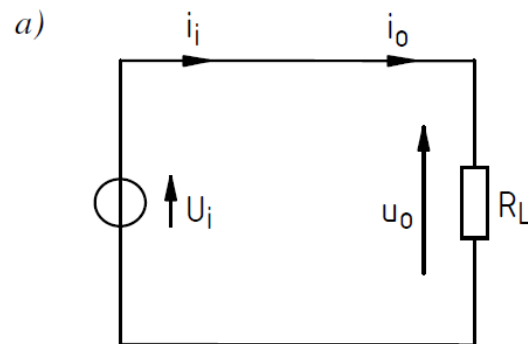
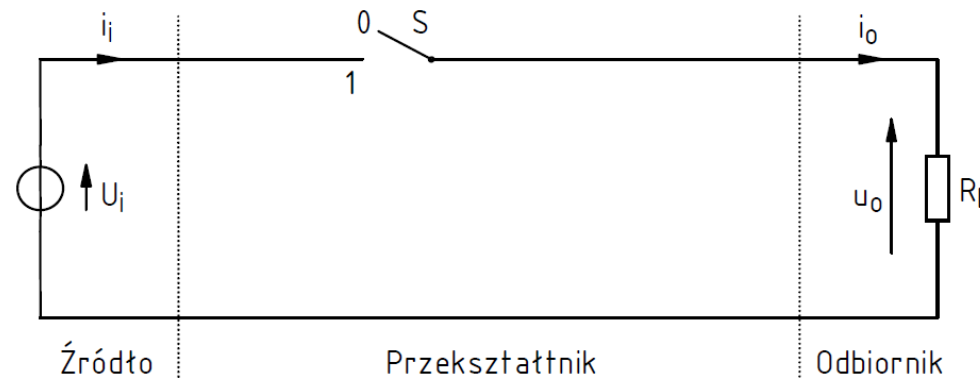
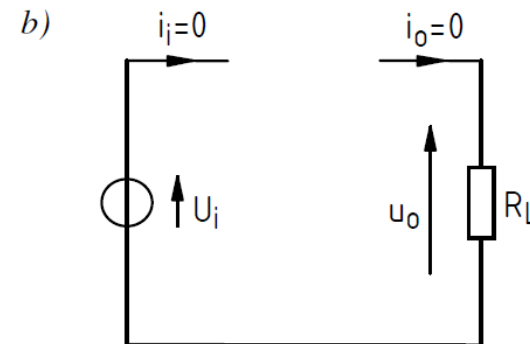


Przerywacz napięcia stałego

- Efektywna topologia układu zmienia się w zależności od stanu łącznika



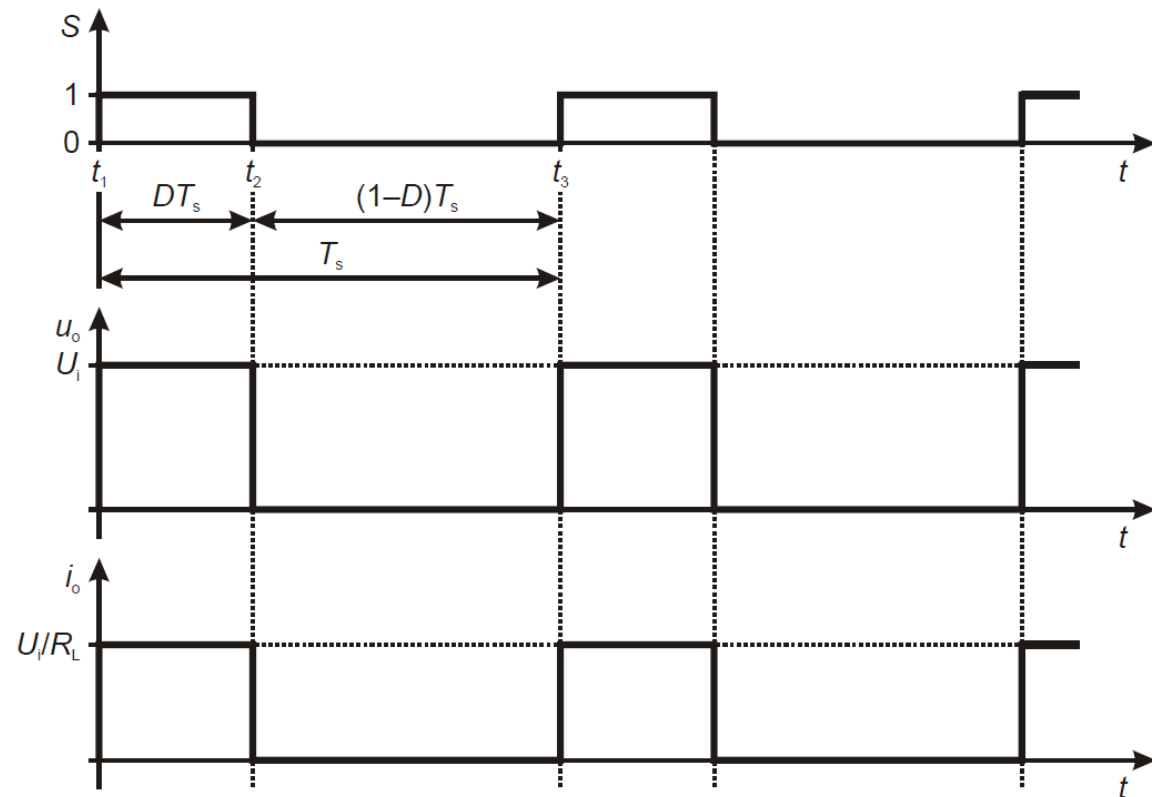
$$u_o = U_i$$



$$u_o = i_o R_L = 0$$

Napięcie wyjściowe przerywacza prądu stałego

- Przełączanie łącznika powoduje **zmianę składowej stałej** napięcia wyjściowego



