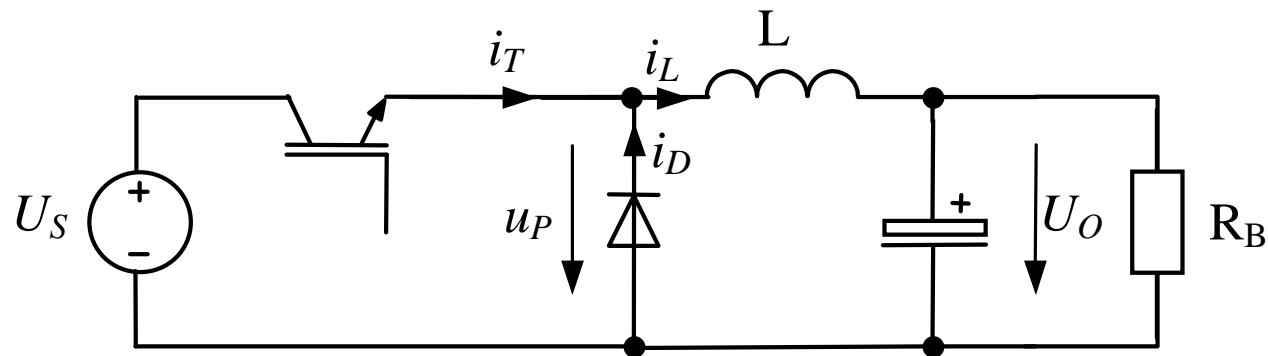


Pretvornik navzdol

(angl: step down, buck converter, nem: Tiefsetzsteller)

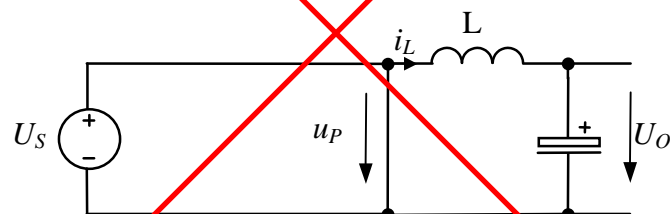
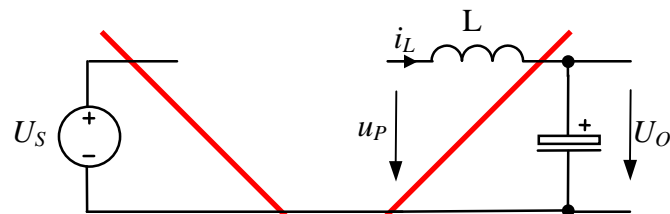
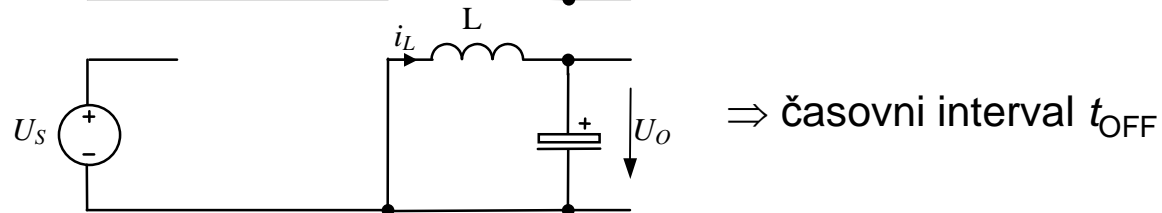
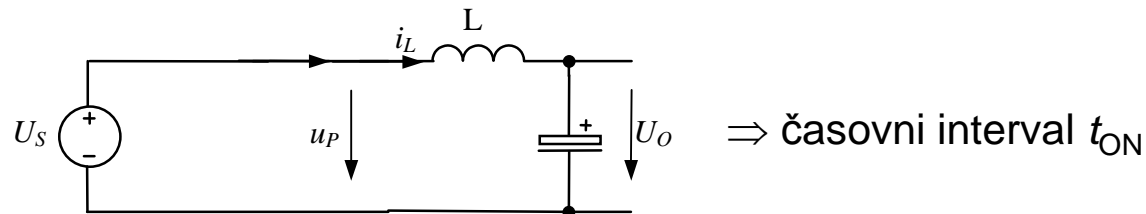
- pretvorniško vezje za pretvorbo električne energije med dvema enosmernima tokokrogoma ($U_S > U_O$), enosmerni pretok energije



