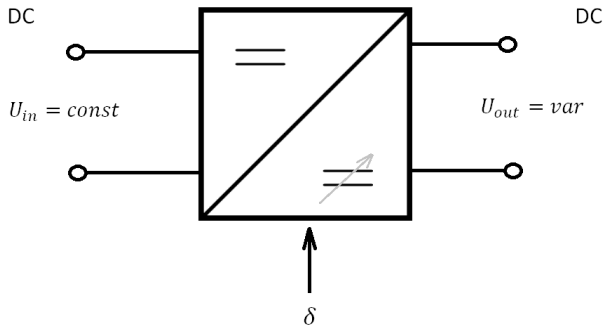


① Tyrystorowe regulatory impulsowe napięcia stałego

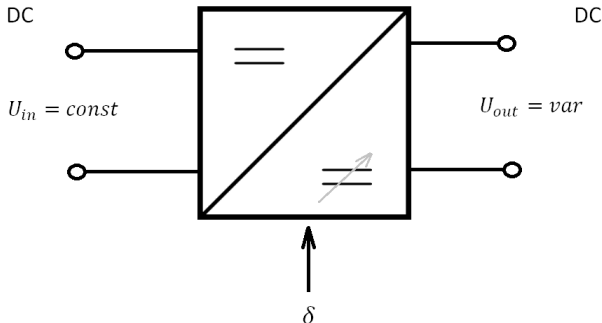
- ① Tyristorowe regulatory impulsowe napięcia stałego
- ② Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BUCK

- ① Tyristorowe regulatory impulsowe napięcia stałego
- ② Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BUCK
- ③ Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BOOST

Sterowniki impulsowe napięcia stałego (przerywacze impulsowe, przetwornice, układy DC/DC, chopery)



Sterowniki impulsowe napięcia stałego (przerywacze impulsowe, przetwornice, układy DC/DC, chopery)



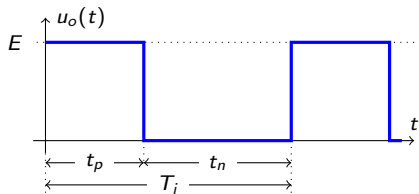
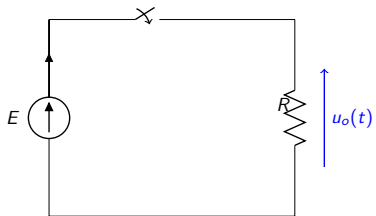
Sterowniki impulsowe napięcia stałego służą do regulacji wartości średniej napięcia stałego, przez **cykliczne załączanie i wyłączenie** tyrystora lub tranzystora w obwodzie prądu stałego. Przekształcają napięcie stałe o stałej wartości na napięcie stałe z możliwością płynnej regulacji wartości średniej.

Zastosowanie:

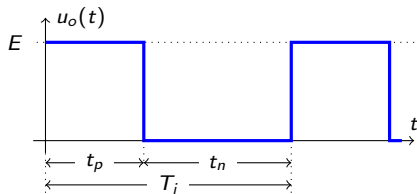
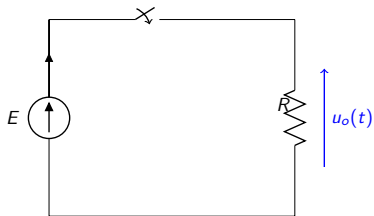
Zastosowanie:

- automatyka napędu elektrycznego (rozruch, hamowanie, regulacja prędkości obrotowej),
- trakcja elektryczna (miejska, kolejowa, kopalniana),
- samochody elektryczne, wózki akumulatorowe,
- zasilacze impulsowe.

Idea działania impulsowego sterownika DC/DC

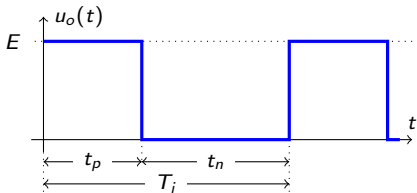
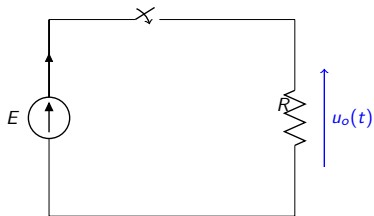


Idea działania impulsowego sterownika DC/DC



t_p - czas przewodzenia

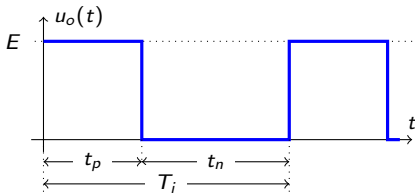
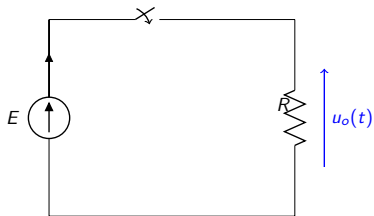
Idea działania impulsowego sterownika DC/DC



t_p - czas przewodzenia

t_n - czas nieprzewodzenia

Idea działania impulsowego sterownika DC/DC

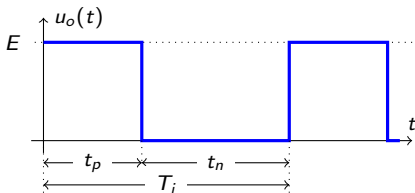
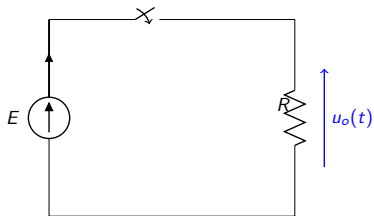


t_p - czas przewodzenia

t_n - czas nieprzewodzenia

T_i - okres impulsowania

Idea działania impulsowego sterownika DC/DC



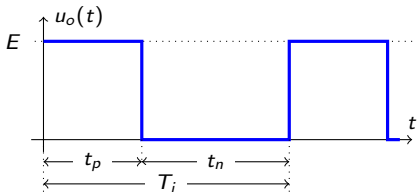
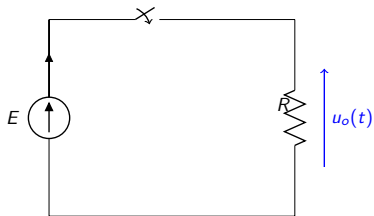
t_p - czas przewodzenia

t_n - czas nieprzewodzenia

T_i - okres impulsowania

$f_i = \frac{1}{T_i}$ - częstotliwość impulsowania

Idea działania impulsowego sterownika DC/DC



t_p - czas przewodzenia

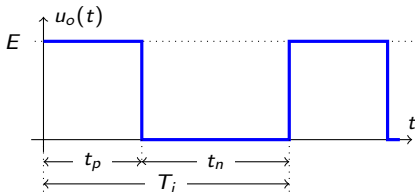
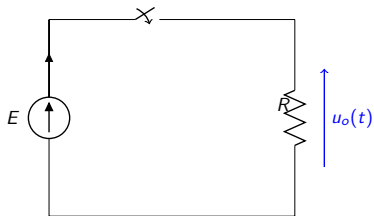
t_n - czas nieprzewodzenia

T_i - okres impulsowania

$f_i = \frac{1}{T_i}$ - częstotliwość impulsowania

Wartość średnia napięcia na odbiorniku:

Idea działania impulsowego sterownika DC/DC



t_p - czas przewodzenia

t_n - czas nieprzewodzenia

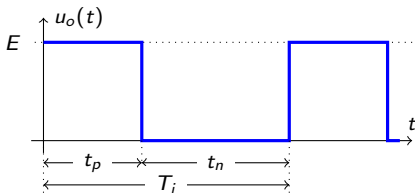
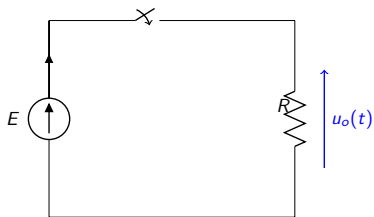
T_i - okres impulsowania

$f_i = \frac{1}{T_i}$ - częstotliwość impulsowania

Wartość średnia napięcia na odbiorniku:

$U_{sr} =$

Idea działania impulsowego sterownika DC/DC



t_p - czas przewodzenia

t_n - czas nieprzewodzenia

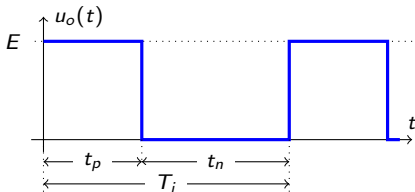
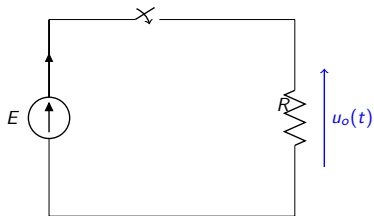
T_i - okres impulsowania

$f_i = \frac{1}{T_i}$ - częstotliwość impulsowania

Wartość średnia napięcia na odbiorniku:

$$U_{sr} = \frac{1}{T_i} \int_0^{T_i} u_o(t) dt =$$

Idea działania impulsowego sterownika DC/DC



t_p - czas przewodzenia

t_n - czas nieprzewodzenia

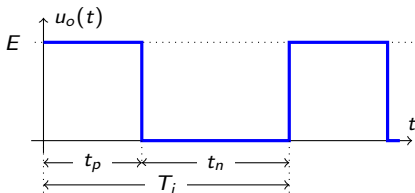
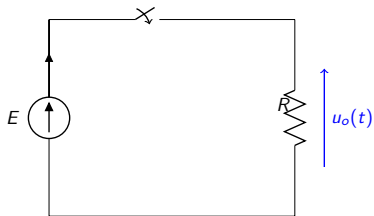
T_i - okres impulsowania

$f_i = \frac{1}{T_i}$ - częstotliwość impulsowania

Wartość średnia napięcia na odbiorniku:

$$U_{sr} = \frac{1}{T_i} \int_0^{T_i} u_o(t) dt = \frac{1}{T_i} \int_0^{t_p} E dt + \frac{1}{T_i} \int_{t_p}^{T_i} 0 dt =$$

Idea działania impulsowego sterownika DC/DC



t_p - czas przewodzenia

t_n - czas nieprzewodzenia

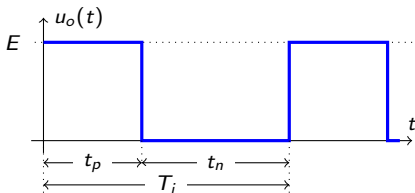
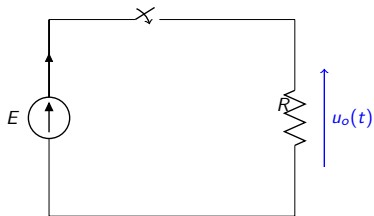
T_i - okres impulsowania

$f_i = \frac{1}{T_i}$ - częstotliwość impulsowania

Wartość średnia napięcia na odbiorniku:

$$U_{sr} = \frac{1}{T_i} \int_0^{T_i} u_o(t) dt = \frac{1}{T_i} \int_0^{t_p} E dt + \frac{1}{T_i} \int_{t_p}^{T_i} 0 dt = \frac{1}{T_i} E t_p =$$

Idea działania impulsowego sterownika DC/DC



t_p - czas przewodzenia

t_n - czas nieprzewodzenia

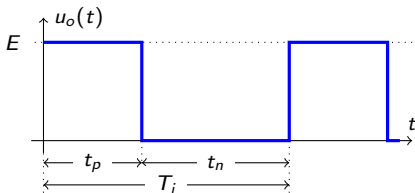
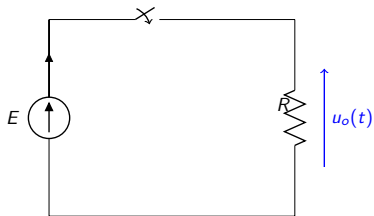
T_i - okres impulsowania

$f_i = \frac{1}{T_i}$ - częstotliwość impulsowania

Wartość średnia napięcia na odbiorniku:

$$U_{sr} = \frac{1}{T_i} \int_0^{T_i} u_o(t) dt = \frac{1}{T_i} \int_0^{t_p} E dt + \frac{1}{T_i} \int_{t_p}^{T_i} 0 dt = \frac{1}{T_i} E t \Big|_0^{t_p} = \frac{t_p}{T_i} E =$$

Idea działania impulsowego sterownika DC/DC



t_p - czas przewodzenia

t_n - czas nieprzewodzenia

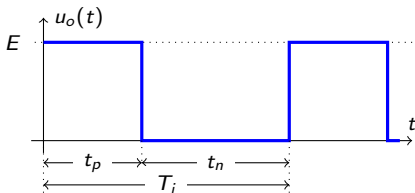
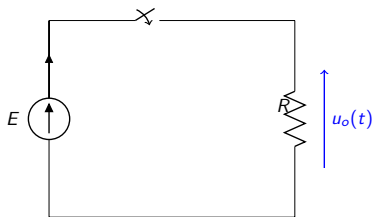
T_i - okres impulsowania

$f_i = \frac{1}{T_i}$ - częstotliwość impulsowania

Wartość średnia napięcia na odbiorniku:

$$U_{sr} = \frac{1}{T_i} \int_0^{T_i} u_o(t) dt = \frac{1}{T_i} \int_0^{t_p} E dt + \frac{1}{T_i} \int_{t_p}^{T_i} 0 dt = \frac{1}{T_i} E t \Big|_0^{t_p} = \frac{t_p}{T_i} E = \delta E$$

Idea działania impulsowego sterownika DC/DC



t_p - czas przewodzenia

t_n - czas nieprzewodzenia

T_i - okres impulsowania

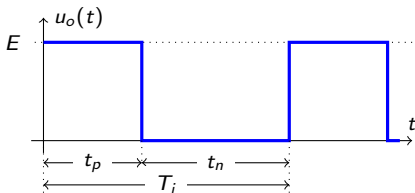
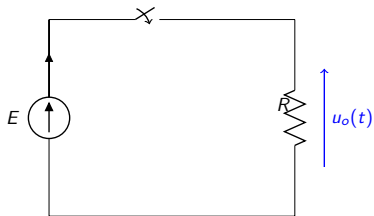
$f_i = \frac{1}{T_i}$ - częstotliwość impulsowania

Wartość średnia napięcia na odbiorniku:

$$U_{sr} = \frac{1}{T_i} \int_0^{T_i} u_o(t) dt = \frac{1}{T_i} \int_0^{t_p} E dt + \frac{1}{T_i} \int_{t_p}^{T_i} 0 dt = \frac{1}{T_i} E t \Big|_0^{t_p} = \frac{t_p}{T_i} E = \delta E$$

$\delta = \frac{t_p}{T_i}$ - współczynnik wypełnienia, wielkość sterująca w przerywaczach impulsowych