- Składowa stała napięcia wyjściowego

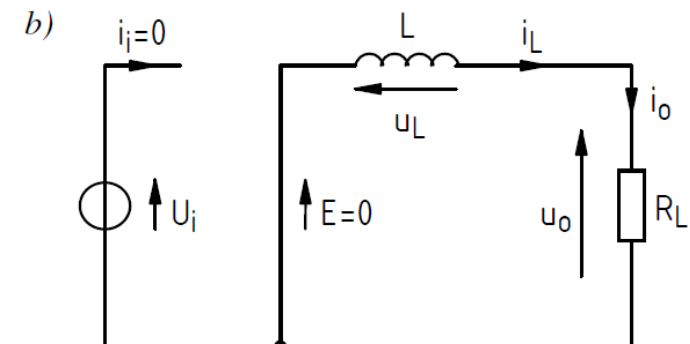
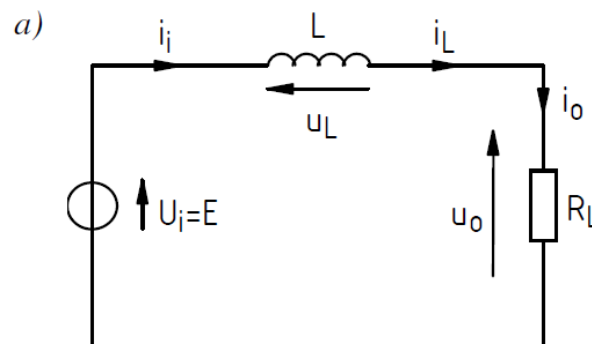
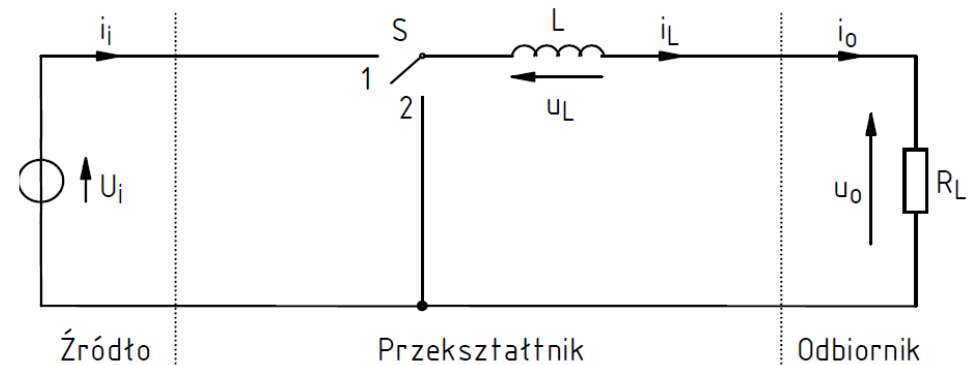
$$\begin{aligned}
 u_{o(av)} &= \frac{1}{T_s} \int_{T_s} u_o dt = \frac{1}{T_s} \int_{t_1}^{t_3} u_o dt = \frac{1}{T_s} \left(\int_{t_1}^{t_2} u_o dt + \int_{t_2}^{t_3} u_o dt \right) = \frac{1}{T_s} \left(\int_{t_1}^{t_2} U_i dt + \int_{t_2}^{t_3} 0 dt \right) = \\
 &= \frac{1}{T_s} \left(U_i \int_{t_1}^{t_2} dt + 0 \int_{t_2}^{t_3} dt \right) = \frac{1}{T_s} [U_i \cdot (t_2 - t_1) + 0 \cdot (t_3 - t_2)] = \frac{1}{T_s} \cdot U_i \cdot DT_s = DU_i
 \end{aligned}$$

Zapewnienie nieprzerwanego przekazu energii za pomocą dławika

- Większość układów wymaga ciągłego zasilania
 - dławik** (choke) – cewka o indukcyjności na tyle dużej, że **przepływ prądu staje się ciągły**
- Z zasady zachowania energii wynika, że **prąd cewki nie może się zmienić skokowo**

$$W_L = \frac{Li_L^2}{2}$$

- należy zapewnić ścieżkę dla prądu przez cały okres \Rightarrow **łącznik dwupozycyjny**



