

输入电容纹波电流有效值

相信很多人都知道 Buck Converter 电路中输入电容纹波电流有效值，在连续工作模式下可以用一下两个公式来计算：

$$I_{cin.rms} = I_o \times \sqrt{(1-D) \times D}$$

$$\text{或 } I_{cin.rms} = I_o \times \sqrt{\frac{(V_{in} - V_o)V_o}{V_{in}^2}}$$

然而，相信也有很多人并不一定知道上面的计算公式是如何推导出来的，下文将完成这一过程。

众所周知，在 Buck Converter 电路中 Q1 的电流 (I_{q1}) 波形基本如右图所示 (或见第二页 Q1 电流波形)：0 ~ DTs 期间为一半梯形，DTs ~ Ts 期间为零。当 0 ~ DT 期间 I_{q1} 足够小时，则 I_{q1} 波形为近似为一个高为 I_o 、宽为 DTs 的矩形，则有：

$$I_{q1} = \begin{cases} I_o & (0 < t < DTs) \\ 0 & (DTs < t < Ts) \end{cases}$$

而对于 I_{in} 只要 C_{in} 容量足够大，则在整个周期中是基本恒定的【见输入电流(I_{in})波形】， I_{in} 值由下式得出：

$$I_{in} = (V_o/V_{in}) * I_o = DI_o$$

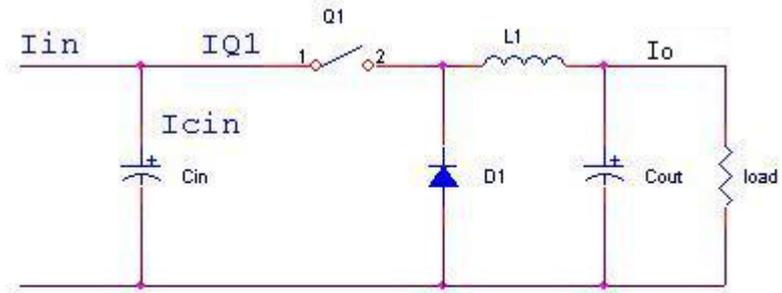
由 KCL 得： $I_{in} + I_{cin} = I_{q1}$ ，这里定义 I_{cin} 流出电容为正向。所以在整个周期中有：

$$I_{cin} = I_{q1} - I_{in}$$

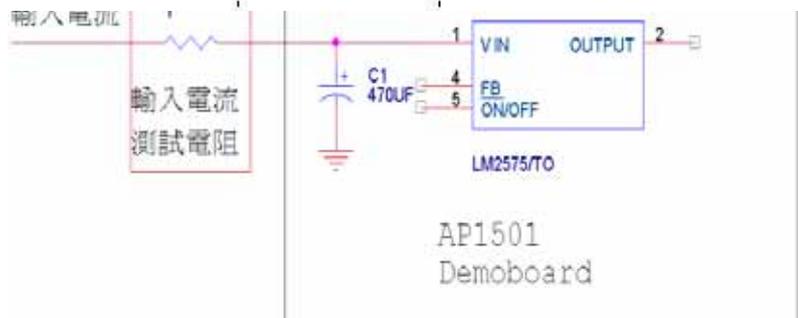
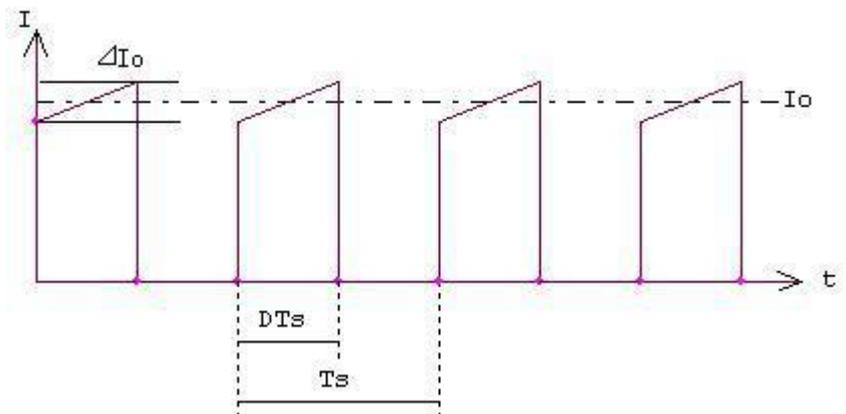
即：

$$I_{cin} = \begin{cases} I_o - DI_o & (0 < t < DTs) \\ -DI_o & (DTs < t < T) \end{cases}$$