- pri analizi vezja velja:
 - da so vsi elementi idealni (brez izgub, elementi nimajo parazitnih komponent kot je npr. induktivnost pri R_B),
 - tranzistor in dioda prevajata tok le v eni smeri.

Pretvornik navzdol – zvezni režim (netrzan tok)

- tok skozi dušilko je vedno večji od nič. Ko je tranzistor izklopljen teče tok skozi diodo, v nasprotnem primeru teče tok dušilke skozi tranzistor \Rightarrow analizo vezja opravimo ločeno za posamezen časovni interval.



$$T_S = t_{ON} + t_{OFF}$$

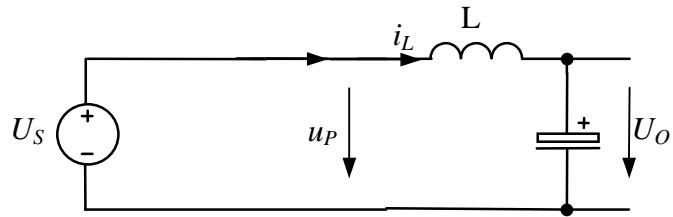
$$D = \frac{t_{ON}}{T_S}$$

$$t_{ON} = DT_S$$

$$t_{OFF} = (1 - D)T_S$$

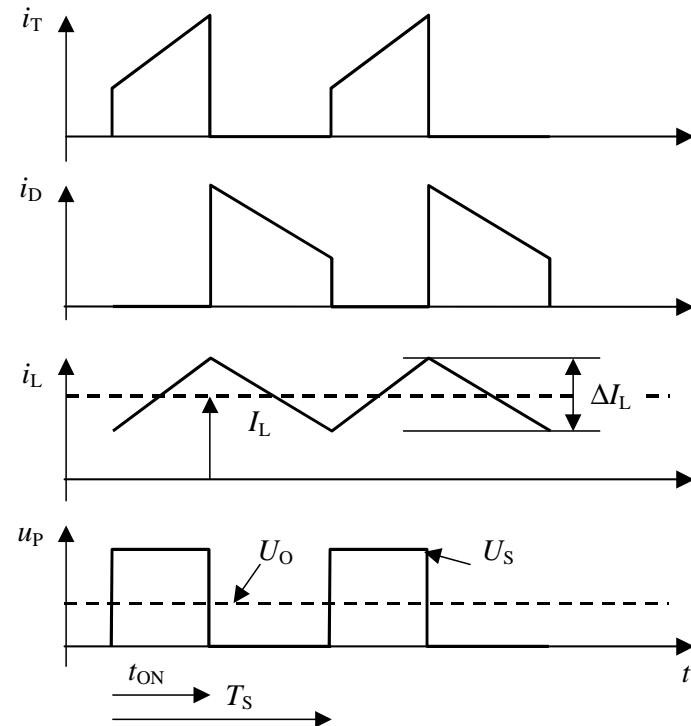
Pretvornik navzdol – zvezni režim (netrgan tok)