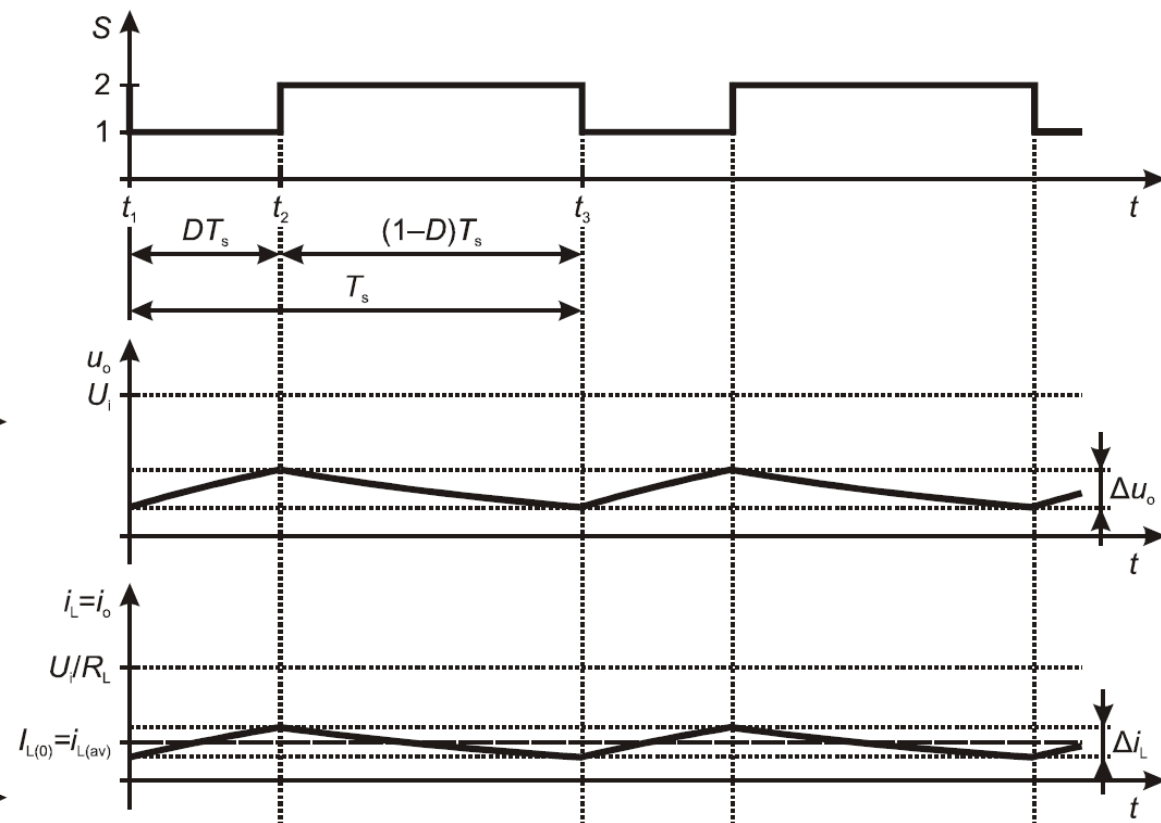
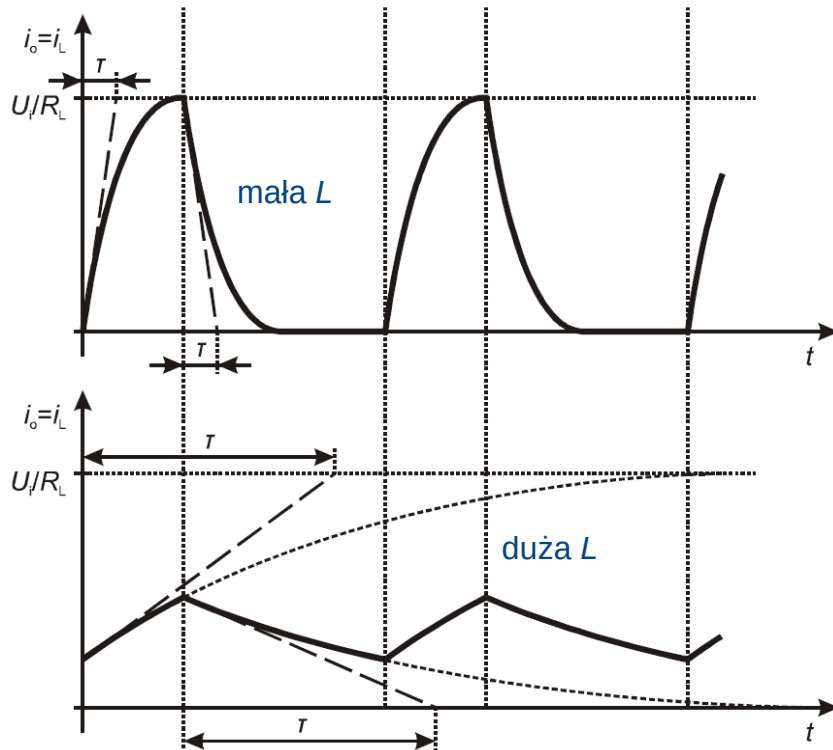
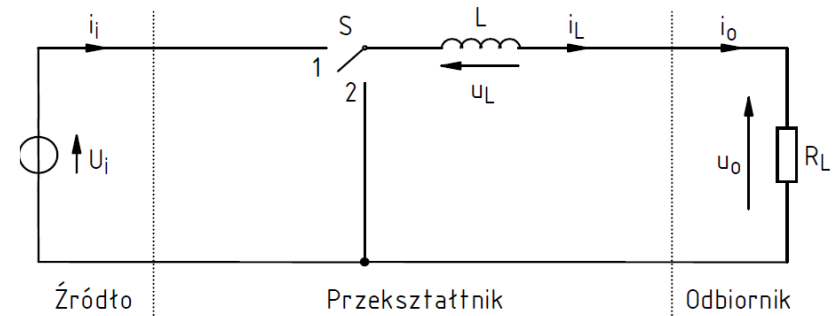
Prąd dławika

$$R_L i_o + L \frac{di_o}{dt} - E = 0$$

$$u_L = L \frac{di_L}{dt}$$

$$i_o(t) = i_o(t_0) + \left(\frac{E}{R_L} - i_o(t_0) \right) \cdot \left(1 - e^{-\frac{t-t_0}{\tau}} \right)$$

