) / D$$

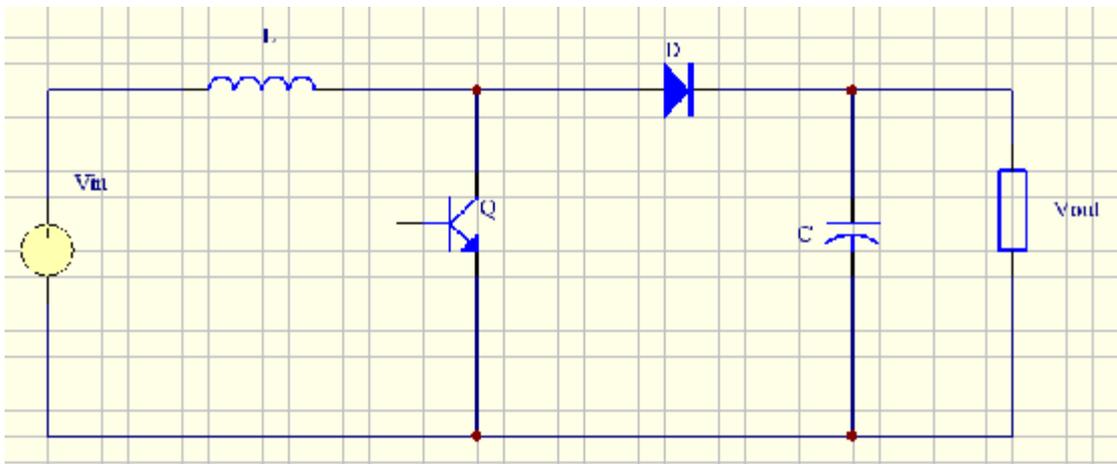
$$(V_{in} - V_{out}) / V_{out} + 1 = (1 - D) / D + 1$$

$$\text{通分得: } (V_{in} - V_{out} + V_{out}) / V_{out} = \{(1 - D) + D\} / D$$

$$V_{in} / V_{out} = 1 / D$$

$$D = V_{out} / V_{in}$$

BOOST 基本原理图:



Q 导通时, 不计其管压降, 即 Q 对地是等电位的, L 上的电压为 V_{in} , 记为电感电压 V_{on}

Q 关闭时, 忽略 D 的压降, 这时就一个节点就有 $V_{in} + V_{off} = V_{out}$ 即 $V_{off} = V_{out} - V_{in}$

根据伏秒定律:

$$V_{on} * t_{on} = V_{off} * t_{off}$$

其中: $V_{on} = V_{in}$

$$V_{off} = V_{out} - V_{in}$$

$$t_{on} = D * T$$

$$t_{off} = T * (1 - D)$$

代入上式得:

$$V_{in} * D * T = (V_{out} - V_{in}) * T * (1 - D)$$

$$V_{in} * D = (V_{out} - V_{in}) * (1 - D)$$

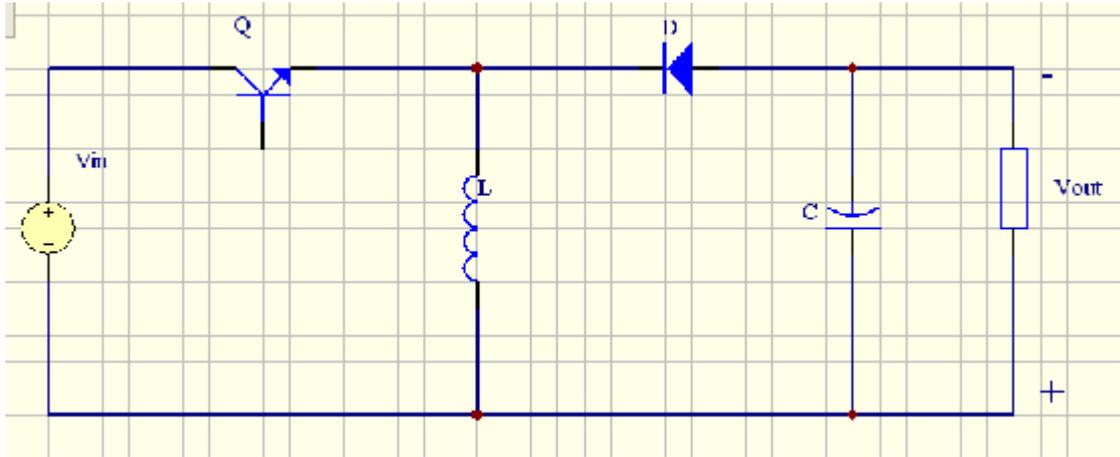
$$V_{in} / (V_{out} - V_{in}) = (1 - D) / D$$

$$V_{in} / (V_{out} - V_{in}) + 1 = (1 - D) / D + 1$$

$$\text{通分得: } \{V_{in} + V_{out} - V_{in}\} / (V_{out} - V_{in}) = \{(1 - D) + D\} / D$$

$$D = (V_{out} - V_{in}) / V_{out}$$

BUCK-BOOST 变换器基本原理:



Q 导通时，不计其管压降，同一个节点，L 上的电压为 V_{in} ，记为电感电压 V_{on}
 Q 关闭时，忽略 D 的压降，电感电压即输出电压，记为 $V_{off} = V_{out}$ ，但是要注意这个电压于输入电压极性相反。这也是个主要特征。

根据伏秒定律：

$$V_{on} * t_{on} = V_{off} * t_{off}$$

其中： $V_{on} = V_{in}$

$$V_{off} = V_{out}$$

$$t_{on} = D * T$$

$$t_{off} = T * (1 - D)$$

代入上式得：

$$V_{in} * D * T = V_{out} * T * (1 - D)$$

$$V_{in} * D = V_{out} * (1 - D)$$

$$V_{in} / V_{out} = (1 - D) / D$$

$$V_{in} / V_{out} + 1 = (1 - D) / D + 1$$

通分得：

$$(V_{in} + V_{out}) / V_{out} = \{(1 - D) + D\} / D$$

$$D = V_{out} / (V_{in} + V_{out})$$