⇒ časovni interval t_{ON}



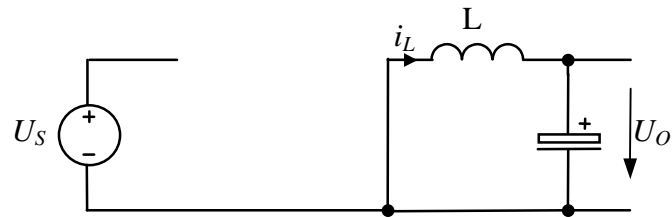
$$u_L = L \frac{di_L}{dt} \Rightarrow \Delta I_L = \frac{u_L}{L} \Delta T$$

$$\Delta I_L(+)= \frac{U_S - U_O}{L} t_{ON}$$



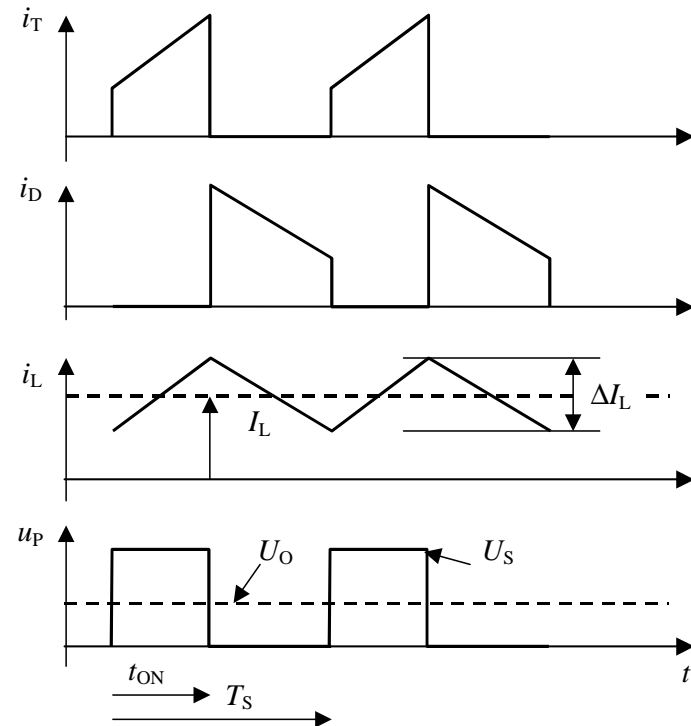
Pretvornik navzdol – zvezni režim (netrgan tok)

⇒ časovni interval t_{OFF}



$$u_L = -U_o$$

$$\Delta I_L(-) = \frac{U_o}{L} t_{OFF}$$



Pretvornik navzdol – zvezni režim (netrgan tok)

$$\underline{\Delta I_L(+)} = \Delta I_L(-)$$

⇓

$$U_o = U_s D$$

- izhodna napetost je vedno manjša, kvečjemu enaka vhodni napetosti, saj velja $0 \leq D \leq 1$,
- izhodna napetost je premosorazmerna vhodni napetosti in vklopnemu razmerju D ,
- izhodna napetost je neodvisna od bremena.

⇓

Pretvornik navzdol – zvezni režim (netrgan tok)

$$u_{P,AVG} = U_o$$

- izhodna napetost je enaka srednji vrednosti napetosti u_p (izraženo prek preklopne periode T_s), ki je pripeljana na izhodni filter sestavljen iz dušilke L in kondenzatorja C