$$\tau = \frac{L}{R_L}$$



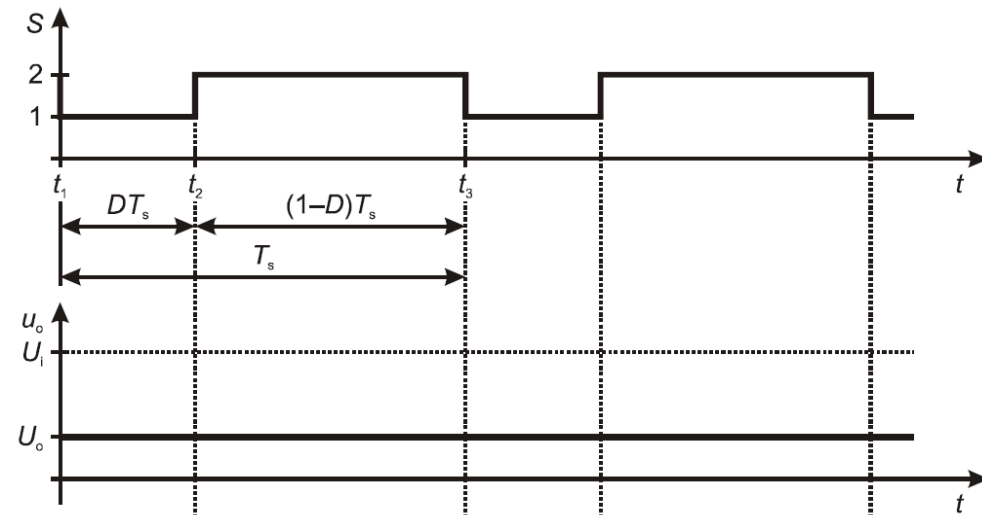
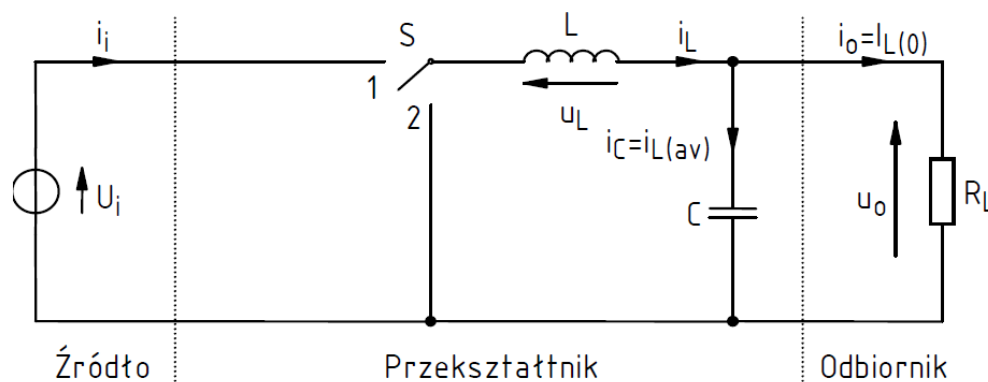
Zmniejszenie tętnienia napięcia wyjściowego za pomocą kondensatora

- Z zasady zachowania energii wynika, że **napięcie kondensatora nie może się zmienić skokowo**

$$W_C = \frac{Cu_C^2}{2}$$

- Kondensator zmniejsza **tętnienie napięcia**

$$\Delta u(\Delta t) = \frac{1}{C} \int_{\Delta t} i dt = \frac{\Delta Q(\Delta t)}{C}$$



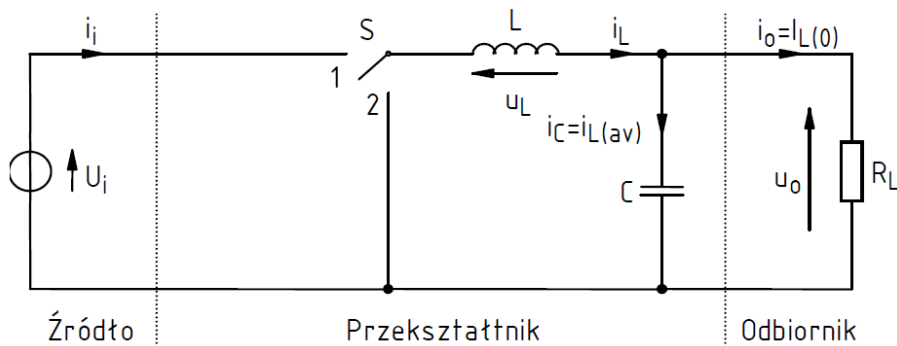
$$C \rightarrow \infty \Rightarrow \Delta u \rightarrow 0$$