Idea działania impulsowego sterownika DC/DC



t_p - czas przewodzenia

t_n - czas nieprzewodzenia

T_i - okres impulsowania

$f_i = \frac{1}{T_i}$ - częstotliwość impulsowania

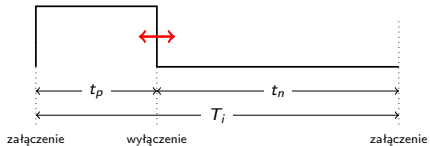
Wartość średnia napięcia na odbiorniku:

$$U_{sr} = \frac{1}{T_i} \int_0^{T_i} u_o(t) dt = \frac{1}{T_i} \int_0^{t_p} E dt + \frac{1}{T_i} \int_{t_p}^{T_i} 0 dt = \frac{1}{T_i} E t \Big|_0^{t_p} = \frac{t_p}{T_i} E = \delta E$$

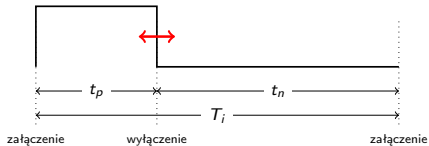
$\delta = \frac{t_p}{T_i}$ - współczynnik wypełnienia, wielkość sterująca w przerywaczach impulsowych

$$0 \leq \delta \leq 1$$

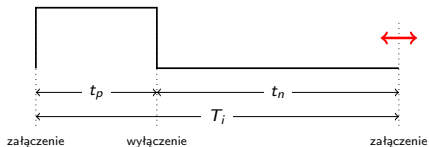
- modulacja szerokości impulsów: $t_p = \text{var}$, $T_i = \text{const}$



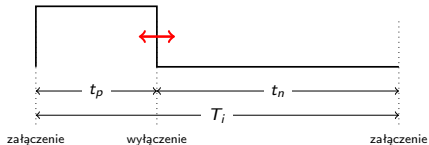
- **modulacja szerokości impulsów:** $t_p = \text{var}$, $T_i = \text{const}$



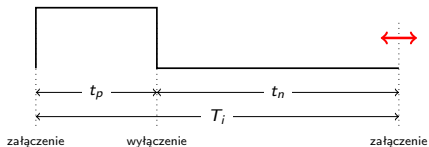
- **modulacja częstotliwości:** $t_p = \text{const}$, $T_i = \text{var}$



- **modulacja szerokości impulsów:** $t_p = \text{var}$, $T_i = \text{const}$

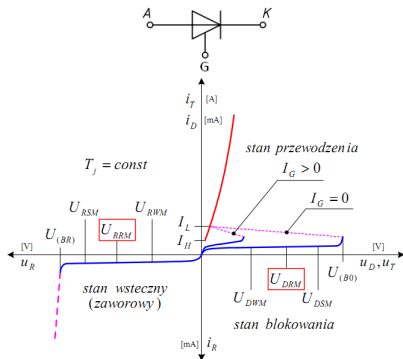


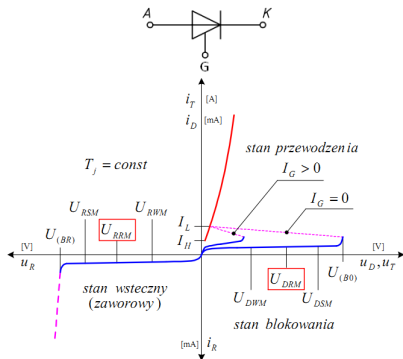
- **modulacja częstotliwości:** $t_p = \text{const}$, $T_i = \text{var}$



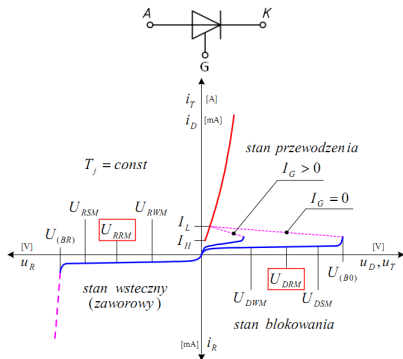
- **modulacja dwustanowa:** $t_p = \text{var}$, $T_i = \text{var}$

Tyristor



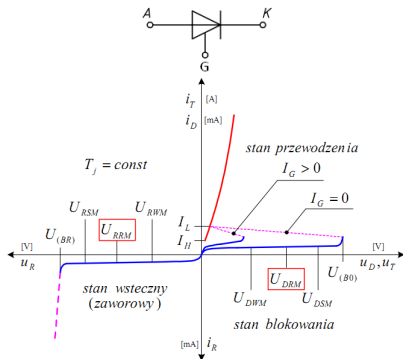


Wyłączenie klasycznego tyrystora SCR wymaga:



Wyłączenie klasycznego tyristora SCR wymaga:

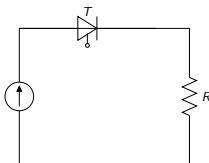
- zmniejszenie prądu tyristora do zera (prądu podtrzymania),



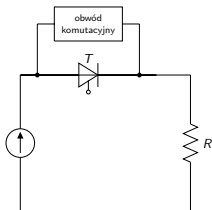
Wyłączenie klasycznego tyrystora SCR wymaga:

- zmniejszenie prądu tyrystora do zera (prądu podtrzymania),
- utrzymanie przez pewien czas, na tyrystorze napięcia wstecznego.

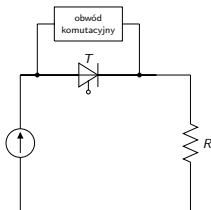
Jak wyłączyć tyrystor w obwodzie prądu stałego?



Jak wyłączyć tyrystor w obwodzie prądu stałego?



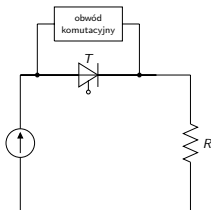
Jak wyłączyć tyrystor w obwodzie prądu stałego?



Zadania obwodu komutacyjnego:

- wygenerowanie prądu komutacyjnego (sprowadzenie prądu tyrystora do zera)
- utrzymanie przez pewien czas ujemnego napięcia na tyrystorze

Jak wyłączyć tyrystor w obwodzie prądu stałego?



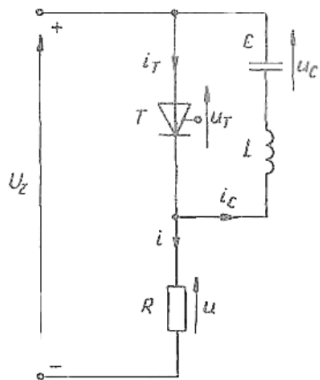
Zadania obwodu komutacyjnego:

- wygenerowanie prądu komutacyjnego (sprowadzenie prądu tyrystora do zera)
- utrzymanie przez pewien czas ujemnego napięcia na tyrystorze

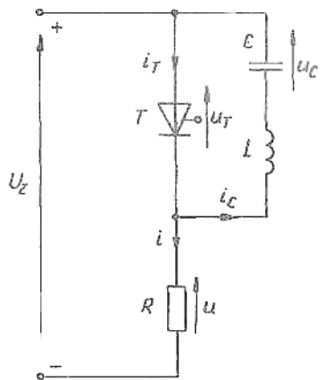
Przykłady obwodów komutacyjnych:

- układ z równoległą gałęzią rezonansową
- układ z przeładowaniem rezonansowym

Układ z równoległą gałęzią rezonansową



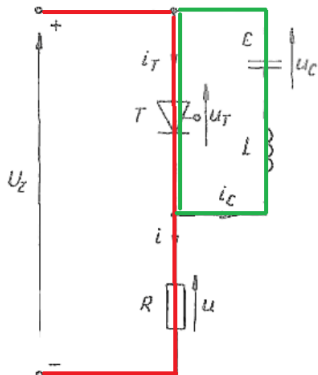
Układ z równoległą gałęzią rezonansową



Dołączenie napięcia zasilającego oraz ładowanie kondensatora w obwodzie utworzonym z RLC i U_z .

$$R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$$

Układ z równoległą gałęzią rezonansową

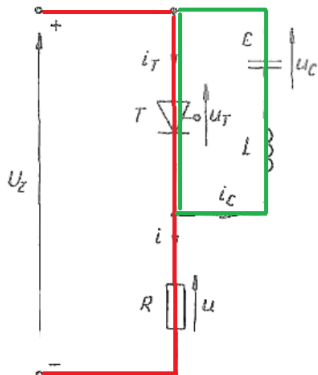


Dołączenie napięcia zasilającego oraz ładowanie kondensatora w obwodzie utworzonym z RLC i U_z .

$$R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$$

1. Załączenie tyrystora

Układ z równoległą gałęzią rezonansową

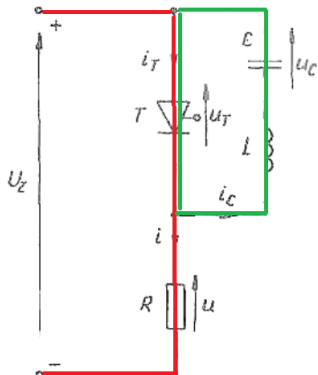


Dołączenie napięcia zasilającego oraz ładowanie kondensatora w obwodzie utworzonym z RLC i U_z .

$$R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$$

1. Załączenie tyrystora
2. Przeładowanie kondensatora do napięcia ujemnego

Układ z równoległą gałęzią rezonansową



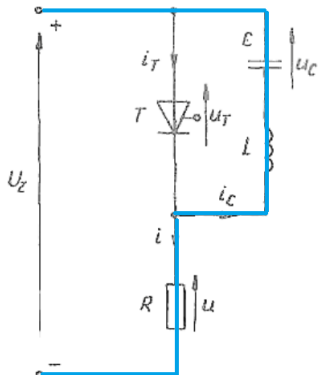
Dołączenie napięcia zasilającego oraz ładowanie kondensatora w obwodzie utworzonym z RLC i U_z .

$$R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$$

1. Załączenie tyrystora
2. Przeładowanie kondensatora do napięcia ujemnego
3. Sprowadzenie prądu tyrystora do zera

$$I_{C \max} > \frac{U_z}{R}$$

Układ z równoległą gałęzią rezonansową



Dołączenie napięcia zasilającego oraz ładowanie kondensatora w obwodzie utworzonym z RLC i U_z .

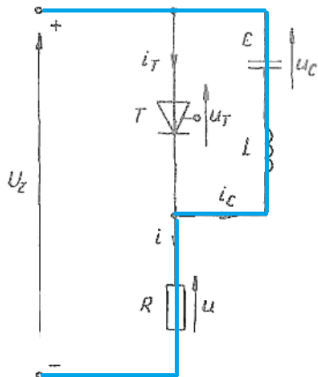
$$R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$$

1. Załączenie tyrystora
2. Przeładowanie kondensatora do napięcia ujemnego
3. Sprowadzenie prądu tyrystora do zera

$$I_{C \max} > \frac{U_z}{R}$$

4. Wyłączenie tyrystora
5. Ponowne ładowanie kondensatora do napięcia zasilania

Układ z równoległą gałęzią rezonansową



Dołączenie napięcia zasilającego oraz ładowanie kondensatora w obwodzie utworzonym z RLC i U_z .

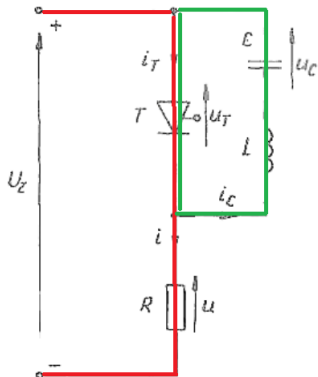
$$R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$$

1. Załączenie tyrystora
2. Przeładowanie kondensatora do napięcia ujemnego
3. Sprowadzenie prądu tyrystora do zera

$$I_{C \max} > \frac{U_z}{R}$$

4. Wyłączenie tyrystora
5. Ponowne ładowanie kondensatora do napięcia zasilania
4. Ponowne załączenie tyrystora

Układ z równoległą gałęzią rezonansową



Dołączenie napięcia zasilającego oraz ładowanie kondensatora w obwodzie utworzonym z RLC i U_z .

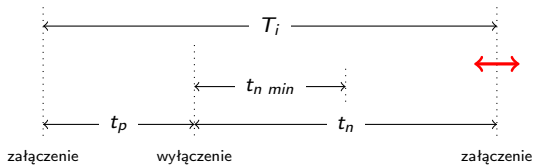
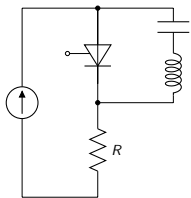
$$R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$$

1. Załączenie tyrystora
2. Przeładowanie kondensatora do napięcia ujemnego
3. Sprowadzenie prądu tyrystora do zera

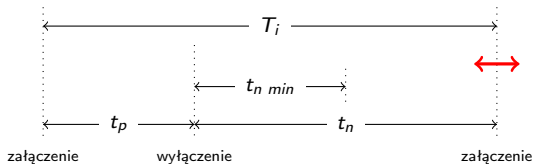
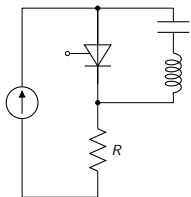
$$I_{C \max} > \frac{U_z}{R}$$

4. Wyłączenie tyrystora
5. Ponowne ładowanie kondensatora do napięcia zasilania
4. Ponowne załączenie tyrystora

Układ z równoległą gałęzią rezonansową

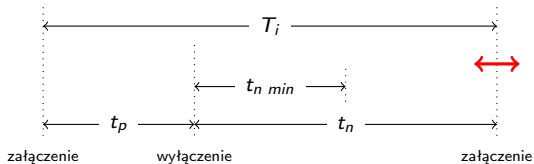
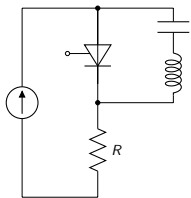


Układ z równoległą gałęzią rezonansową



$t_p = const$ - połowa okresu drgań własnych LC + czas gdy ujemny prąd oscylacyjny osiągnie wartość prądu odbiornika

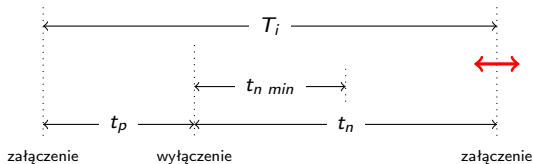
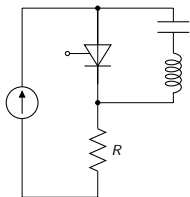
Układ z równoległą gałęzią rezonansową



$t_p = const$ - połowa okresu drgań własnych LC + czas gdy ujemny prąd oscylacyjny osiągnie wartość prądu odbiornika

$t_n = var$ i $t_n \geq t_n min$

Układ z równoległą gałęzią rezonansową

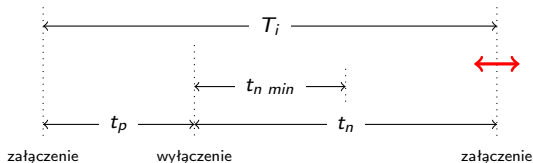
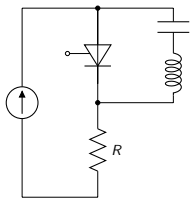