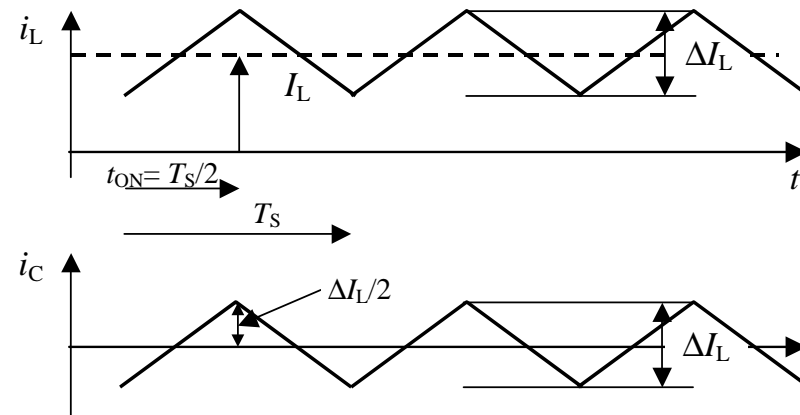
$$I_L = I_o = \frac{U_o}{R_B}$$

- če predpostavimo $u_0 = \text{konst.} \Rightarrow \frac{\Delta I_L}{2} = \frac{\Delta I_C}{2}$
- vendar, ker je $i_C \neq 0$, predpostavka $u_0 = \text{konst.}$ ne velja povsem

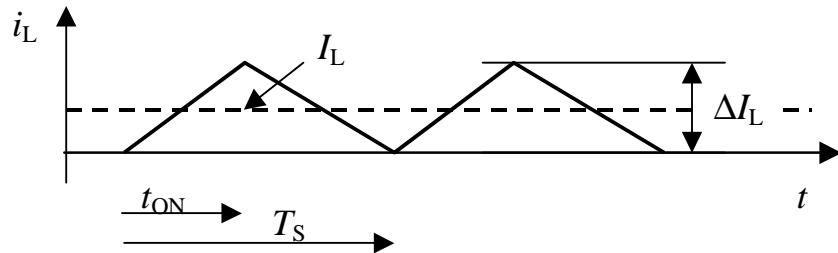


- ali valovitost napetosti lahko zanemarimo?

$$\Delta U_o = \frac{I_{AVG} \cdot T_s / 2}{C} = \frac{\Delta I \cdot T_s}{8 \cdot C} = \frac{\Delta I}{8 \cdot f_s \cdot C}$$

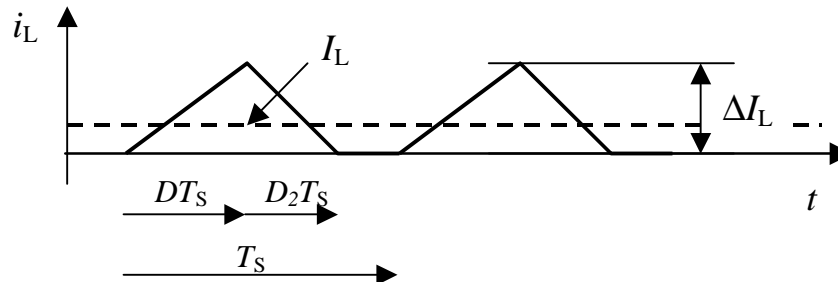


Pretvornik navzdol – nezvezni režim (trgan tok)



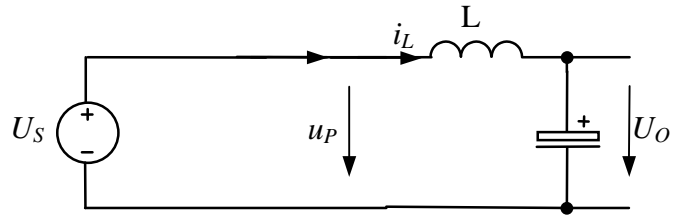
- z razbremenitvijo pretvornika (z večanjem R_B) se tok I_L manjša. Valovitost toka ostaja pri tem enaka ($D=\text{konst.}$)

- **mejni primer** med zveznim in nezveznim režimom

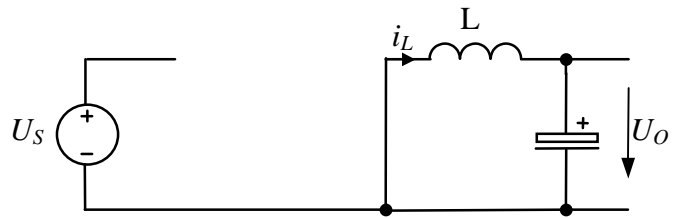


- **nezvezni režim (trgan tok)**

Pretvornik navzdol – nezvezni režim (trgan tok)