$$u_o = U_{o(0)} + u_{o(a)} \rightarrow U_{o(0)} = D U_i$$

Prąd kondensatora

- Do kondensatora trafia **składowa przemienna prądu** dławika

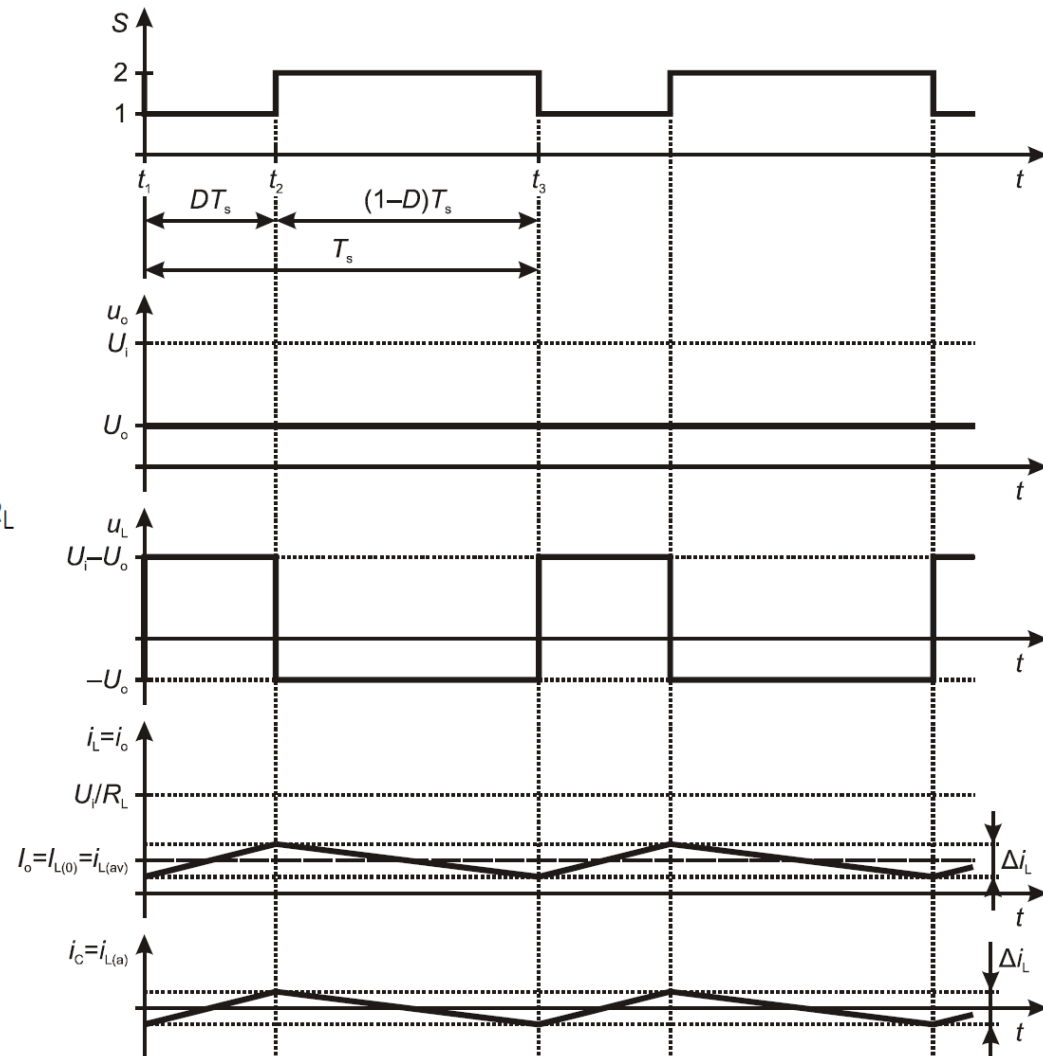
- dla idealnego kondensatora przy $C \rightarrow \infty$ – cała składowa przemienna



$$|Z_C| = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$I_{C(0)} = 0 \quad i_{C(a)} \approx i_{L(a)}$$

$$I_{o(0)} = I_{L(0)} \quad i_{o(a)} \approx 0$$



Praca dławika

- **Stan ustalony** \equiv energia elementów nie zmienia się z okresu na okres

$$W_L(t) = W_L(t + T_s)$$

$$\frac{Li_L^2(t_1)}{2} = \frac{Li_L^2(t_3)}{2}$$

$$i_L(t_1) = i_L(t_3)$$

$$u_L = L \frac{di_L}{dt}$$

$$u_{L1} = U_i - U_o$$

$$u_{L2} = -U_o$$

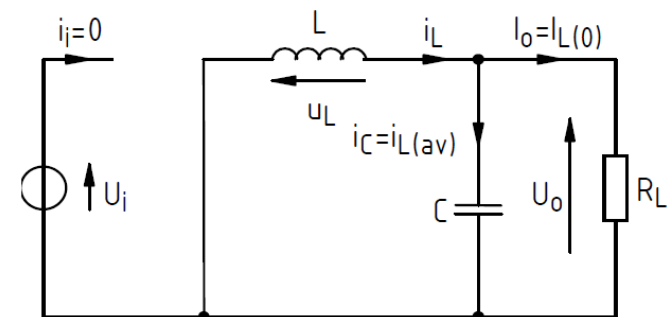
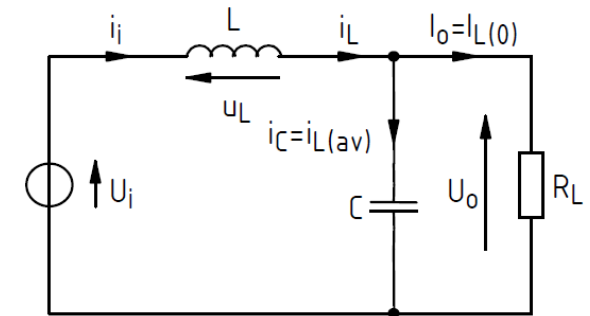
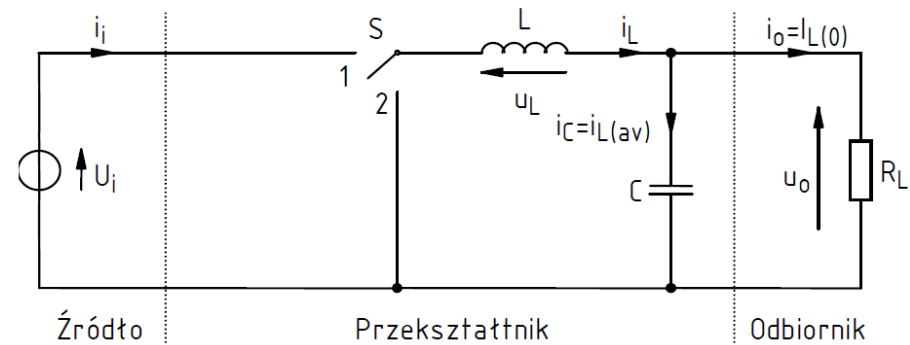
- Napięcie jest odcinkami stałe
 \Rightarrow **prąd jest odcinkami liniowy**

