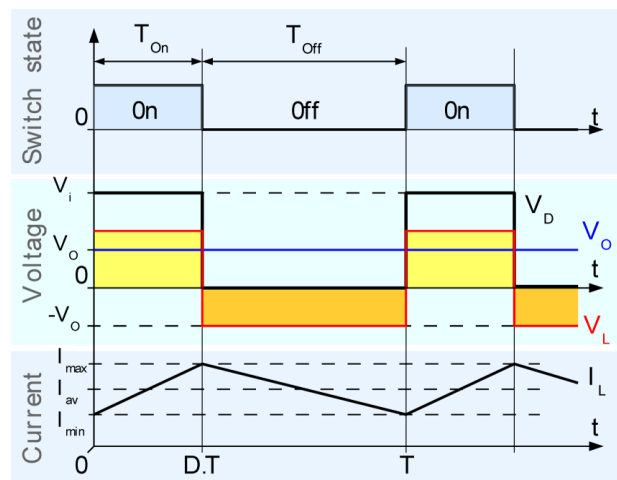
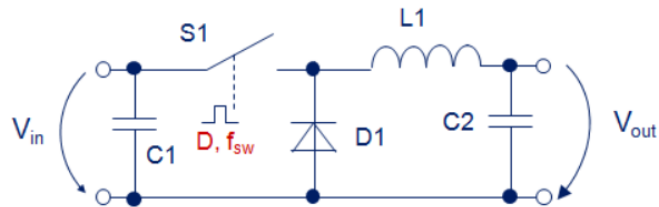


# Teljesítményelektronika

Mintafeladatok kapcsolóüzemű konverter tervezéséhez

## I. Feszültségcsökkentő (Buck) konverter:



- $V_{IN} = 40V$
- $D = 0,3$
- $P_{OUT} = 24W$
- $L1 = 50\mu H$
- $f_{SW} = 200kHz$
- $\Delta V_{OUT} = 100mV$

Válaszoljon az alábbi kérdésekre:

1.  $V_{OUT} = ?$
2.  $I_{OUT} = ?$
3. CCM vagy DCM üzemmód?
4. CCM és DCM üzemmód határán a  $P_{OUT} = ?$
5.  $ESR_{C2} = ?$
6.  $C2_{MIN} = ?$
7. A kapcsoló MOSFET és a dióda veszteségei (a dióda vezetésből zárásba történő átmenet veszteségei elhanyagolhatóak) = ?  
(MOSFET:  $t_{RISE} = 100ns$ ,  $t_{FALL} = 110ns$ ,  $R_{DS(on)} = 60m\Omega$ , Dióda:  $U_{Forward} = 0,4V$ )

$$1. V_{OUT} = V_{IN} * D = 40V * 0,3 = 12V$$

$$2. I_{OUT} = \frac{P_{OUT}}{V_{OUT}} = \frac{24W}{12V} = 2A$$

3. A CCM és DCM, vagyis a folyamatos és szaggatott üzemmód határára kerül a konverter, amikor a kimeneti terhelés csökkenése miatt az induktivitás áramának minimuma eléri a 0A-t. A Buck konverter kimeneti árama ekkor  $I_{0L} = \Delta I_{L1} / 2$ .

$$I_{0L} = \frac{V_{OUT} * (1-D)}{2 * L1 * f_{SW}} = \frac{12V * 0,7}{2 * 50\mu H * 200kHz} = 0,42A$$

Mivel  $I_{OUT} = 2A > I_{0L} = 0,42A$ , így CCM üzemmódban működik a konverter.

4. CCM és DCM üzemmód határán a kimeneti teljesítmény:

$$P_{OUT} = V_{OUT} * I_{0L} = 12V * 0,42A = 5,04W$$

$$5. ESR_{C2} \leq \frac{\Delta V_{OUT}}{2 * \Delta I_{L1}} \leq \frac{100mV}{2 * 0,84A} \leq 59m\Omega$$

6. Figyelembe véve a kimeneti kapacitás ESR értékét, a kívánt kimeneti feszültség hullámosság biztosítható a következő kimeneti kapacitással:

$$C2_{MIN} = \frac{\Delta I_{L1}}{8 * f_{SW} * (\Delta V_{OUT} - \Delta I_{L1} * ESR_{C2})} = 10,4\mu F$$