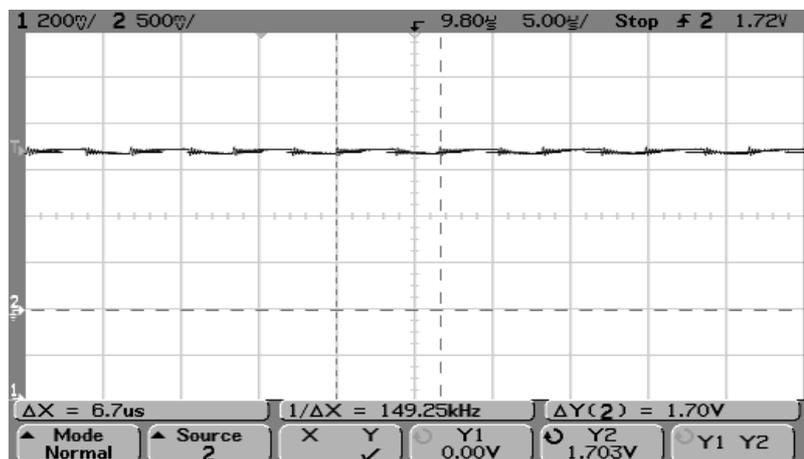
对 I_{cin} 的表达式可以这样理解：在 Q1 导通期间输入端和输入电容共同向输出端提供电流，因此输入电容电流等于 Q1 电流减去输入端电流；在 Q1 关断期间输入端对电容充电，以补充在 Q1 导通期间所泄掉的电荷，而此时电流方向与所定义的正向是相反



在变换器工作时 I_{cin} 流向是交变的，这里定义：流出方向为正向，反之为负向。



输入电流(I_{in})波形：



的，所以有 $I_{cin} = -DI_o$

根据有效值的定义，不难得出输入电容的纹波电流有效值 $I_{cin.rms}$ 的计算公式：

$$I_{cin.rms} = \sqrt{\frac{1}{T_s} \left[\int_0^{DT_s} (I_o - DI_o)^2 dt + \int_{DT_s}^{T_s} (-DI_o)^2 dt \right]}$$

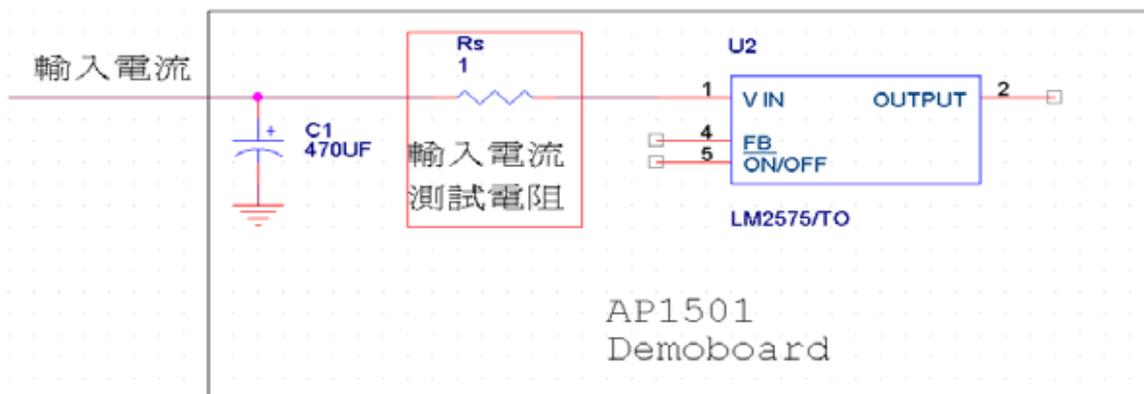
$$I_{cin.rms} = \sqrt{\frac{1}{T_s} [(I_o - DI_o)^2 \times DT_s + (DI_o)^2 \times (T_s - DT_s)]}$$

即：

$$I_{cin.rms} = I_o \sqrt{(1-D) \times D}$$

又因为有 $D = \frac{V_o}{V_{in}}$ ，所以得：

$$I_{cin.rms} = I_o \sqrt{\frac{(V_{in} - V_o)V_o}{V_{in}^2}}$$



Q1 电流 (I_{q1}) 波形：

