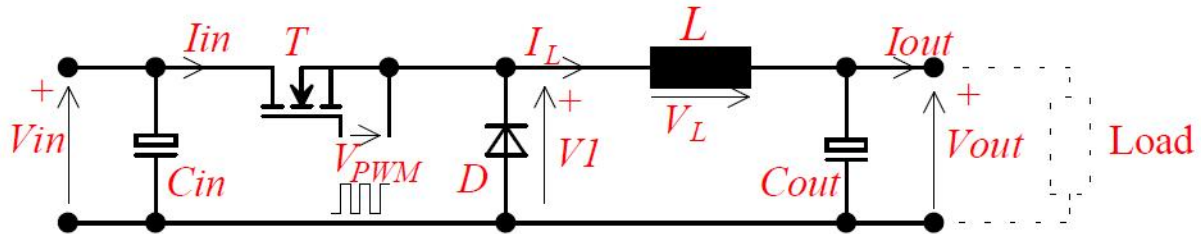


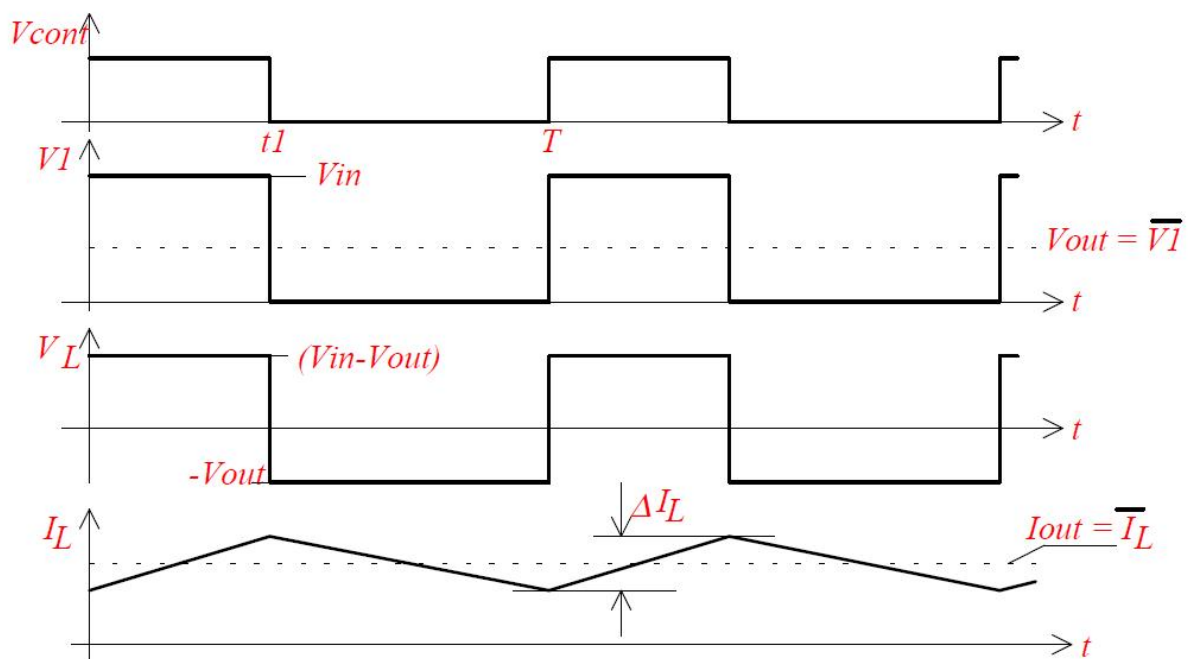
Buck-converter (Snižující měnič)

Buck-converter přeměňuje vstupní napětí na nižší výstupní napětí, také je nazýván **step-down converter**.



Obr. 1: Buck-converter

Obr. 1 ukazuje obvodové schéma snižujícího měniče. Tranzistor T pracuje jako spínač, který je spínán a vypínán šířkově modulovanými impulzy napětí V_{PWM} o vysoké frekvenci. Poměr $t1/T$ mezi dobou $t1$, po kterou je tranzistor sepnut, a periodou T se nazývá **duty cycle** (střída).



Obr. 2: Napětí a proudy buck-converteru

V následující analýze budeme předpokládat, že úbytek napětí na tranzistoru a na diodě je roven nule.

Během doby, kdy je tranzistor sepnut, je napětí V_L rovno V_{in} . Když je tranzistor rozepnut (blokovácí fáze), induktor L dál tlačí proud skrz zátěž, diodu a paralelně nabíjí kondenzátor C_{out} , následkem čehož napětí V_L klesne k nule. Napětí V_L zůstane nulové během doby, kdy je tranzistor rozepnut, za předpokladu, že proud I_L neklesne k nule. Tento režim činnosti se nazývá spojitý (continuous mode). V tomto režimu se napětí V_L mění mezi hodnotami V_{in} a nula v závislosti na střídě řídicího napětí V_{cont} (viz obr. 2).