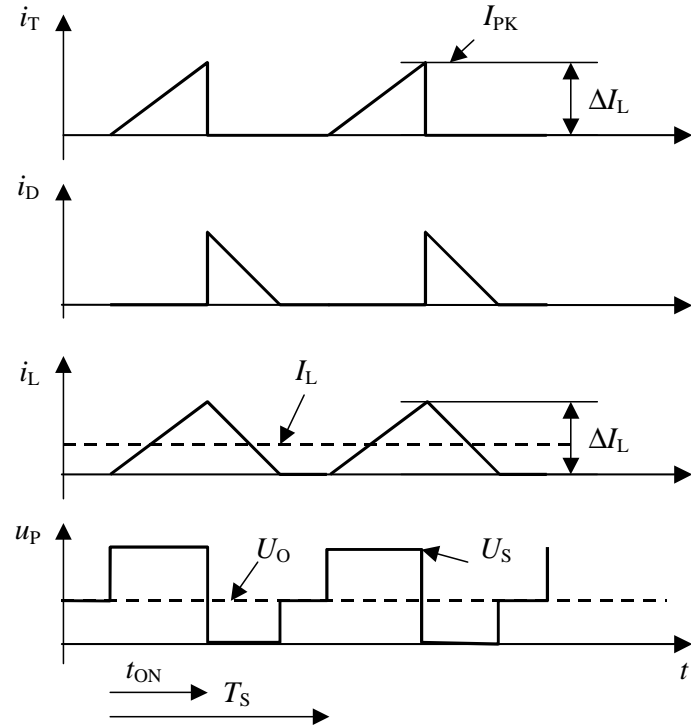


$$\Delta I_L(+) = \frac{U_S - U_O}{L} t_{ON} = \frac{U_S - U_O}{L} D T_S = I_{PK}$$



$$\Delta I_L(-) = \frac{U_O}{L} t_{OFF} \quad t_{OFF} \neq (1-D)T_S$$

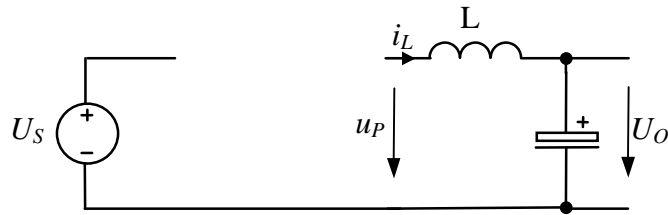
$t_{OFF} = D_2 T_S$



$$\Delta I_L(+) = \Delta I_L(-) \Rightarrow U_O = U_S \frac{t_{ON}}{t_{ON} + t_{OFF}} = U_S \frac{D}{D + D_2}$$

1

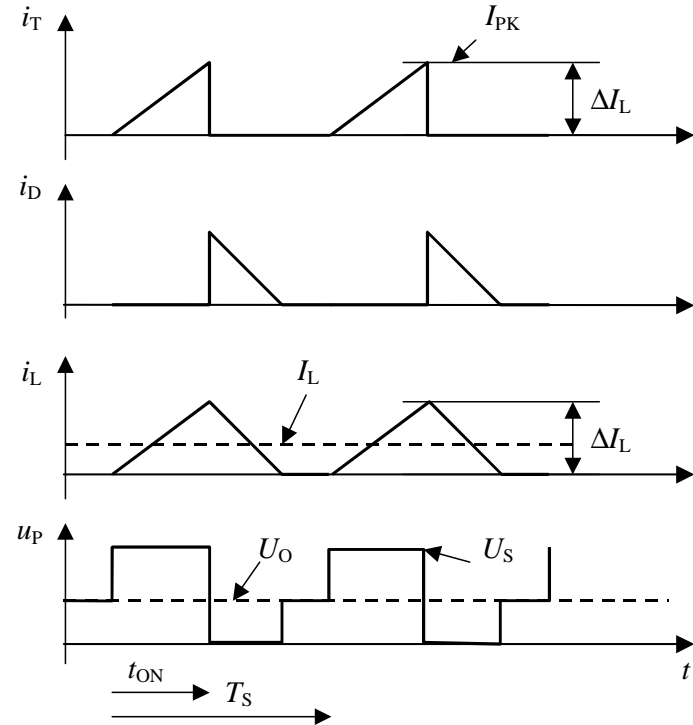
Pretvornik navzdol – nezvezni režim (trgan tok)