$t_p = const$ - połowa okresu drgań własnych LC + czas gdy ujemny prąd oscylacyjny osiągnie wartość prądu odbiornika

$t_n = var$ i $t_n \geq t_n min$

$t_n min$ - czas potrzebny do ponownego naładowania kondensatora

Układ z równoległą gałęzią rezonansową



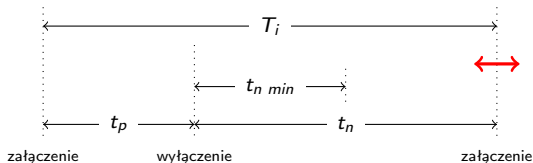
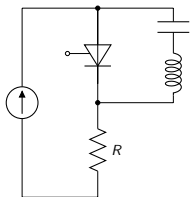
$t_p = const$ - połowa okresu drgań własnych LC + czas gdy ujemny prąd oscylacyjny osiągnie wartość prądu odbiornika

$$t_n = var \text{ i } t_n \geq t_{n \min}$$

$t_{n \min}$ - czas potrzebny do ponownego naładowania kondensatora

$T_i = t_p + t_n = var \implies f_i = \frac{1}{T_i} = var$ układ z równoległą gałęzią rezonansową pracuje w systemie **modulacji częstotliwości**

Układ z równoległą gałęzią rezonansową



$t_p = const$ - połowa okresu drgań własnych LC + czas gdy ujemny prąd oscylacyjny osiągnie wartość prądu odbiornika

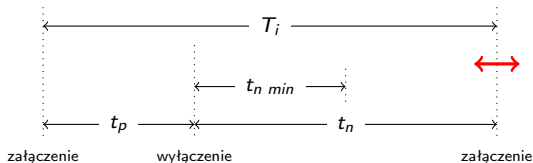
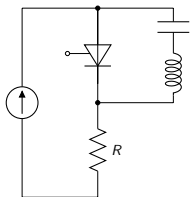
$$t_n = var \text{ i } t_n \geq t_{n \min}$$

$t_{n \min}$ - czas potrzebny do ponownego naładowania kondensatora

$T_i = t_p + t_n = var \implies f_i = \frac{1}{T_i} = var$ układ z równoległą gałęzią rezonansową pracuje w systemie **modulacji częstotliwości**

$$T_{\min} = t_p + t_{n \min} \implies f_{\max} = \frac{1}{T_{\min}}$$

Układ z równoległą gałęzią rezonansową



$t_p = const$ - połowa okresu drgań własnych LC + czas gdy ujemny prąd oscylacyjny osiągnie wartość prądu odbiornika

$t_n = var$ i $t_n \geq t_{n\ min}$

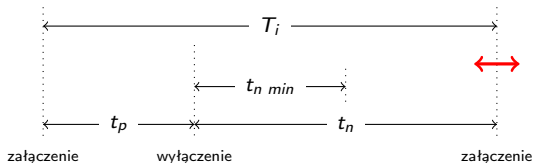
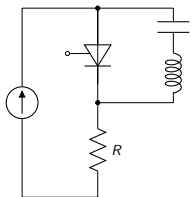
$t_{n\ min}$ - czas potrzebny do ponownego naładowania kondensatora

$T_i = t_p + t_n = var \implies f_i = \frac{1}{T_i} = var$ układ z równoległą gałęzią rezonansową pracuje w systemie **modulacji częstotliwości**

$$T_{min} = t_p + t_{n\ min} \implies f_{max} = \frac{1}{T_{min}}$$

$$T \rightarrow \infty \implies f_{min} \rightarrow 0$$

Układ z równoległą gałęzią rezonansową



$t_p = const$ - połowa okresu drgań własnych LC + czas gdy ujemny prąd oscylacyjny osiągnie wartość prądu odbiornika

$t_n = var$ i $t_n \geq t_{n\ min}$

$t_{n\ min}$ - czas potrzebny do ponownego naładowania kondensatora

$T_i = t_p + t_n = var \implies f_i = \frac{1}{T_i} = var$ układ z równoległą gałęzią rezonansową pracuje w systemie **modulacji częstotliwości**

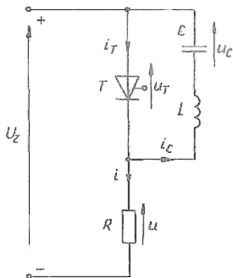
$$T_{min} = t_p + t_{n\ min} \implies f_{max} = \frac{1}{T_{min}}$$

$$T \rightarrow \infty \implies f_{min} \rightarrow 0$$

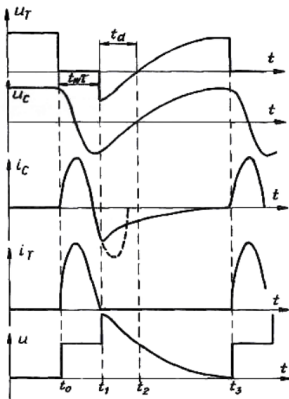
Zakres sterowania: $f_i \in (0, f_{max}]$

Układ z równoległą gałęzią rezonansową

a)

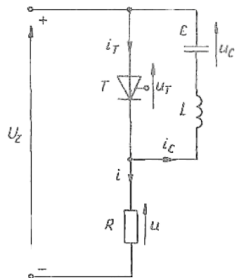


b)

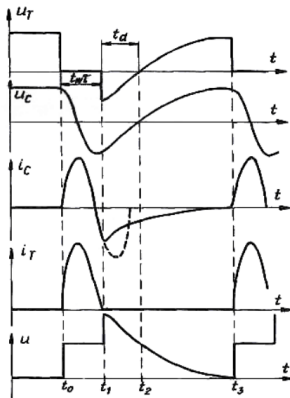


Układ z równoległą gałęzią rezonansową

a)

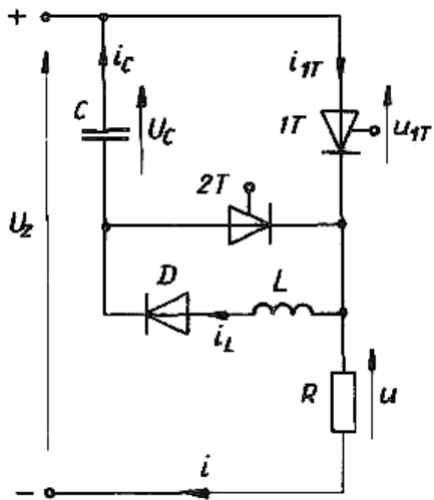


b)

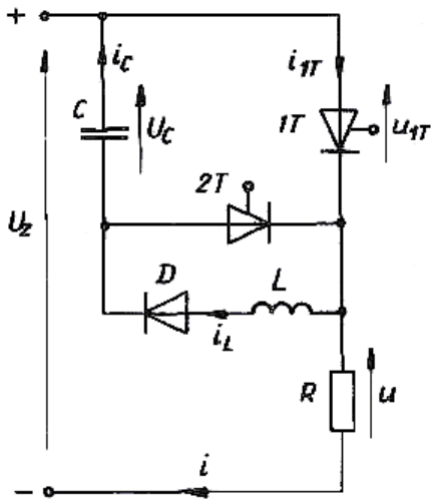


- t_d - czas dysponowany na wyłączenie

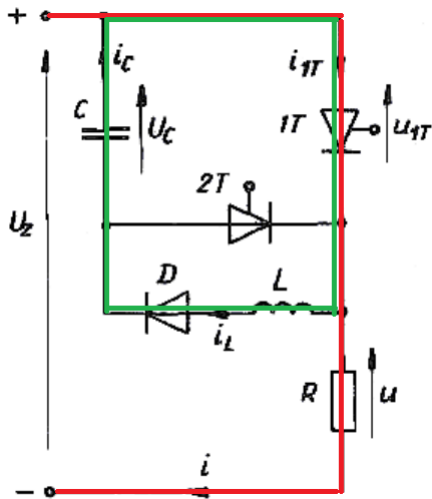
Układ z przeładowaniem rezonansowym



Układ z przeładowaniem rezonansowym

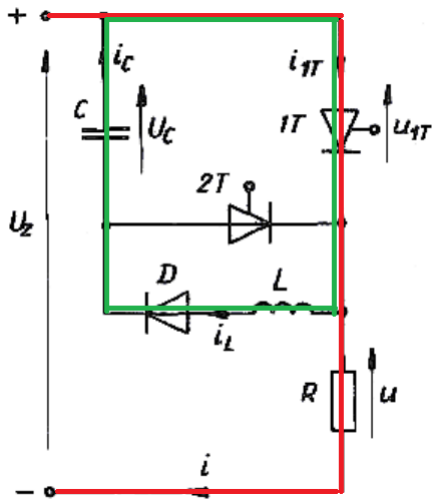


Wstępne ładowanie kondensatora.



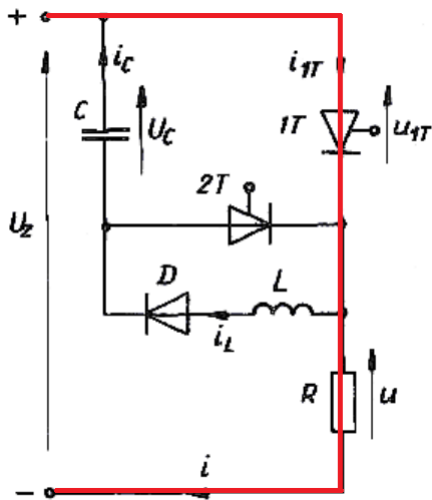
Wstępne ładowanie kondensatora.

1. Załączenie tyrystora T1



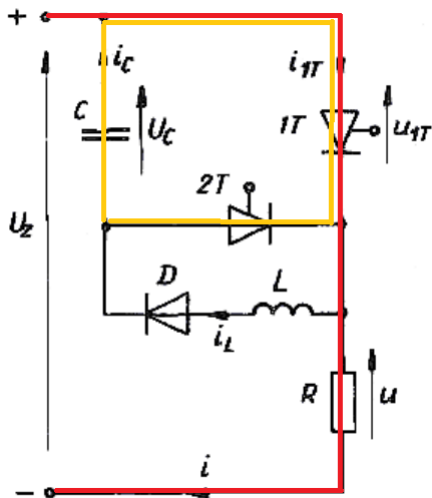
Wstępne ładowanie kondensatora.

1. Załączenie tyrystora $T1$
2. Przeładowanie kondensatora do napięcia ujemnego



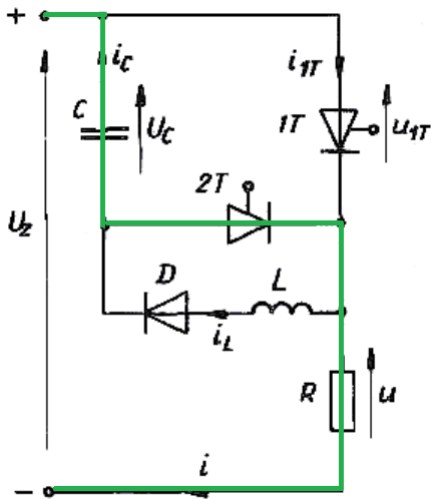
Wstępne ładowanie kondensatora.

1. Załączenie tyrystora $T1$
2. Przeładowanie kondensatora do napięcia ujemnego
3. Zablokowanie ujemnego napięcia na kondensatorze przez diodę D



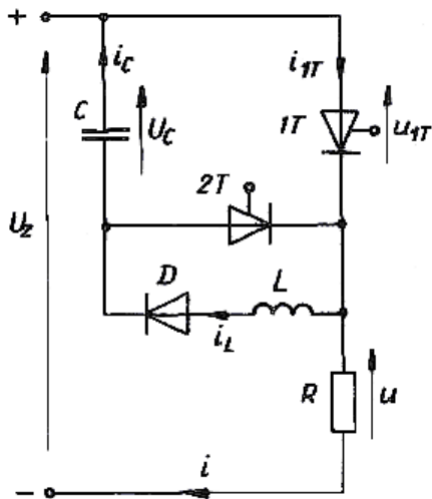
Wstępne ładowanie kondensatora.

1. Załączenie tyrystora T1
2. Przeładowanie kondensatora do napięcia ujemnego
3. Zablokowanie ujemnego napięcia na kondensatorze przez diodę D
4. Wyłączenie T1 poprzez załączenie T2 - wygenerowanie prądu komutacyjnego



Wstępne ładowanie kondensatora.

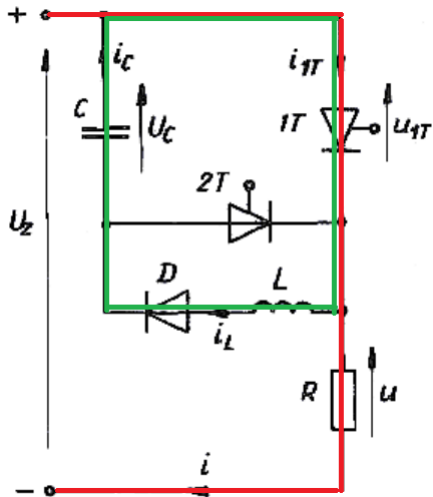
1. Załączenie tyrystora $T1$
2. Przeładowanie kondensatora do napięcia ujemnego
3. Zablokowanie ujemnego napięcia na kondensatorze przez diodę D
4. Wyłączenie $T1$ poprzez załączenie $T2$ - wygenerowanie prądu komutacyjnego
5. Ponowne ładowanie kondensatora do napięcia zasilania



Wstępne ładowanie kondensatora.

1. Załączenie tyrystora $T1$
2. Przeładowanie kondensatora do napięcia ujemnego
3. Zablokowanie ujemnego napięcia na kondensatorze przez diodę D
4. Wyłączenie $T1$ poprzez załączenie $T2$ - wygenerowanie prądu komutacyjnego
5. Ponowne ładowanie kondensatora do napięcia zasilania

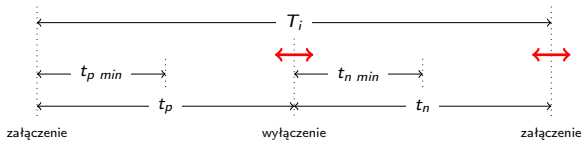
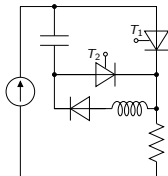
Układ z przeładowaniem rezonansowym



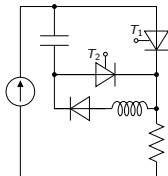
Wstępne ładowanie kondensatora.