$$\left(\frac{di_L}{dt} \right)_1 = \frac{U_i - U_o}{L}$$

$$\left(\frac{di_L}{dt} \right)_2 = \frac{-U_o}{L}$$

$$(\Delta i_L)_1 = \frac{(U_i - U_o) \cdot DT_s}{L}$$

$$(\Delta i_L)_2 = \frac{(-U_o) \cdot (1 - D)T_s}{L}$$



Charakterystyka przetwarzania napięcia

- Z warunku **stanu ustalonego dla dławika**

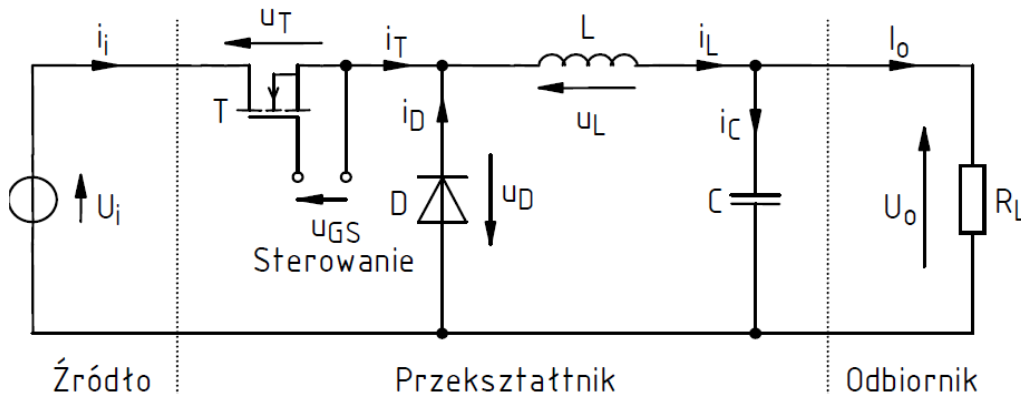
$$(\Delta i_L)_1 = \frac{(U_i - U_o) \cdot DT_s}{L}$$

$$(\Delta i_L)_2 = \frac{(-U_o) \cdot (1 - D)T_s}{L}$$

$$(U_i - U_o) \cdot D = U_o \cdot (1 - D)$$

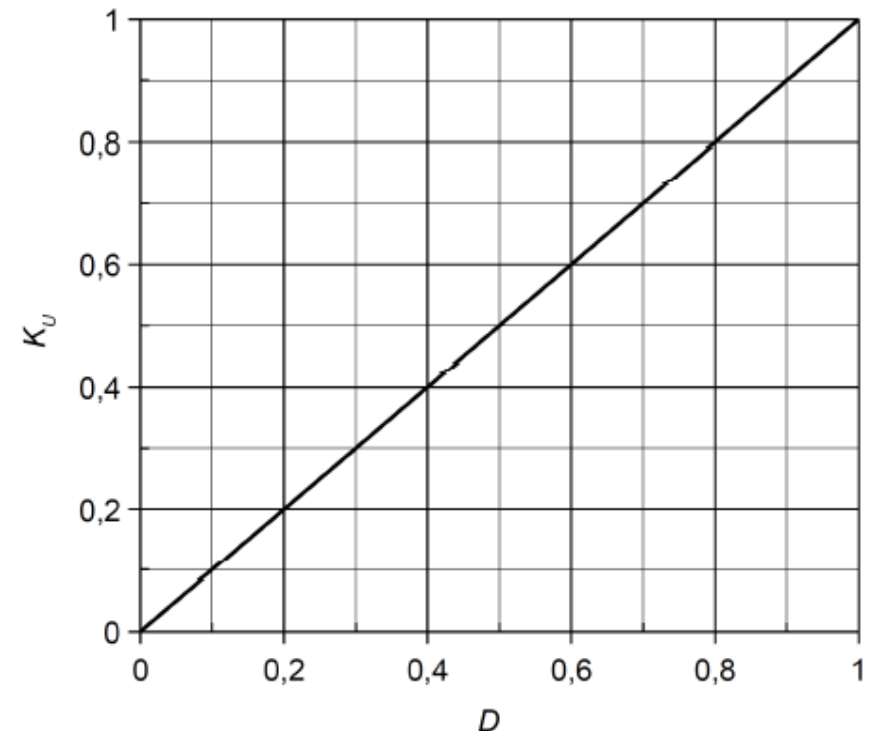
$$U_o = DU_i$$

$$K_U = \frac{\Delta U_o}{U_i} \quad K_{U(id)} = \frac{DU_i}{U_i} = D$$



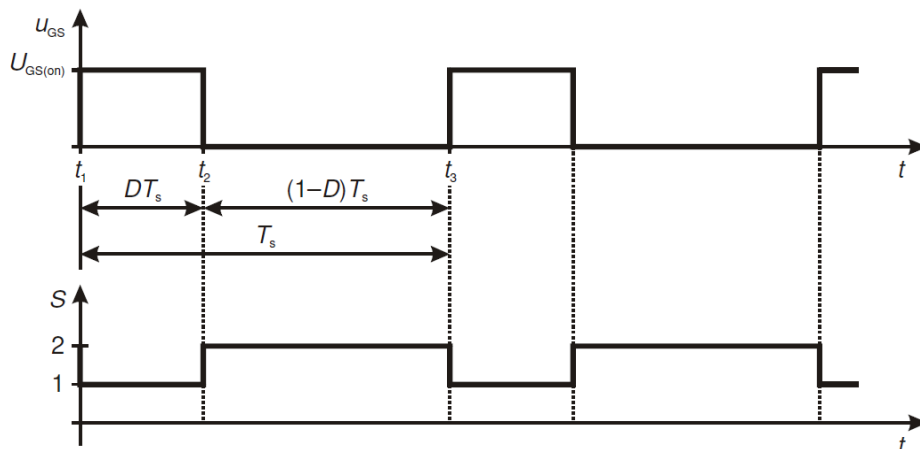
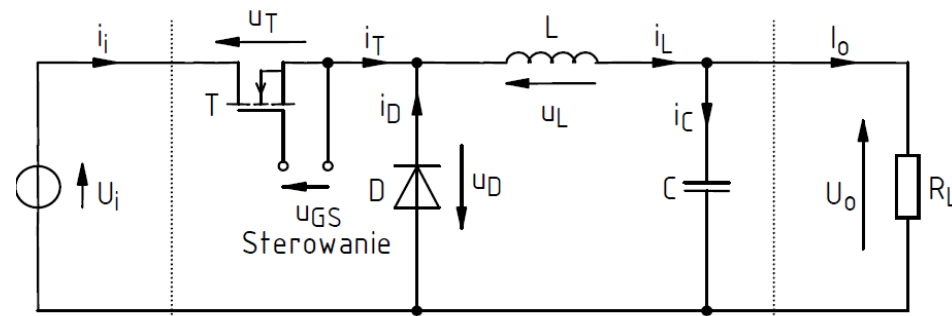
- Dławik i kondensator mogą być rozpatrywane jako **dolnoprzepustowy filtr napięcia II rzędu**