⇒ eliminacija D_2

$$I_O = I_L = \frac{U_O}{R_B} = \frac{I_{PK}}{2} \cdot \frac{DT_S + D_2 T_S}{T_S}$$

$$I_O = \frac{U_O}{R_B} = (U_S - U_O) \cdot \frac{DT_S}{2L} (D + D_2) \quad 2$$

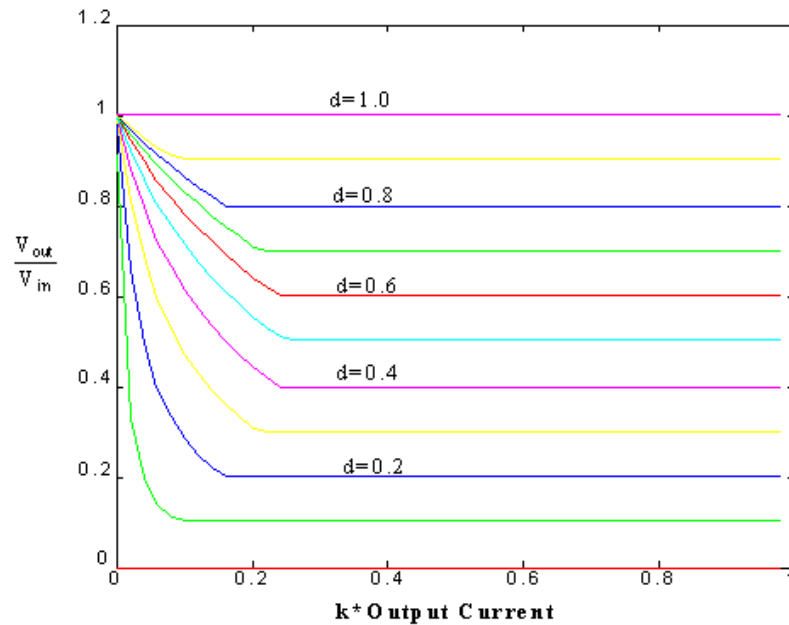


$$U_O = U_S \frac{2}{1 + \sqrt{1 + \frac{4K}{D^2}}}$$

$$K = \frac{2L}{R_B \cdot T_S}$$

- izhodna napetost izkazuje nepremosorazmerno odvisnost od vklopnega razmerja,
- izhodna napetost je odvisna tudi od obremenitve pretvornika (R_B).

Pretvornik navzdol – bremenska karakteristika



- podaja odvisnost izhodne napetosti od bremenskega toka pri določenem D
- z regulacijskega stališča je obratovanje v obeh režimih oteženo, saj se pretvorniškemu vezju spreminja značaj (red prenosne funkcije!)
- Od tu želja, da obratujemo zgolj v enem izmed režimov ne glede na obremenitev, ponavadi v zveznem.

- Pri podani induktivnosti dušilke izračunamo minimalno obremenitev oziroma \Rightarrow

$$I_{O,KRIT} = \frac{\Delta I}{2} = \frac{U_o(1-D)T_s}{2L} = \frac{U_s(1-D)D \cdot T_s}{2L}$$

\Rightarrow določimo minimalno induktivnost, ki pri znani minimalni obremenitvi, zagotavlja delovanje v zveznem režimu

$$L = \frac{U_s(1-D)D \cdot T_s}{2I_{O,KRIT}}$$