1. Załączenie tyrystora $T1$
2. Przeładowanie kondensatora do napięcia ujemnego
3. Zablokowanie ujemnego napięcia na kondensatorze przez diodę D
4. Wyłączenie $T1$ poprzez załączenie $T2$ - wygenerowanie prądu komutacyjnego
5. Ponowne ładowanie kondensatora do napięcia zasilania
6. Ponowne załączenie $T1$ - następny cykl pracy

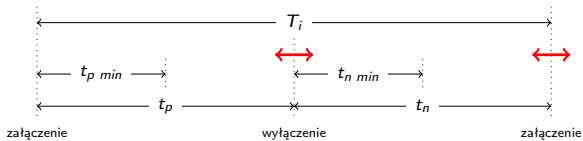
Układ z przetądowaniem rezonansowym



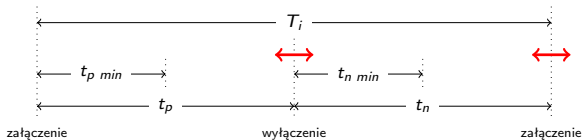
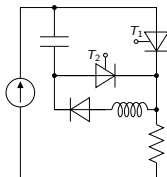
Układ z przetwarzaniem rezonansowym



$$t_p = \text{var } i \ t_p \geq t_p \text{ min}$$

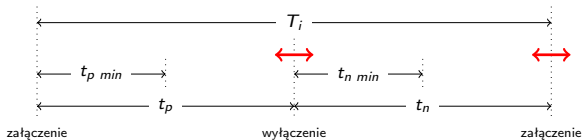
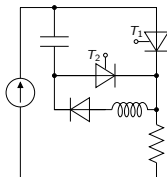


Układ z przełączaniem rezonansowym



$t_p = var$ i $t_p \geq t_{p\ min}$ gdzie $t_{p\ min} = \pi\sqrt{LC}$ - minimalny czas przewodzenia - połowa okresu drgań własnych obwodu LC

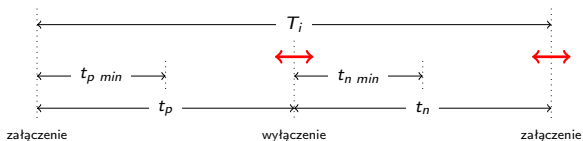
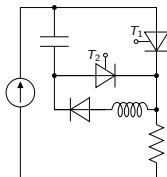
Układ z przetwarzaniem rezonansowym



$t_p = \text{var}$ i $t_p \geq t_{p \text{ min}}$ gdzie $t_{p \text{ min}} = \pi\sqrt{LC}$ - minimalny czas przewodzenia - połowa okresu drgań własnych obwodu LC

$t_n = \text{var}$ i $t_n \geq t_{n \text{ min}}$

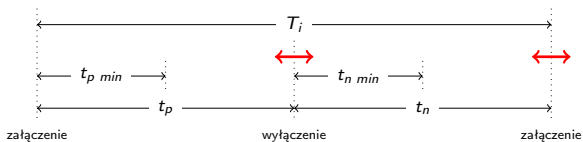
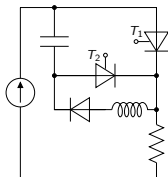
Układ z przełączaniem rezonansowym



$t_p = \text{var}$ i $t_p \geq t_{p \text{ min}}$ gdzie $t_{p \text{ min}} = \pi\sqrt{LC}$ - minimalny czas przewodzenia - połowa okresu drgań własnych obwodu LC

$t_n = \text{var}$ i $t_n \geq t_{n \text{ min}}$ gdzie $t_{n \text{ min}} = 3RC$ - minimalny czas nieprzewodzenia - czas potrzebny do ponownego naładowania kondensatora

Układ z przeładowaniem rezonansowym

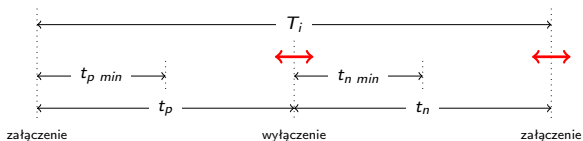
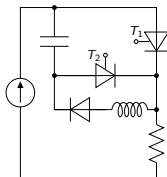


$t_p = \text{var}$ i $t_p \geq t_{p \min}$ gdzie $t_{p \min} = \pi \sqrt{LC}$ - minimalny czas przewodzenia - połowa okresu drgań własnych obwodu LC

$t_n = \text{var}$ i $t_n \geq t_{n \min}$ gdzie $t_{n \min} = 3RC$ - minimalny czas nieprzewodzenia - czas potrzebny do ponownego naładowania kondensatora

Układ z równoległą gałęzią rezonansową pracuje w systemie **modulacji częstotliwości** lub **modulacji szerokości impulsów**

Układ z przeładowaniem rezonansowym



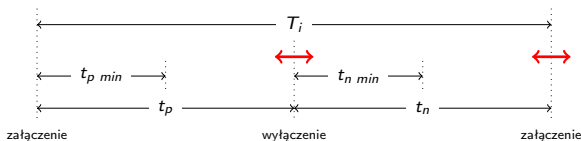
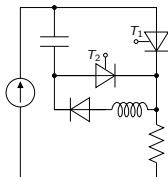
$t_p = \text{var } i$ i $t_p \geq t_{p \min}$ gdzie $t_{p \min} = \pi \sqrt{LC}$ - minimalny czas przewodzenia - połowa okresu drgań własnych obwodu LC

$t_n = \text{var } i$ i $t_n \geq t_{n \min}$ gdzie $t_{n \min} = 3RC$ - minimalny czas nieprzewodzenia - czas potrzebny do ponownego naładowania kondensatora

Układ z równoległą gałęzią rezonansową pracuje w systemie **modulacji częstotliwości** lub **modulacji szerokości impulsów**

Zakres sterowania dla modulacji częstotliwości: $f_i \in (0, f_{\max})$ gdzie $f_{\max} = \frac{1}{t_{p \min} + t_{n \min}}$

Układ z przełączaniem rezonansowym



$t_p = \text{var}$ i $t_p \geq t_{p \text{ min}}$ gdzie $t_{p \text{ min}} = \pi \sqrt{LC}$ - minimalny czas przewodzenia - połowa okresu drgań własnych obwodu LC

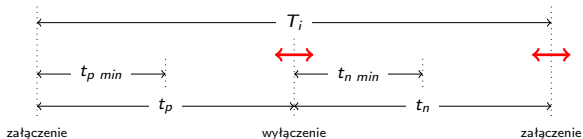
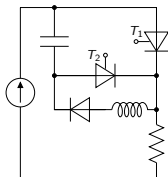
$t_n = \text{var}$ i $t_n \geq t_{n \text{ min}}$ gdzie $t_{n \text{ min}} = 3RC$ - minimalny czas nieprzewodzenia - czas potrzebny do ponownego naładowania kondensatora

Układ z równoległą gałęzią rezonansową pracuje w systemie **modulacji częstotliwości** lub **modulacji szerokości impulsów**

Zakres sterowania dla modulacji częstotliwości: $f_i \in (0, f_{\text{max}})$ gdzie $f_{\text{max}} = \frac{1}{t_{p \text{ min}} + t_{n \text{ min}}}$

Zakres sterowania dla modulacji szerokości impulsów: $\delta \in (\delta_{\text{min}}, \delta_{\text{max}})$ gdzie $\delta_{\text{min}} = \frac{t_{p \text{ min}}}{T_i}$, $\delta_{\text{max}} = \frac{T_i - t_{p \text{ min}}}{T_i}$

Układ z przetwarzaniem rezonansowym



$t_p = \text{var}$ i $t_p \geq t_{p \min}$ gdzie $t_{p \min} = \pi \sqrt{LC}$ - minimalny czas przewodzenia - połowa okresu drgań własnych obwodu LC

$t_n = \text{var}$ i $t_n \geq t_{n \min}$ gdzie $t_{n \min} = 3RC$ - minimalny czas nieprzewodzenia - czas potrzebny do ponownego naładowania kondensatora

Układ z równoległą gałęzią rezonansową pracuje w systemie **modulacji częstotliwości** lub **modulacji szerokości impulsów**

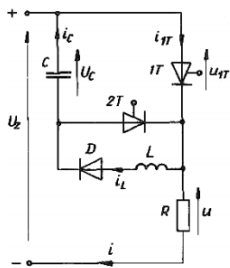
Zakres sterowania dla modulacji częstotliwości: $f_i \in (0, f_{\max})$ gdzie $f_{\max} = \frac{1}{t_{p \min} + t_{n \min}}$

Zakres sterowania dla modulacji szerokości impulsów: $\delta \in (\delta_{\min}, \delta_{\max})$ gdzie $\delta_{\min} = \frac{t_{p \min}}{T_i}$, $\delta_{\max} = \frac{T_i - t_{p \min}}{T_i}$

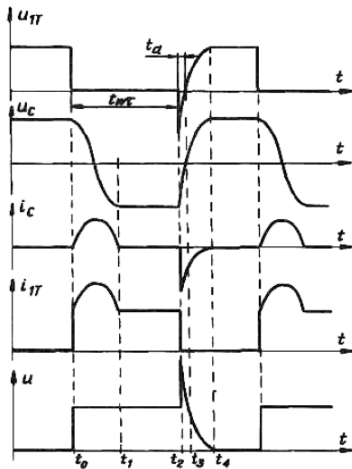
Układ z przetwarzaniem rezonansowym jest bardziej uniwersalny w porównaniu do układu z równoległą gałęzią rezonansową (posiada większe możliwości regulacyjne).

Układ z przeładowaniem rezonansowym

a)

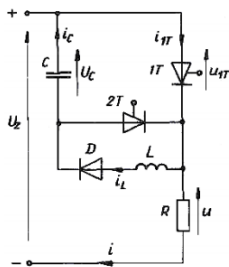


b)

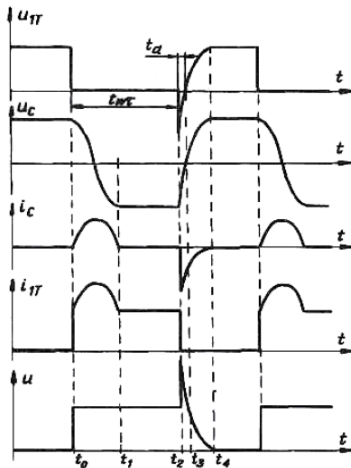


Układ z przeładowaniem rezonansowym

a)

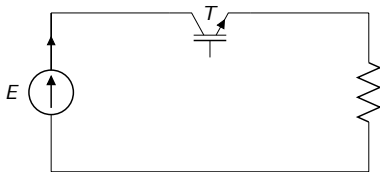


b)

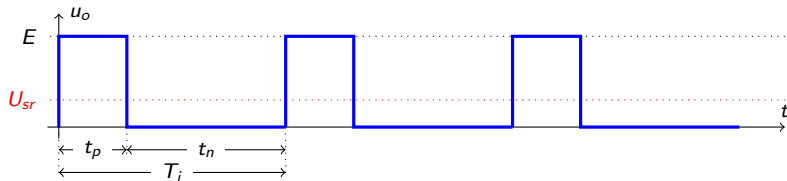
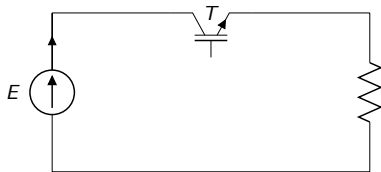


- t_d - czas dysponowany na wyłączenie

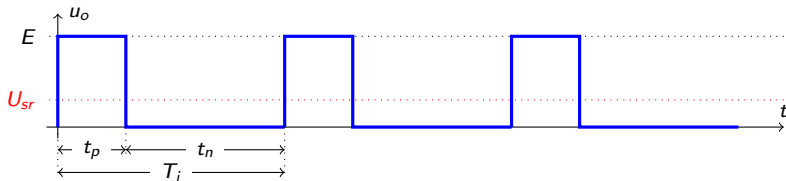
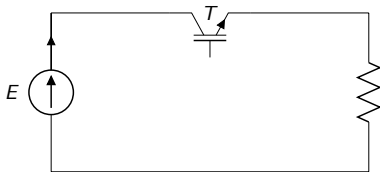
Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BUCK



Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BUCK

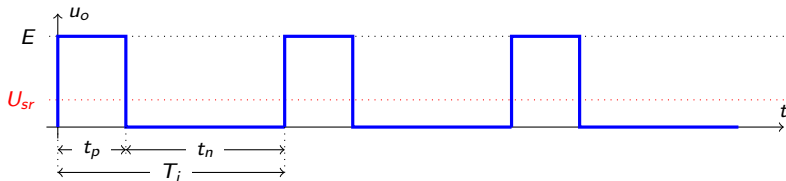
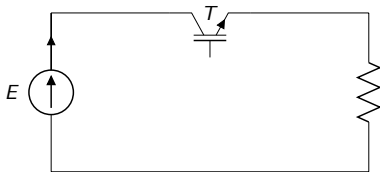


Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BUCK



Wartość średnia napięcia na odbiorniku:

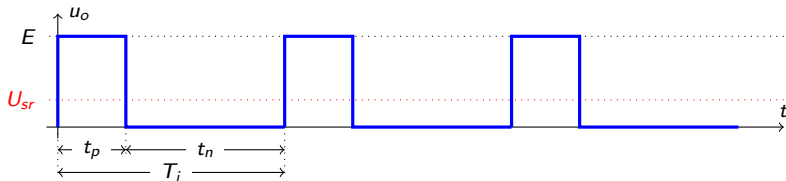
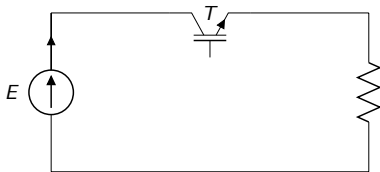
Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BUCK



Wartość średnia napięcia na odbiorniku:

$$U_0 = \frac{1}{T_i} \int_0^{T_i} u(t) dt = \frac{1}{T_i} \int_0^{t_p} E dt = \frac{t_p}{T_i} E = \delta E$$

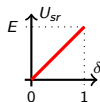
Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BUCK



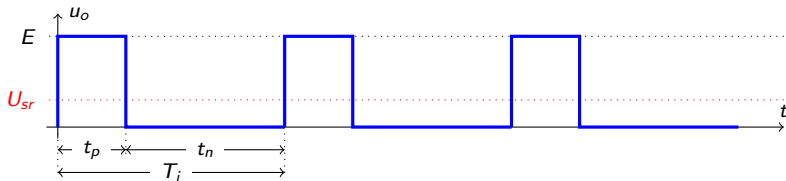
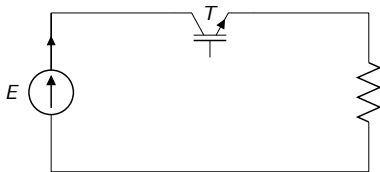
Wartość średnia napięcia na odbiorniku:

$$U_0 = \frac{1}{T_i} \int_0^{T_i} u(t) dt = \frac{1}{T_i} \int_0^{t_p} E dt = \frac{t_p}{T_i} E = \delta E$$

Charakterystyka regulacyjna:



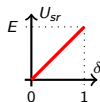
Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BUCK



Wartość średnia napięcia na odbiorniku:

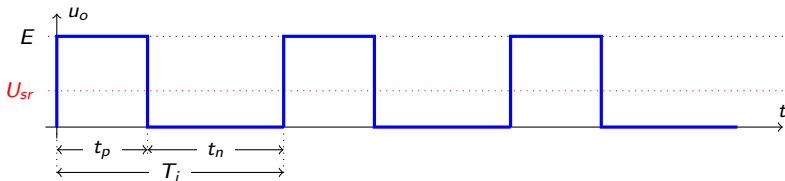
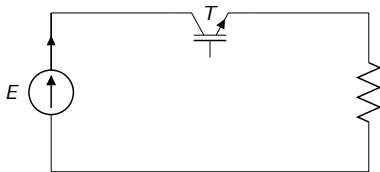
$$U_0 = \frac{1}{T_i} \int_0^{T_i} u(t) dt = \frac{1}{T_i} \int_0^{t_p} E dt = \frac{t_p}{T_i} E = \delta E$$

Charakterystyka regulacyjna:



Przetwornica typu BUCK (step down) jest to impulsowy sterownik napięcia stałego obniżający napięcie.