- ♦ redukują tętnienie napięcia wyjściowego
- ♦ $L, C \rightarrow \infty: u_o = \text{const} = u_{o(av)} = U_o$



Zasada działania półprzewodnikowego łącznika dwupozycyjnego

- Sterowanie poprzez bramkę tranzystora
- Stan diody stanowi zawsze **dopełnienie** stanu tranzystora
 - ♦ wynika z topologii i działania obwodu



- Takt 1: T załączony
 - ♦ $u_D = -U_i + u_T$
 - ♦ $u_D < 0$
 - ♦ dioda wyłączona
- Początek taktu 2: T wyłączony
 - ♦ $R_{DS} \nearrow \Rightarrow u_T \nearrow$
 - ♦ $u_T > U_i + U_{F(TO)}$
 - ♦ $u_D > U_{F(TO)}$
 - ♦ dioda załączona
- Takt 2: T wyłączony
 - ♦ stan przewodzenia diody podtrzymywany przez dławik
- Początek taktu 1: T załączony
 - ♦ $R_{DS} \searrow \Rightarrow u_T \searrow \Rightarrow u_D < 0$
 - ♦ dioda wyłącza się

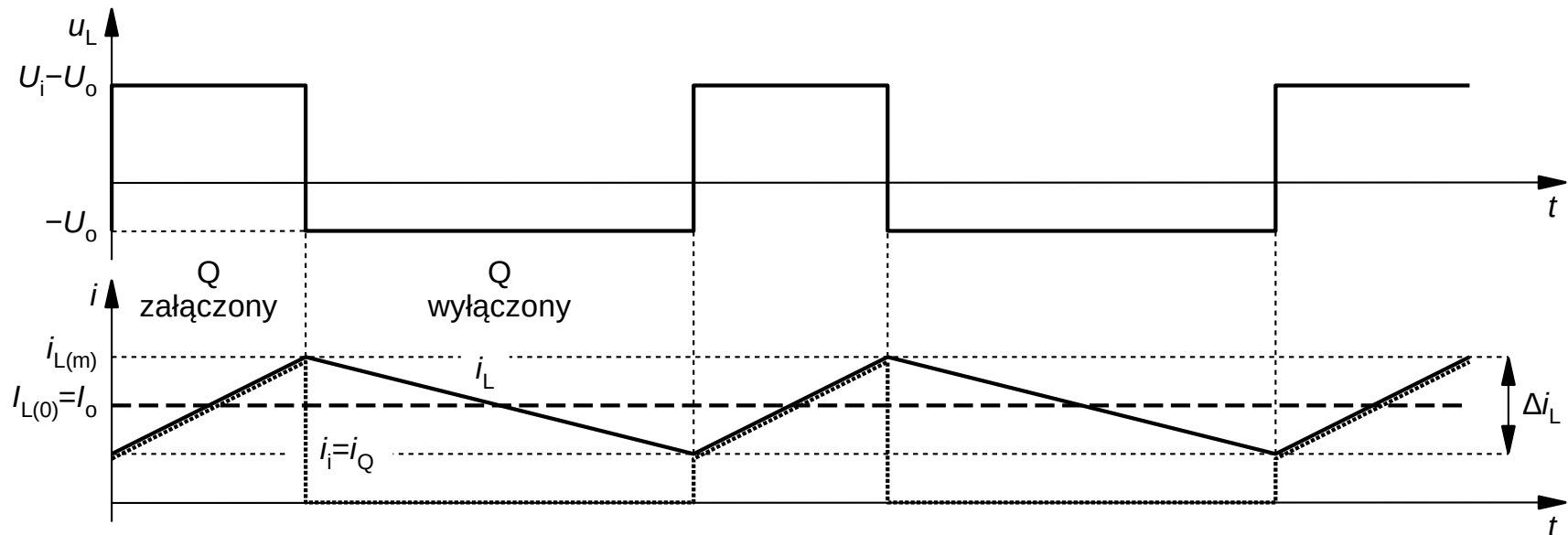
Składowa stała prądu wejściowego

$$I_{i(0)} = i_{i(av)} = \frac{1}{T_s} \int_{DT_s} i_i dt = \frac{1}{T_s} \cdot \left(\int_{DT_s} i_L dt + \int_{(1-D)T_s} 0 dt \right) = \frac{1}{T_s} \int_{DT_s} i_L dt$$

$$I_{i(0)} = D \cdot \frac{1}{DT_s} \int_{DT_s} i_L dt \quad I_{i(0)} = D \cdot i_{L(av)} = DI_{L(0)}$$