7. MOSFET:

$$P_{COND} = R_{DS(ON)} * I_D^2 * D = 60m\Omega * 2^2A * 0,3 = 72mW$$

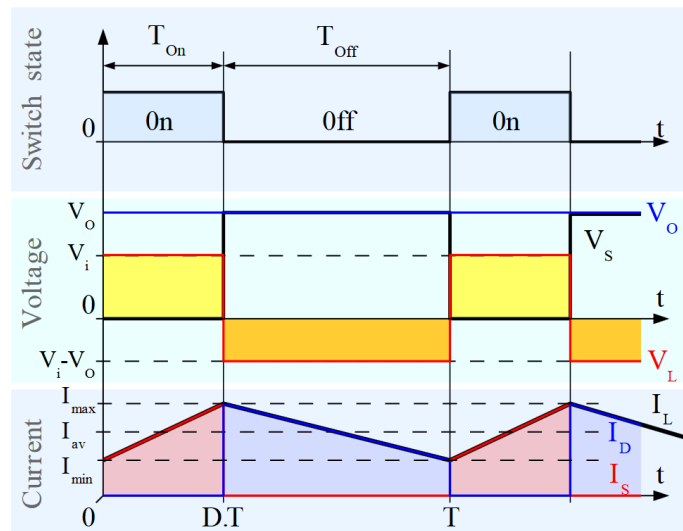
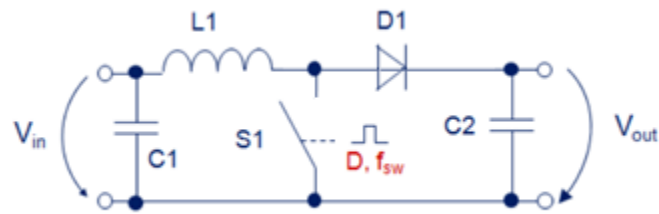
$$P_{SW} = \frac{U_{DS} * I_D}{2} * (t_{RISE} + t_{FALL}) * f_{SW} = \frac{40V * 2A}{2} * (210ns) * 200kHz = 1,68W$$

$$P_{MOSFET\ TOTAL} = P_{COND} + P_{SW} = 72mW + 1,68W = 1,752W$$

DIÓDA:

$$P_{DIODE} = U_{FORWARD} * I_D * (1 - D) = 0,4V * 2A * 0,7 = 560mW$$

## II. Feszültségnövelő (Boost) konverter:



- $V_{IN} = 12V$
- $D = 0,4$
- $P_{OUT} = 30W$
- $L1 = 50\mu H$
- $f_{SW} = 200kHz$
- $\Delta V_{OUT} = 100mV$

### Válaszoljon az alábbi kérdésekre:

1.  $V_{OUT} = ?$
2.  $I_{OUT} = ?$
3. CCM vagy DCM üzemmód?
4. CCM és DCM üzemmód határán a  $P_{OUT} = ?$
5.  $ESR_{C2} = ?$
6.  $C2_{MIN} = ?$
7. A kapcsoló MOSFET és a dióda veszteségei (a dióda vezetésből zárásba történő átmenet veszteségei elhanyagolhatóak) = ?  
(MOSFET:  $t_{RISE} = 100ns$ ,  $t_{FALL} = 110ns$ ,  $R_{DS(on)} = 60m\Omega$ , Dióda:  $U_{Forward} = 0,4V$ )

$$1. V_{OUT} = V_{IN} * \frac{1}{1-D} = 12V * \frac{1}{0,6} = 20V$$

$$2. I_{OUT} = \frac{P_{OUT}}{V_{OUT}} = \frac{30W}{20V} = 1,5A$$

3. A CCM és DCM, vagyis a folyamatos és szaggatott üzemmód határára kerül a konverter, amikor a kimeneti terhelés csökkenése miatt az induktivitás áramának minimuma eléri a 0A-t. A Boost konverter kimeneti árama ekkor  $I_{OL} = \Delta I_{L1} / 2 * (1-D)$ .

$$I_{OL} = \frac{V_{OUT} * D * (1-D)^2}{2 * L1 * f_{SW}} = \frac{20V * 0,4 * 0,6^2}{2 * 50\mu H * 200kHz} = 0,144A$$

Mivel  $I_{OUT} = 1,5A > I_{OL} = 0,144A$ , így CCM üzemmódban működik a konverter.

4. CCM és DCM üzemmód határán a kimeneti teljesítmény:

$$P_{OUT} = V_{OUT} * I_{OL} = 20V * 0,144A = 2,88W$$

$$5. ESR_{C2} \leq \frac{\Delta V_{OUT}}{2 * \Delta I_{L1}} \leq \frac{100mV}{2 * 0,48A} \leq 104m\Omega$$

6. A kimeneti C2 kapacitásnak az S1 kapcsoló zárt állapotakor teljes mértékben ki kell tudnia szolgálni a terhelést:

$$C2_{MIN} = \frac{I_{OUT} * t_{ON}}{\Delta V_{OUT}} = \frac{1,5A * (5\mu s * 0,4)}{100mV} = 30\mu F$$

7. MOSFET:

$$P_{COND} = R_{DS(ON)} * I_D^2 * D = 60m\Omega * 1,5^2 A * 0,4 = 54mW$$

$$P_{SW} = \frac{U_{DS} * I_D}{2} * (t_{RISE} + t_{FALL}) * f_{SW} = \frac{20V * 1,5A}{2} * (210ns) * 200kHz = 630mW$$

$$P_{MOSFET TOTAL} = P_{COND} + P_{SW} = 54mW + 630mW = 684mW$$

DIÓDA:

$$P_{DIODE} = U_{FORWARD} * I_D * (1 - D) = 0,4V * 1,5A * 0,6 = 360mW$$