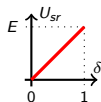
Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BUCK



Wartość średnia napięcia na odbiorniku:

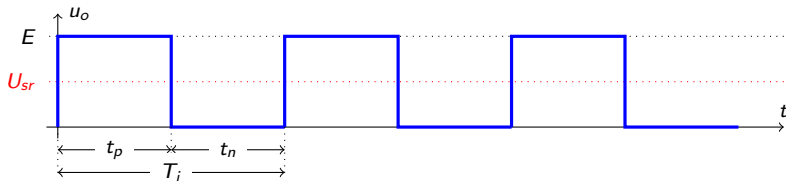
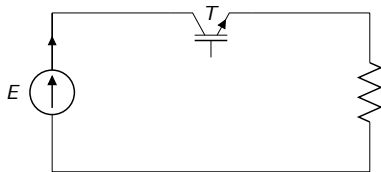
$$U_0 = \frac{1}{T_i} \int_0^{T_i} u(t) dt = \frac{1}{T_i} \int_0^{t_p} E dt = \frac{t_p}{T_i} E = \delta E$$

Charakterystyka regulacyjna:



Przetwornica typu BUCK (step down) jest to impulsowy sterownik napięcia stałego obniżający napięcie.

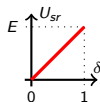
Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BUCK



Wartość średnia napięcia na odbiorniku:

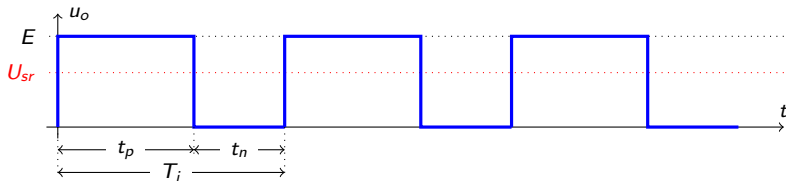
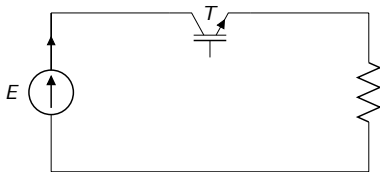
$$U_0 = \frac{1}{T_i} \int_0^{T_i} u(t) dt = \frac{1}{T_i} \int_0^{t_p} E dt = \frac{t_p}{T_i} E = \delta E$$

Charakterystyka regulacyjna:



Przetwornica typu BUCK (step down) jest to impulsowy sterownik napięcia stałego obniżający napięcie.

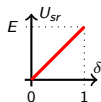
Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BUCK



Wartość średnia napięcia na odbiorniku:

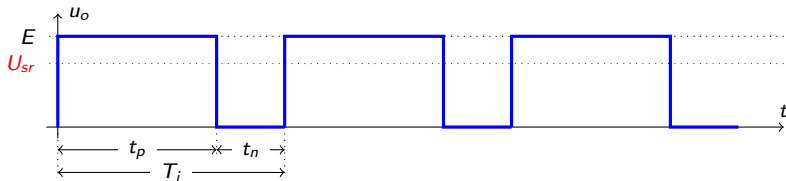
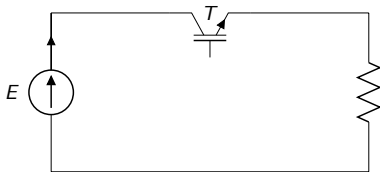
$$U_0 = \frac{1}{T_i} \int_0^{T_i} u(t) dt = \frac{1}{T_i} \int_0^{t_p} E dt = \frac{t_p}{T_i} E = \delta E$$

Charakterystyka regulacyjna:



Przetwornica typu BUCK (step down) jest to impulsowy sterownik napięcia stałego obniżający napięcie.

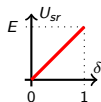
Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BUCK



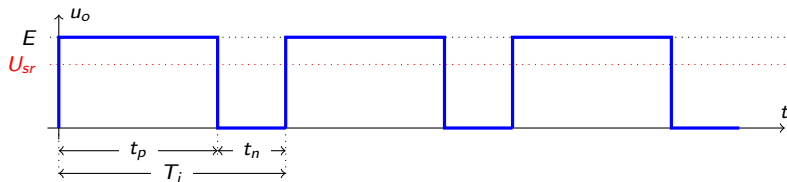
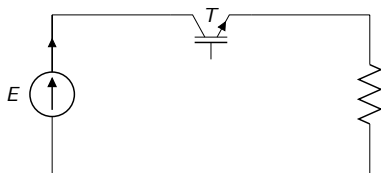
Wartość średnia napięcia na odbiorniku:

$$U_0 = \frac{1}{T_i} \int_0^{T_i} u(t) dt = \frac{1}{T_i} \int_0^{t_p} E dt = \frac{t_p}{T_i} E = \delta E$$

Charakterystyka regulacyjna:

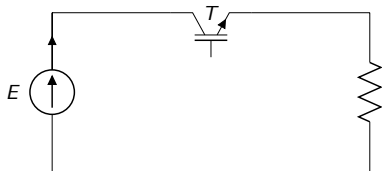


Przetwornica typu BUCK (step down) jest to impulsowy sterownik napięcia stałego obniżający napięcie.

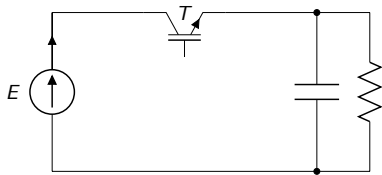


W jaki sposób poprawić przebieg napięcia na wyjściu?

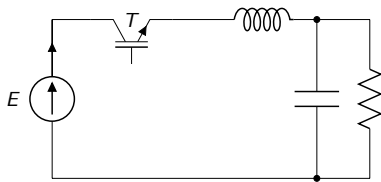
Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BUCK



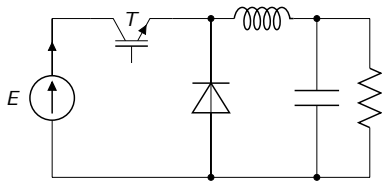
Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BUCK

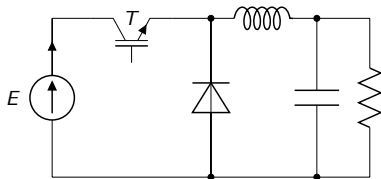


Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BUCK



Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BUCK

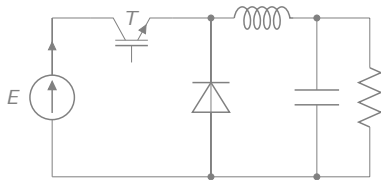




Tryby pracy przetwornicy (ze względu na prąd dławika):

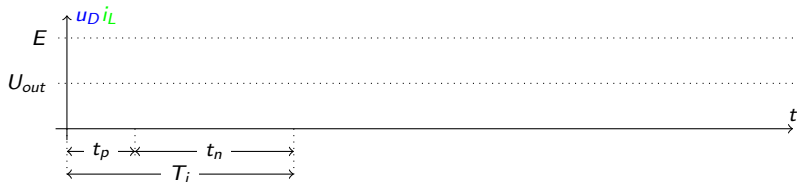
- tryb nieciągły,
- tryby ciągły.

Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BUCK

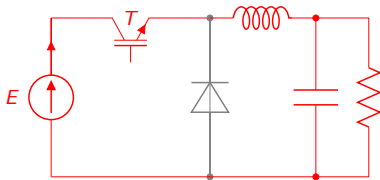


Tryby nieciągły:

- część 1 - tranzystor załączony, energia pobierana jest ze źródła zasilania, prąd dławika rośnie, dławik gromadzi energię, dioda spolaryzowana w kierunku zaporowym,
- część 2 - tranzystor wyłączony, dławik oddaje energię, prąd dławika maleje, dioda spolaryzowana w kierunku przewodzenia,
- część 3 - zaczyna się od momentu gdy prąd dławika zmaleje do zera, kondensator dostarcza energię do odbiornika, dioda nie przewodzi, część 3 trwa aż do następnego załączenia tranzystora.

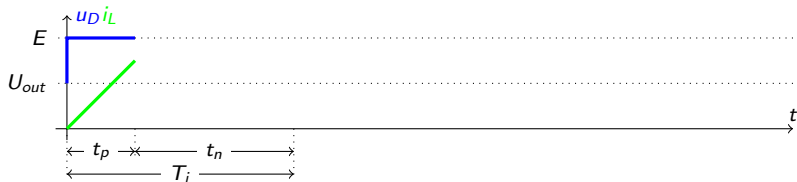


Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BUCK

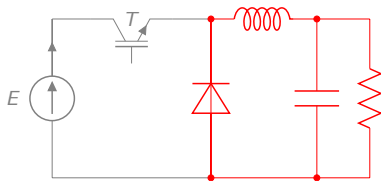


Tryby nieciągły:

- część 1 - tranzystor załączony, energia pobierana jest ze źródła zasilania, prąd dławika rośnie, dławik gromadzi energię, dioda spolaryzowana w kierunku zaporowym,
- część 2 - tranzystor wyłączony, dławik oddaje energię, prąd dławika maleje, dioda spolaryzowana w kierunku przewodzenia,
- część 3 - zaczyna się od momentu gdy prąd dławika zmaleje do zera, kondensator dostarcza energię do odbiornika, dioda nie przewodzi, część 3 trwa aż do następnego załączenia tranzystora.

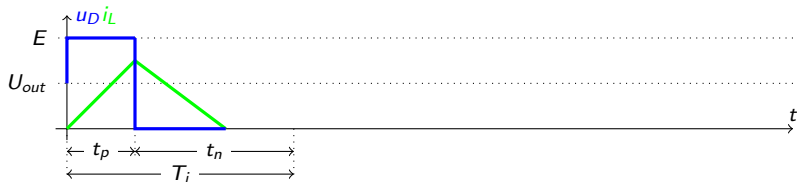


Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BUCK

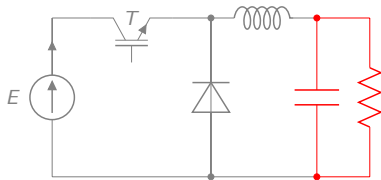


Tryby nieciągły:

- część 1 - tranzystor załączony, energia pobierana jest ze źródła zasilania, prąd dławika rośnie, dławik gromadzi energię, dioda spolaryzowana w kierunku zaporowym,
- część 2 - tranzystor wyłączony, dławik oddaje energię, prąd dławika maleje, dioda spolaryzowana w kierunku przewodzenia,
- część 3 - zaczyna się od momentu gdy prąd dławika zmaleje do zera, kondensator dostarcza energię do odbiornika, dioda nie przewodzi, część 3 trwa aż do następnego załączenia tranzystora.

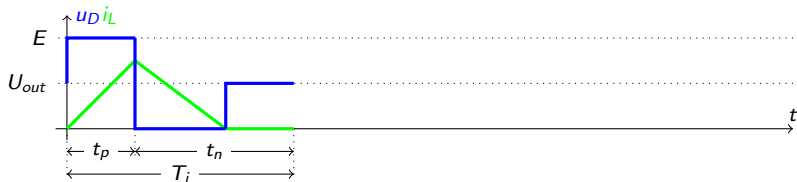


Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BUCK

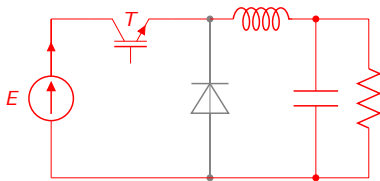


Tryby nieciągły:

- część 1 - tranzystor załączony, energia pobierana jest ze źródła zasilania, prąd dławika rośnie, dławik gromadzi energię, dioda spolaryzowana w kierunku zaporowym,
- część 2 - tranzystor wyłączony, dławik oddaje energię, prąd dławika maleje, dioda spolaryzowana w kierunku przewodzenia,
- **część 3** - zaczyna się od momentu gdy prąd dławika zmaleje do zera, kondensator dostarcza energię do odbiornika, dioda nie przewodzi, część 3 trwa aż do następnego załączenia tranzystora.

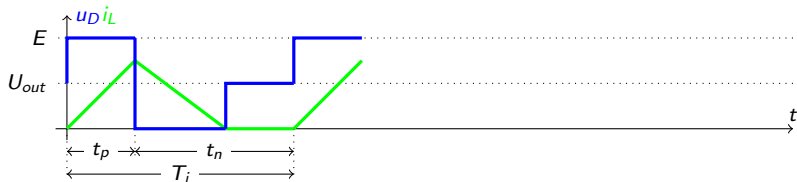


Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BUCK

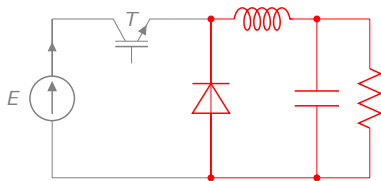


Tryby nieciągły:

- część 1 - tranzystor załączony, energia pobierana jest ze źródła zasilania, prąd dławika rośnie, dławik gromadzi energię, dioda spolaryzowana w kierunku zaporowym,
- część 2 - tranzystor wyłączony, dławik oddaje energię, prąd dławika maleje, dioda spolaryzowana w kierunku przewodzenia,
- część 3 - zaczyna się od momentu gdy prąd dławika zmaleje do zera, kondensator dostarcza energię do odbiornika, dioda nie przewodzi, część 3 trwa aż do następnego załączenia tranzystora.