- Zależność prawdziwa zarówno dla przetwornicy idealnej (bezstratnej) jak i rzeczywistej (stratnej), dla każdej topologii

$$I_{i(0)} = DI_o = K_I I_o$$



Kondensator wejściowy

- Konieczny dla minimalizacji tętnienia napięcia wejściowego ze względu na **niezerową impedancję**:

- źródła
- połączeń

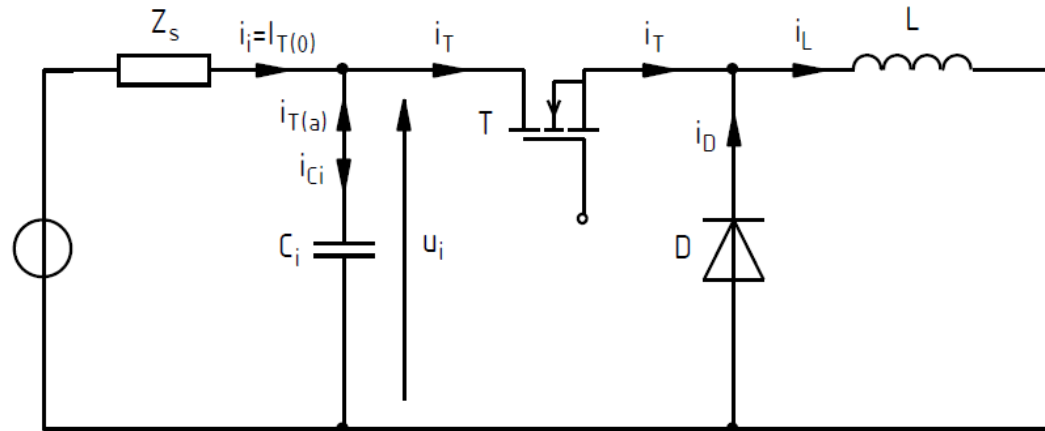
$$i_L = I_{L(0)} + i_{L(a)} \approx I_{L(0)} = I_o$$

$$i_{T(a)} = -i_{Ci} \quad i_i = I_{T(0)}$$

$$i_T = I_{T(0)} + i_{T(a)} = i_i - i_{Ci}$$

$$i_{Ci} = i_i - i_T = I_{T(0)} - i_T = DI_o - i_T$$

$$i_{Ci} = \begin{cases} DI_o - I_o = (D-1)I_o & \text{na odcinku } DT_s \\ DI_o - 0 = DI_o & \text{na odcinku } (1-D)T_s \end{cases}$$



$$\Delta u_i = \Delta u_{Ci} = \frac{\int i_{Ci} dt}{C_i} = \frac{1}{C_i} \int_{(1-D)T_s}^{DT_s} DI_o dt = \frac{DI_o}{C_i} \int_{(1-D)T_s}^{DT_s} dt = \frac{D(1-D)I_o T_s}{C_i} = \frac{D(1-D)I_o}{f_s C_i}$$

Współczynnik przetwarzania napięcia układu stratnego

- Dla każdej przetwornicy

$$P_i = \frac{1}{T_s} \int_{T_s} U_i i_i dt = U_i \cdot \frac{1}{T_s} \int_{T_s} i_i dt = U_i i_{i(av)} = U_i I_{i(0)}$$

$$P_i = \frac{P_o}{\eta} \quad U_i I_{i(0)} = P_i = \frac{P_o}{\eta} = \frac{U_o I_o}{\eta} \quad I_{i(0)} = \frac{P_o}{\eta U_i} = \frac{U_o}{U_i} \frac{I_o}{\eta} = I_o \frac{K_U}{\eta}$$

- Przetwornica obniżająca

$$U_i D I_{L(0)} = \frac{U_o I_{L(0)}}{\eta}$$
$$K_U = \frac{U_o}{U_i} = \eta D \quad K_U = \eta K_{U(id)}$$

- W celu uzyskania pożądanego napięcia wyjściowego:
 - ♦ współczynnik wypełnienia musi być większy od wynikającego z równania przetwornicy idealnej
 - ♦ co spowoduje także zwiększenie składowej stałej prądu wejściowego

Plan realizacji

- Tydzień 3
 - ♦ Zadanie 1. Parametry obwodu mocy
- Tydzień 4
 - ♦ Zadanie 2. Wybór elementów obwodu mocy
 - ♦ Zadanie 3. Płytką drukowana
- Tydzień 5
 - ♦ Zadanie 4. Bezpieczeństwo pracy
 - ♦ Zadanie 5. Wartości elementów generatora
- Tygodnie 12-13
 - ♦ Montaż
 - ♦ Zadanie 6. Sprawdzenie montażu
- Tygodnie 14-15
 - ♦ Zadanie 7. Uruchomienie obwodu sterowania
 - ♦ Zadanie 8. Uruchomienie obwodu mocy
 - ♦ Pomiar – ćwiczenie 3U

Warunki realizacji

- Indywidualne parametry dla każdego zespołu
- Elementy zostaną zakupione o ile ostatecznie zatwierdzona przez prowadzącego lista wpłynie w określonym terminie
 - ♦ W przeciwnym razie konieczny będzie zakup we własnym zakresie
- Montaż wyłącznie w laboratorium
 - ♦ Układy można zabrać dopiero w chwili odnotowania przez prowadzącego faktu pomyślnego uruchomienia
- Uruchomienie konieczne dla wykonania ćwiczenia 3U
- Raportowanie: według szablonu sprawozdania
 - ♦ Ten raport wyjątkowo można wypełnić w dowolny sposób, również przez załączenie ręcznych notatek lub arkusza kalkulacyjnego