Filtr typu dolní propust tvořený L a C_{out} vytváří průměrnou hodnotu V_L , takže ve spojitém režimu platí:

$$\boxed{V_{out} = \frac{t_1}{T} V_{in}}$$
 (1)

Ve spojitým režimu je výstupní napětí funkcí střídá a vstupního napětí a je nezávislé na zátěži.

Proud I_L protékající induktorem má trojúhelníkový tvar, jeho průměrná hodnota je určena zátěží. Zvlnění proudu špička-špička ΔI_L je závislé na indukčnosti L a může být vypočítáno pomocí Faradayova zákona:

$$V = L \frac{di}{dt} \rightarrow \Delta i = \frac{1}{L} \cdot V \cdot \Delta t \rightarrow \Delta I_L = \frac{1}{L} (V_{in} - V_{out}) \cdot t_1 = \frac{1}{L} V_{out} (T - t_1)$$

Pro $V_{out} = t_1/T \cdot V_{in}$ a spínací frekvenci f pro spojitý režim vyplývá:

$$\boxed{\Delta I_L = \frac{1}{L} (V_{in} - V_{out}) \cdot \frac{V_{out}}{V_{in}} \cdot \frac{1}{f}}$$
 (2)

- Zvlnění ΔI_L je nezávislé na zátěži.
- Průměrná hodnota proudu I_L je rovna výstupnímu proudu I_{out} .

Při nízkém proudu protékajícím zátěží, v případě, že $I_{out} \leq \Delta I_L/2$, proud I_L v každém cyklu klesá k nule. Tomuto režimu říkáme **nespojité režim** a výše uvedené výpočty pro něj neplatí.

Výpočet L a C_{out} :

Pro výpočet hodnoty L musíme zvolit realistické zvlnění proudu ΔI_L . Problém je následující: Pokud ΔI_L zvolíme velmi malé, hodnota L musí být velká a to vyžaduje těžký a drahý induktor. Pokud ΔI_L zvolíme příliš velké, vypínací proud tranzistoru bude velmi vysoký (což způsobí velké ztráty v tranzistoru). Dobrým kompromisem mezi těmito krajnostmi je $\Delta I_L \approx 0,2 \cdot I_{out}$.

Pro L vyplývá:

$$\boxed{L = \frac{1}{\Delta I_L} (V_{in} - V_{out}) \cdot \frac{V_{out}}{V_{in}} \cdot \frac{1}{f}}$$
 (3)

Poznámka překladatele:

Vztah (3) pro výpočet indukčnosti můžeme zjednodušit následovně. Dosadíme do (3) $T = 1/f$ a upravený vztah (1): $V_{out}/V_{in} = t_1/T$ a dostaneme:

$$L = (V_{in} - V_{out}) \cdot t_1 / \Delta I_L$$
 (4)

Budeme-li uvažovat střídá 50%, tj. $t_1 = T/2 = 1/2f$, můžeme vztah (5) přepsat následovně:

$$L = (V_{in} - V_{out}) / (\Delta I_L \cdot 2f)$$
 (5)

Maximální hodnota proudu induktorem je:

$$\hat{I}_L = I_{out} + \frac{1}{2}\Delta I_L$$

Za předpokladu, že zvlnění proudu induktorem je malé v porovnání se stejnosměrným proudem, efektivní hodnota proudu (RMS) tekoucího induktorem je dána vztahem:

$$I_{L(RMS)} \approx I_{out}$$

Kapacita výstupního kondenzátoru se obvykle volí s ohledem na mezní frekvenci filtru LC_{out} typu dolní propust, jež je řádově 100x až 1000x menší než je spínací frekvence. Přesný výpočet kapacity závisí na maximálním střídavém proudu a jeho sériové ekvivalentní impedanci Z_{max} , obojí můžeme zjistit z datasheetu. Zvlnění proudu ΔI_L způsobuje zvlnění napětí ΔV_{out} na výstupním kondenzátoru C_{out} . Pro běžné spínací frekvence toto zvlnění napětí je určeno ekvivalentní impedancí Z_{max} .

Poznámka překladatele: Pro ekvivalentní sériový odpor kondenzátoru se často používá zkratka ESR.

Zvlnění výstupního napětí je dáno Ohmovým zákonem:

$$\Delta V_{out} \approx \Delta I_L \cdot Z_{max}$$

Volba výstupního kondenzátoru nezávisí pouze na jeho kapacitě, ale na ESR pro danou spínací frekvenci, který zjistíme z datasheetu kondenzátoru.

Zdroj: <http://schmidt-walter.eit.h-da.de/>

Překlad: Ladislav Kopecký