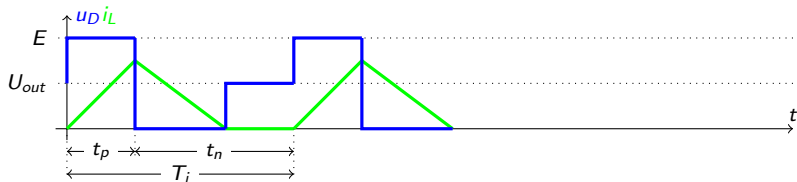


Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BUCK

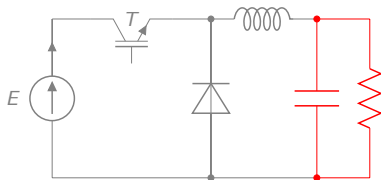


Tryby nieciągły:

- część 1 - tranzystor załączony, energia pobierana jest ze źródła zasilania, prąd dławika rośnie, dławik gromadzi energię, dioda spolaryzowana w kierunku zaporowym,
- część 2 - tranzystor wyłączony, dławik oddaje energię, prąd dławika maleje, dioda spolaryzowana w kierunku przewodzenia,
- część 3 - zaczyna się od momentu gdy prąd dławika zmaleje do zera, kondensator dostarcza energię do odbiornika, dioda nie przewodzi, część 3 trwa aż do następnego załączenia tranzystora.

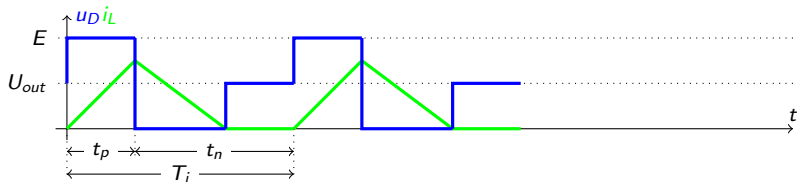


Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BUCK

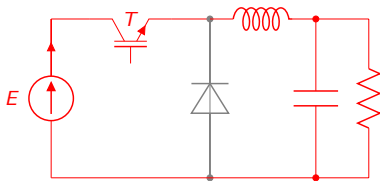


Tryby nieciągły:

- część 1 - tranzystor załączony, energia pobierana jest ze źródła zasilania, prąd dławika rośnie, dławik gromadzi energię, dioda spolaryzowana w kierunku zaporowym,
- część 2 - tranzystor wyłączony, dławik oddaje energię, prąd dławika maleje, dioda spolaryzowana w kierunku przewodzenia,
- **część 3** - zaczyna się od momentu gdy prąd dławika zmaleje do zera, kondensator dostarcza energię do odbiornika, dioda nie przewodzi, część 3 trwa aż do następnego załączenia tranzystora.

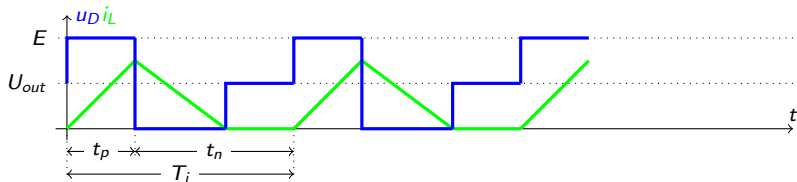


Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BUCK

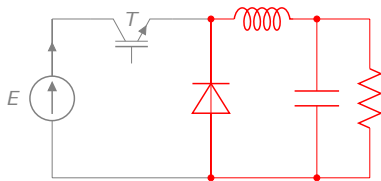


Tryby nieciągły:

- część 1 - tranzystor załączony, energia pobierana jest ze źródła zasilania, prąd dławika rośnie, dławik gromadzi energię, dioda spolaryzowana w kierunku zaporowym,
- część 2 - tranzystor wyłączony, dławik oddaje energię, prąd dławika maleje, dioda spolaryzowana w kierunku przewodzenia,
- część 3 - zaczyna się od momentu gdy prąd dławika zmaleje do zera, kondensator dostarcza energię do odbiornika, dioda nie przewodzi, część 3 trwa aż do następnego załączenia tranzystora.

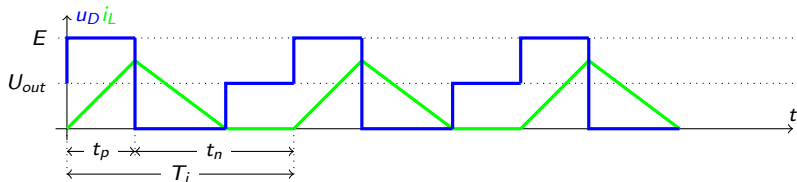


Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BUCK

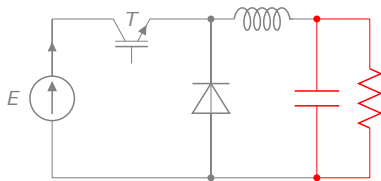


Tryby nieciągły:

- część 1 - tranzystor załączony, energia pobierana jest ze źródła zasilania, prąd dławika rośnie, dławik gromadzi energię, dioda spolaryzowana w kierunku zaporowym,
- część 2 - tranzystor wyłączony, dławik oddaje energię, prąd dławika maleje, dioda spolaryzowana w kierunku przewodzenia,
- część 3 - zaczyna się od momentu gdy prąd dławika zmaleje do zera, kondensator dostarcza energię do odbiornika, dioda nie przewodzi, część 3 trwa aż do następnego załączenia tranzystora.

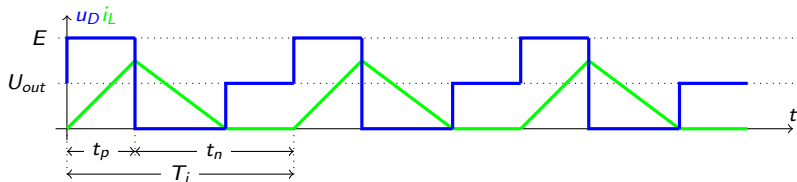


Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BUCK

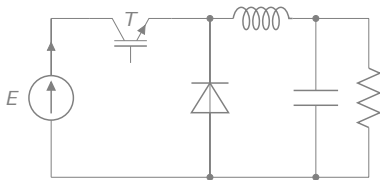


Tryby nieciągły:

- część 1 - tranzystor załączony, energia pobierana jest ze źródła zasilania, prąd dławika rośnie, dławik gromadzi energię, dioda spolaryzowana w kierunku zaporowym,
- część 2 - tranzystor wyłączony, dławik oddaje energię, prąd dławika maleje, dioda spolaryzowana w kierunku przewodzenia,
- **część 3** - zaczyna się od momentu gdy prąd dławika zmaleje do zera, kondensator dostarcza energię do odbiornika, dioda nie przewodzi, część 3 trwa aż do następnego załączenia tranzystora.

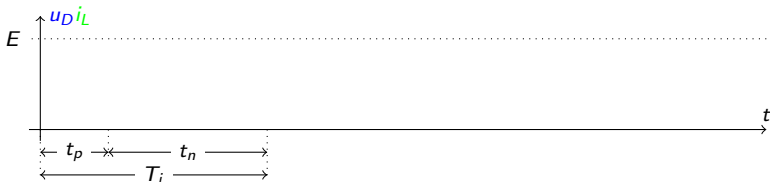


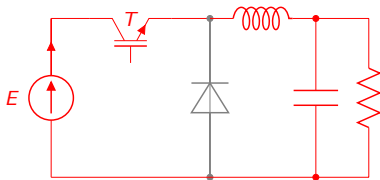
Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BUCK



Tryby ciągły:

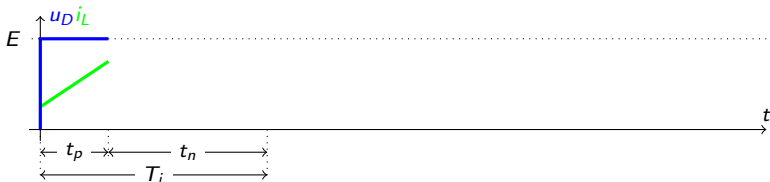
- część 1 - tranzystor załączony, energia pobierana jest ze źródła zasilania, prąd dławika rośnie, dławik gromadzi energię, dioda spolaryzowana w kierunku zaporowym,
- część 2 - tranzystor wyłączony, dławik oddaje energię, prąd dławika maleje, dioda spolaryzowana w kierunku przewodzenia.



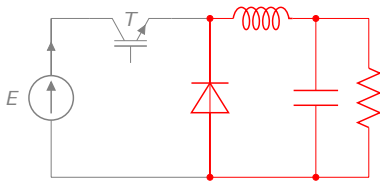


Tryby ciągły:

- część 1 - tranzystor załączony, energia pobierana jest ze źródła zasilania, prąd dławika rośnie, dławik gromadzi energię, dioda spolaryzowana w kierunku zaporowym,
- część 2 - tranzystor wyłączony, dławik oddaje energię, prąd dławika maleje, dioda spolaryzowana w kierunku przewodzenia.

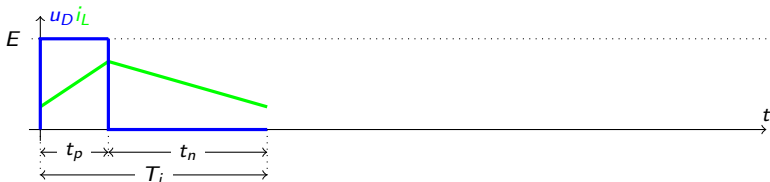


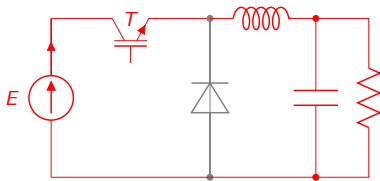
Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BUCK



Tryby ciągły:

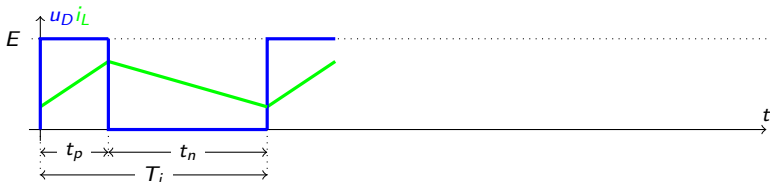
- część 1 - tranzystor załączony, energia pobierana jest ze źródła zasilania, prąd dławika rośnie, dławik gromadzi energię, dioda spolaryzowana w kierunku zaporowym,
- część 2 - tranzystor wyłączony, dławik oddaje energię, prąd dławika maleje, dioda spolaryzowana w kierunku przewodzenia.



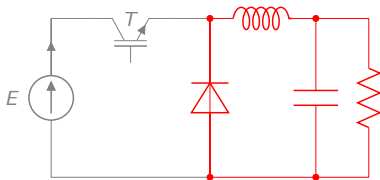


Tryby ciągły:

- część 1 - tranzystor załączony, energia pobierana jest ze źródła zasilania, prąd dławika rośnie, dławik gromadzi energię, dioda spolaryzowana w kierunku zaporowym,
- część 2 - tranzystor wyłączony, dławik oddaje energię, prąd dławika maleje, dioda spolaryzowana w kierunku przewodzenia.

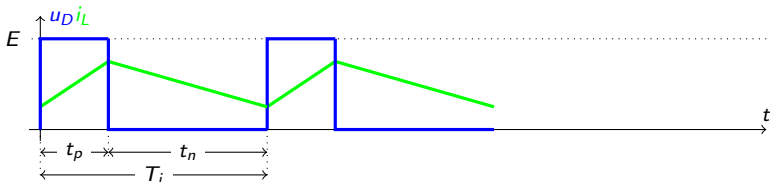


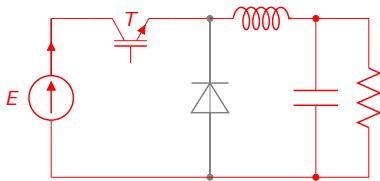
Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BUCK



Tryby ciągły:

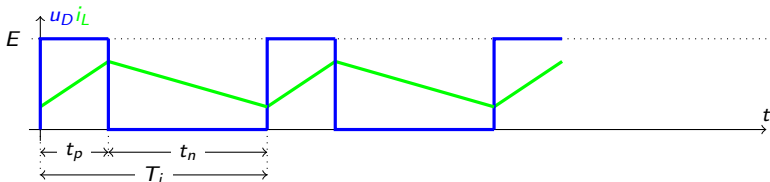
- część 1 - tranzystor załączony, energia pobierana jest ze źródła zasilania, prąd dławika rośnie, dławik gromadzi energię, dioda spolaryzowana w kierunku zaporowym,
- część 2 - tranzystor wyłączony, dławik oddaje energię, prąd dławika maleje, dioda spolaryzowana w kierunku przewodzenia.

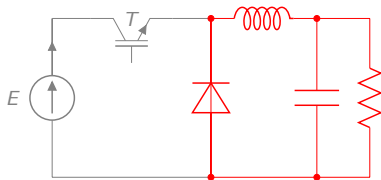




Tryby ciągły:

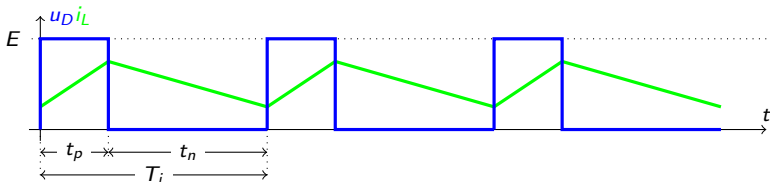
- część 1 - tranzystor załączony, energia pobierana jest ze źródła zasilania, prąd dławika rośnie, dławik gromadzi energię, dioda spolaryzowana w kierunku zaporowym,
- część 2 - tranzystor wyłączony, dławik oddaje energię, prąd dławika maleje, dioda spolaryzowana w kierunku przewodzenia.

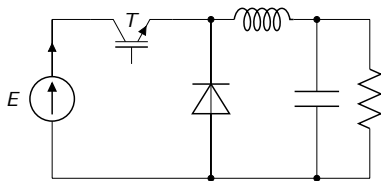




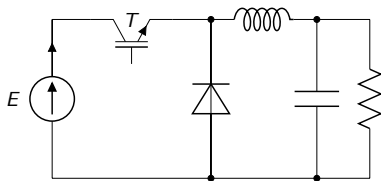
Tryby ciągły:

- część 1 - tranzystor załączony, energia pobierana jest ze źródła zasilania, prąd dławika rośnie, dławik gromadzi energię, dioda spolaryzowana w kierunku zaporowym,
- część 2 - tranzystor wyłączony, dławik oddaje energię, prąd dławika maleje, dioda spolaryzowana w kierunku przewodzenia.



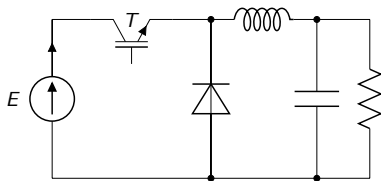


W jaki sposób z przetwornicy BUCK zrobić zasilacz laboratoryjny?



W jaki sposób z przetwornicy BUCK zrobić zasilacz laboratoryjny?

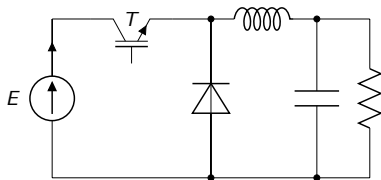




W jaki sposób z przetwornicy BUCK zrobić zasilacz laboratoryjny?

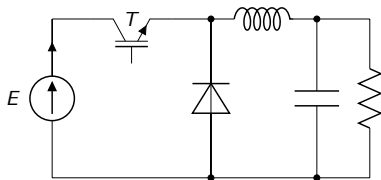


Układ zamkniętej regulacji automatycznej z ujemnym sprzężeniem zwrotnym od napięcia lub prądu.

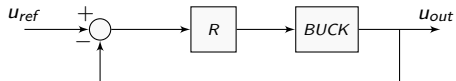


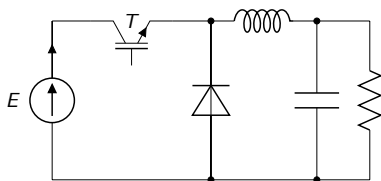
Schemat blokowy przetwornicy pracującej w układzie zamkniętym?

Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BUCK

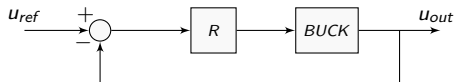


Schemat blokowy przetwornicy pracującej w układzie zamkniętym?



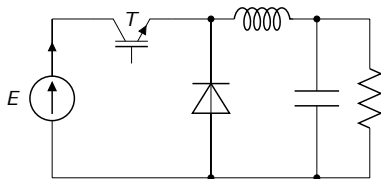


Schemat blokowy przetwornicy pracującej w układzie zamkniętym?

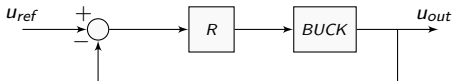


u_{ref} - przebieg referencyjny (zadany)

Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BUCK

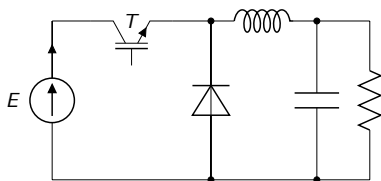


Schemat blokowy przetwornicy pracującej w układzie zamkniętym?

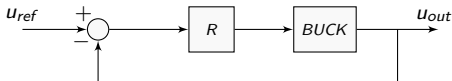


u_{ref} - przebieg referencyjny (zadany)

u_{out} - przebieg wyjściowy



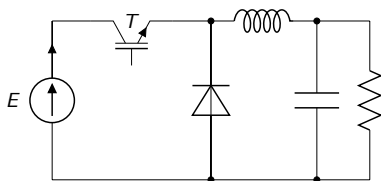
Schemat blokowy przetwornicy pracującej w układzie zamkniętym?



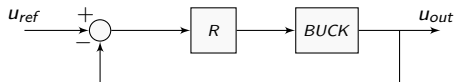
u_{ref} - przebieg referencyjny (zadany)

u_{out} - przebieg wyjściowy

$\Delta u = u_{ref} - u_{out}$ - uchyb



Schemat blokowy przetwornicy pracującej w układzie zamkniętym?

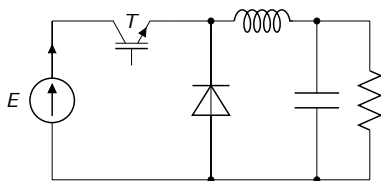


u_{ref} - przebieg referencyjny (zadany)

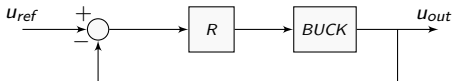
u_{out} - przebieg wyjściowy

$\Delta u = u_{ref} - u_{out}$ - uchyb

R - regulator



Schemat blokowy przetwornicy pracującej w układzie zamkniętym?



u_{ref} - przebieg referencyjny (zadany)

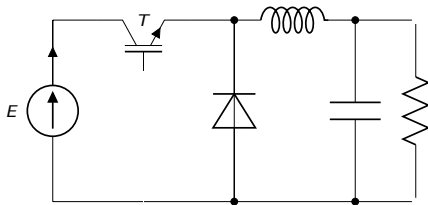
u_{out} - przebieg wyjściowy

$\Delta u = u_{ref} - u_{out}$ - uchyb

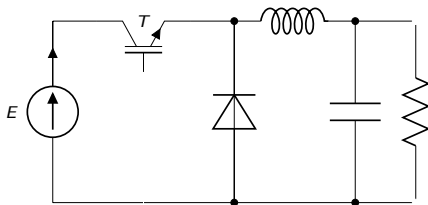
R - regulator

W układzie zamkniętym z ujemnym sprzężeniem zwrotnym uchyb dąży do zera a przez co przebieg wyjściowy odwzorowuje przebieg referencyjny.

Przetwornica BUCK w układzie zamkniętym z ujemnym sprzężeniem zwrotnym od napięcia



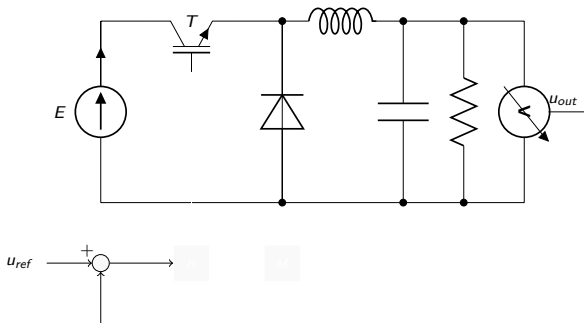
Przetwornica BUCK w układzie zamkniętym z ujemnym sprzężeniem zwrotnym od napięcia



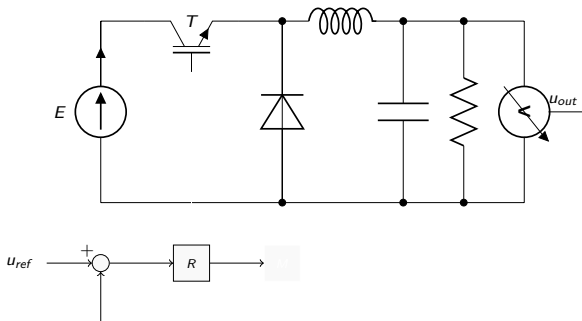
u_{ref}



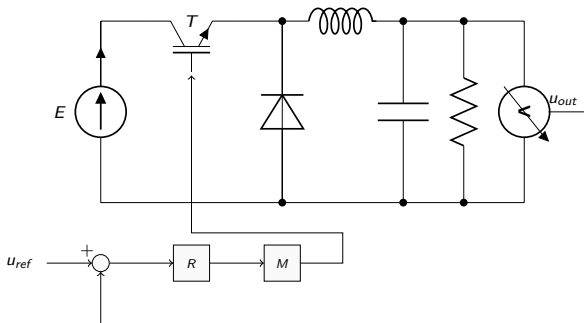
Przetwornica BUCK w układzie zamkniętym z ujemnym sprzężeniem zwrotnym od napięcia



Przetwornica BUCK w układzie zamkniętym z ujemnym sprzężeniem zwrotnym od napięcia



Przetwornica BUCK w układzie zamkniętym z ujemnym sprzężeniem zwrotnym od napięcia wyjściowego



Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BUCK

MC33063A

0115636N—DECEMBER 2004—REVISED JANUARY 2015

MC33063A 1.5-A Peak Boost/Buck/Inverting Switching Regulators

1 Features

- Wide Input Voltage Range: 3 V to 40 V
- High Output Switch Current: Up to 1.5 A
- Adjustable Output Voltage
- Oscillator Frequency Up to 100 kHz
- Precision Internal Reference: 2%
- Short-Circuit Current Limiting
- Low Standby Current

2 Applications

- Blood Gas Analyzers: Portable
- Cable Solutions
- HMI's (Human Machine Interfaces)
- Telecommunications
- Portable Devices
- Consumer & Computing
- Test & Measurement

3 Description

The MC33063A and MC34063A devices are easy-to-use ICs containing all the primary circuitry needed for building simple DC-DC converters. These devices primarily consist of an internal temperature-compensated reference, a comparator, an oscillator, a PWM controller with active current limiting, a driver, and a high-current output switch. Thus, the devices require minimal external components to build converters in the boost, buck, and inverting topologies.

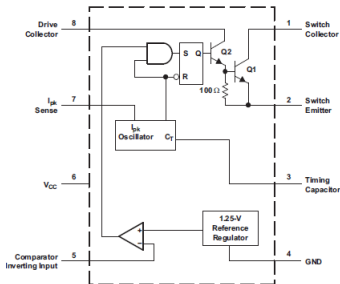
The MC33063A device is characterized for operation from -40°C to 85°C , while the MC34063A device is characterized for operation from 0°C to 70°C .

Device Information⁽¹⁾

PART NUMBER	PACKAGE (PIN)	BODY SIZE
MC33063A	SOIC (8)	4.90 mm × 3.91 mm
	SON (8)	4.00 mm × 4.00 mm
	PDIP (8)	9.81 mm × 6.35 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the data sheet.

4 Simplified Schematic



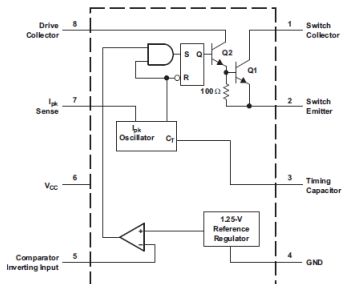
Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BUCK

8.1 Overview

The MC33063A and MC34063A devices are easy-to-use ICs containing all the primary circuitry needed for building simple DC-DC converters. These devices primarily consist of an internal temperature-compensated reference, a comparator, an oscillator, a PWM controller with active current limiting, a driver, and a high-current output switch. Thus, the devices require minimal external components to build converters in the boost, buck, and inverting topologies.

The MC33063A device is characterized for operation from -40°C to 85°C , while the MC34063A device is characterized for operation from 0°C to 70°C .

8.2 Functional Block Diagram



8.3 Feature Description

- Wide Input Voltage Range: 3 V to 40 V
- High Output Switch Current: Up to 1.5 A
- Adjustable Output Voltage
- Oscillator Frequency Up to 100 kHz
- Precision Internal Reference: 2%
- Short-Circuit Current Limiting
- Low Standby Current

9.2.3 Step-Down Converter Application

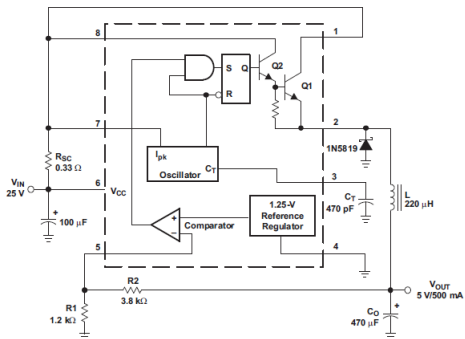
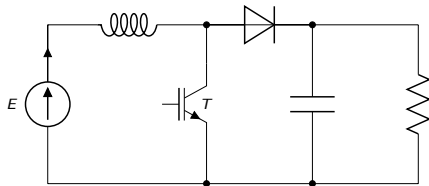


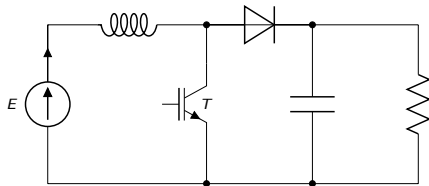
Figure 11. Step-Down Converter

Schemat układu:

Schemat układu:



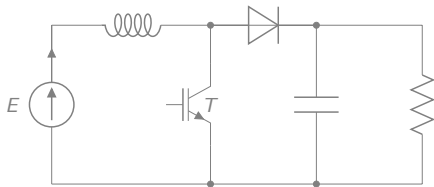
Schemat układu:



Dwa tryby pracy ze względu na prąd dławika:

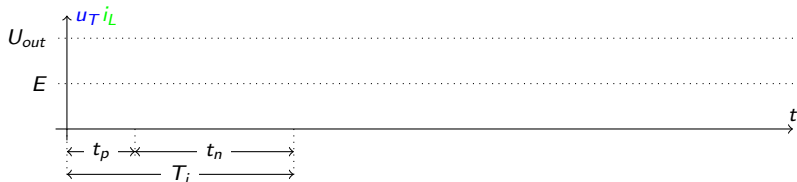
- tryb ciągły,
- tryb nieciągły.

Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BOOST

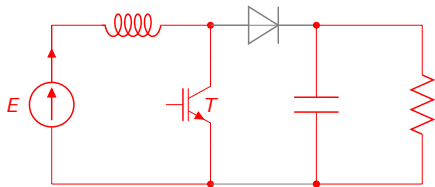


Tryb ciągły:

- część 1 - tranzystor załączony, dławik gromadzi energię, dioda spolaryzowana jest zaporowo napięciem z kondensatora, odbiornik pobiera energię z kondensatora,
- część 2 - tranzystor wyłączony, napięcie indukowane na dławiku polaryzuje diodę w kierunku przewodzenia, energia przekazywana jest ze źródła i dławika do kondensatora i obciążenia.

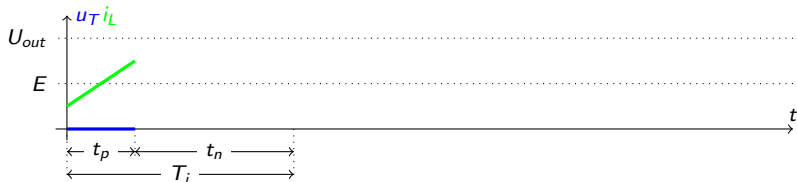


Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BOOST

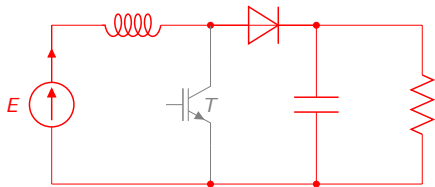


Tryb ciągły:

- część 1 - tranzystor załączony, dławik gromadzi energię, dioda spolaryzowana jest zaporowo napięciem z kondensatora, odbiornik pobiera energię z kondensatora,
- część 2 - tranzystor wyłączony, napięcie indukowane na dławiku polaryzuje diodę w kierunku przewodzenia, energia przekazywana jest ze źródła i dławika do kondensatora i obciążenia.



Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BOOST

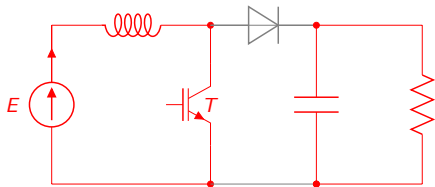


Tryb ciągły:

- część 1 - tranzystor załączony, dławik gromadzi energię, dioda spolaryzowana jest zaporowo napięciem z kondensatora, odbiornik pobiera energię z kondensatora,
- część 2 - tranzystor wyłączony, napięcie indukowane na dławiku polaryzuje diodę w kierunku przewodzenia, energia przekazywana jest ze źródła i dławika do kondensatora i obciążenia.

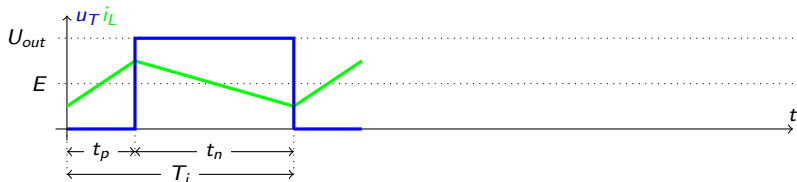


Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BOOST

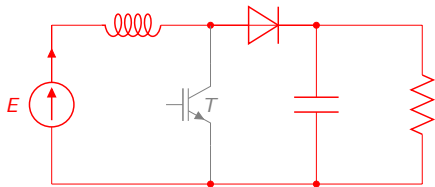


Tryb ciągły:

- część 1 - tranzystor załączony, dławik gromadzi energię, dioda spolaryzowana jest zaporowo napięciem z kondensatora, odbiornik pobiera energię z kondensatora,
- część 2 - tranzystor wyłączony, napięcie indukowane na dławiku polaryzuje diodę w kierunku przewodzenia, energia przekazywana jest ze źródła i dławika do kondensatora i obciążenia.

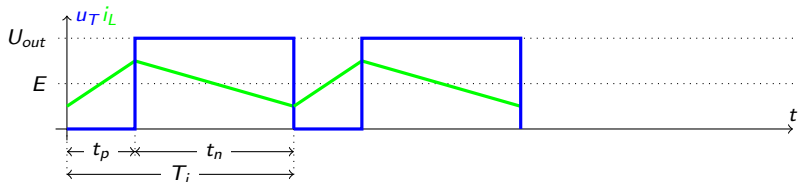


Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BOOST

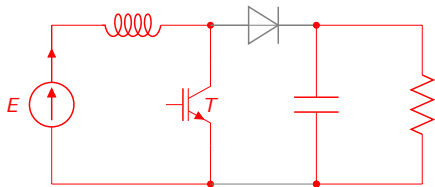


Tryb ciągły:

- część 1 - tranzystor załączony, dławik gromadzi energię, dioda spolaryzowana jest zaporowo napięciem z kondensatora, odbiornik pobiera energię z kondensatora,
- część 2 - tranzystor wyłączony, napięcie indukowane na dławiku polaryzuje diodę w kierunku przewodzenia, energia przekazywana jest ze źródła i dławika do kondensatora i obciążenia.

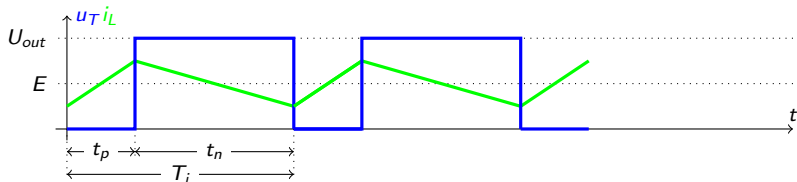


Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BOOST

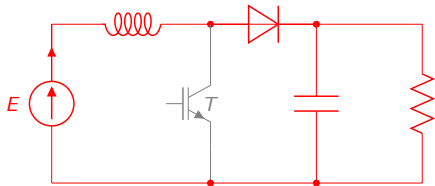


Tryb ciągły:

- część 1 - tranzystor załączony, dławik gromadzi energię, dioda spolaryzowana jest zaporowo napięciem z kondensatora, odbiornik pobiera energię z kondensatora,
- część 2 - tranzystor wyłączony, napięcie indukowane na dławiku polaryzuje diodę w kierunku przewodzenia, energia przekazywana jest ze źródła i dławika do kondensatora i obciążenia.

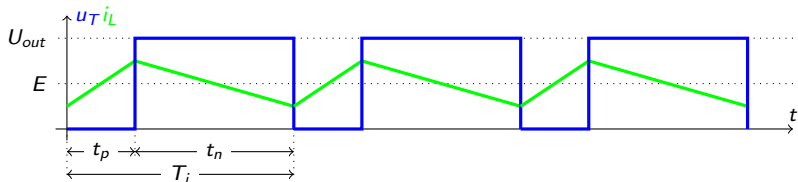


Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BOOST

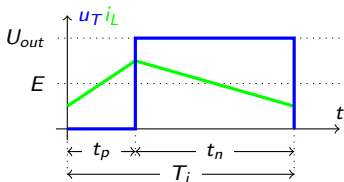
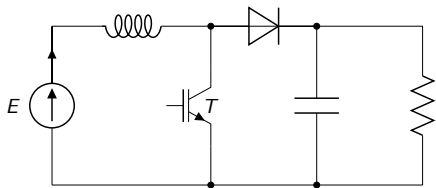


Tryb ciągły:

- część 1 - tranzystor załączony, dławik gromadzi energię, dioda spolaryzowana jest zaporowo napięciem z kondensatora, odbiornik pobiera energię z kondensatora,
- część 2 - tranzystor wyłączony, napięcie indukowane na dławiku polaryzuje diodę w kierunku przewodzenia, energia przekazywana jest ze źródła i dławika do kondensatora i obciążenia.

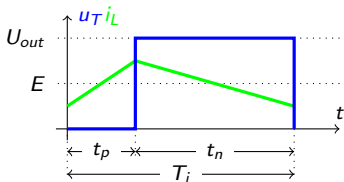
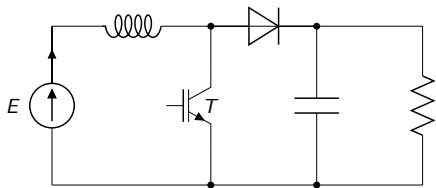


Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BOOST



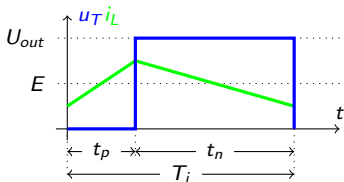
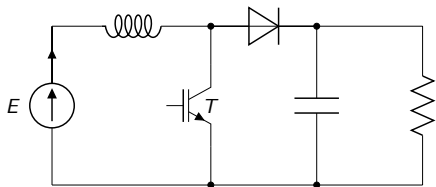
Zależność opisująca napięcie cewki?

Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BOOST



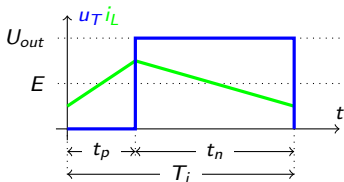
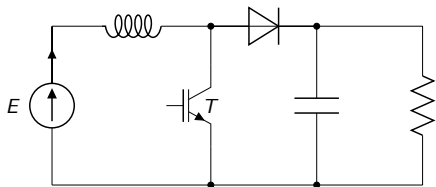
Zależność opisująca napięcie cewki? $U_L = L \frac{di}{dt}$

Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BOOST



Zależność opisująca napięcie cewki? $U_L = L \frac{di}{dt}$ dla $U_L = const$ $U_L = L \frac{\Delta i}{\Delta T}$

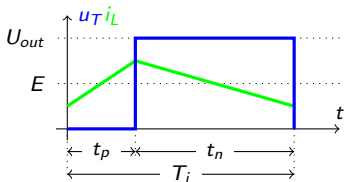
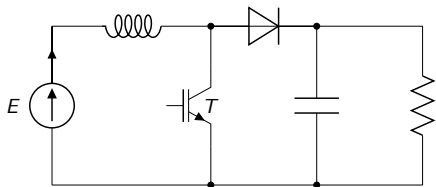
Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BOOST



Zależność opisująca napięcie cewki? $U_L = L \frac{di}{dt}$ dla $U_L = \text{const}$ $U_L = L \frac{\Delta i}{\Delta T}$

Gdy klucz jest załączony:

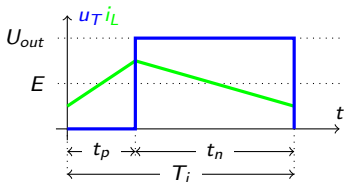
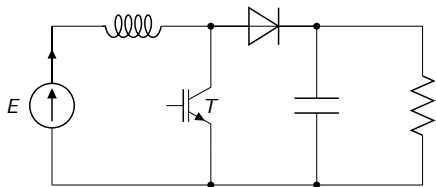
Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BOOST



Zależność opisująca napięcie cewki? $U_L = L \frac{di}{dt}$ dla $U_L = const$ $U_L = L \frac{\Delta i}{\Delta T}$

Gdy klucz jest załączony: $E = L \frac{\Delta i}{t_p}$

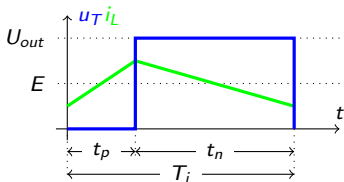
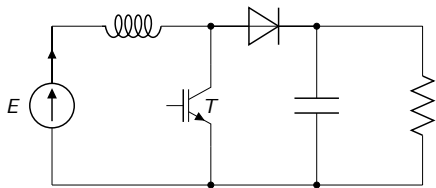
Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BOOST



Zależność opisująca napięcie cewki? $U_L = L \frac{di}{dt}$ dla $U_L = const$ $U_L = L \frac{\Delta i}{\Delta T}$

Gdy klucz jest załączony: $E = L \frac{\Delta i}{t_p} \Rightarrow \Delta i = \frac{E t_p}{L}$

Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BOOST

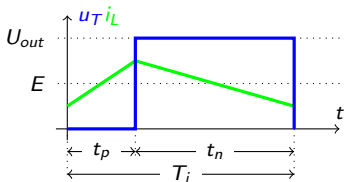
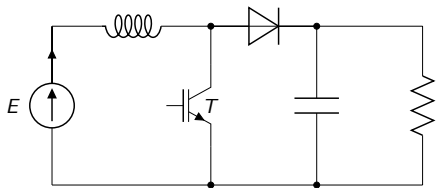


Zależność opisująca napięcie cewki? $U_L = L \frac{di}{dt}$ dla $U_L = const$ $U_L = L \frac{\Delta i}{\Delta T}$

Gdy klucz jest załączony: $E = L \frac{\Delta i}{t_p} \Rightarrow \Delta i = \frac{E t_p}{L}$

Gdy klucz jest wyłączony:

Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BOOST

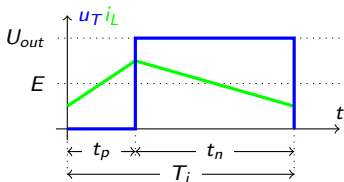
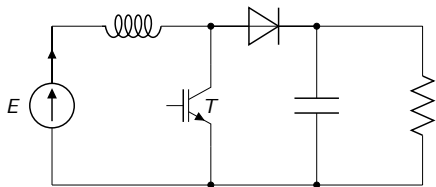


Zależność opisująca napięcie cewki? $U_L = L \frac{di}{dt}$ dla $U_L = const$ $U_L = L \frac{\Delta i}{\Delta T}$

Gdy klucz jest załączony: $E = L \frac{\Delta i}{t_p} \Rightarrow \Delta i = \frac{E t_p}{L}$

Gdy klucz jest wyłączony: $U_{out} - E = L \frac{\Delta i}{t_n}$

Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BOOST

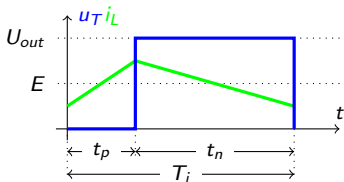
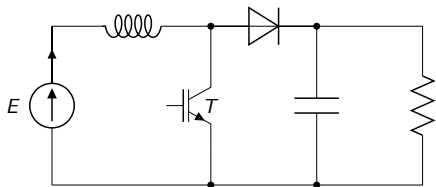


Zależność opisująca napięcie cewki? $U_L = L \frac{di}{dt}$ dla $U_L = const$ $U_L = L \frac{\Delta i}{\Delta T}$

Gdy klucz jest załączony: $E = L \frac{\Delta i}{t_p} \Rightarrow \Delta i = \frac{E t_p}{L}$

Gdy klucz jest wyłączony: $U_{out} - E = L \frac{\Delta i}{t_n} \Rightarrow \Delta i = \frac{(U_{out} - E) t_n}{L}$

Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BOOST



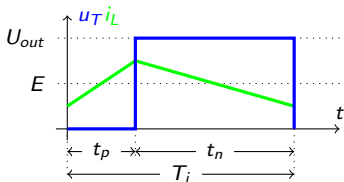
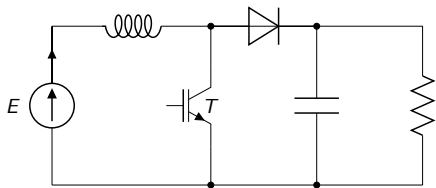
Zależność opisująca napięcie cewki? $U_L = L \frac{di}{dt}$ dla $U_L = const$ $U_L = L \frac{\Delta i}{\Delta T}$

Gdy klucz jest załączony: $E = L \frac{\Delta i}{t_p} \Rightarrow \Delta i = \frac{E t_p}{L}$

Gdy klucz jest wyłączony: $U_{out} - E = L \frac{\Delta i}{t_n} \Rightarrow \Delta i = \frac{(U_{out} - E) t_n}{L}$

$$\frac{(U_{out} - E) t_n}{L} = \frac{E t_p}{L}$$

Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BOOST



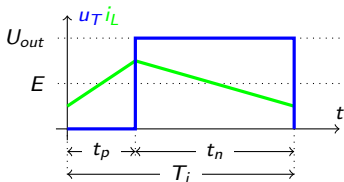
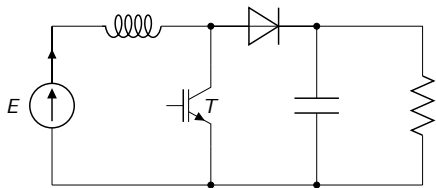
Zależność opisująca napięcie cewki? $U_L = L \frac{di}{dt}$ dla $U_L = const$ $U_L = L \frac{\Delta i}{\Delta T}$

Gdy klucz jest załączony: $E = L \frac{\Delta i}{t_p} \Rightarrow \Delta i = \frac{E t_p}{L}$

Gdy klucz jest wyłączony: $U_{out} - E = L \frac{\Delta i}{t_n} \Rightarrow \Delta i = \frac{(U_{out} - E) t_n}{L}$

$$\frac{(U_{out} - E) t_n}{L} = \frac{E t_p}{L} \Rightarrow$$

Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BOOST



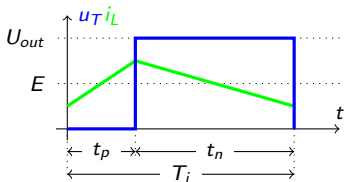
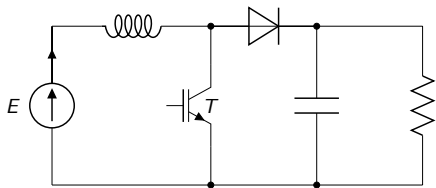
Zależność opisująca napięcie cewki? $U_L = L \frac{di}{dt}$ dla $U_L = const$ $U_L = L \frac{\Delta i}{\Delta T}$

Gdy klucz jest załączony: $E = L \frac{\Delta i}{t_p} \Rightarrow \Delta i = \frac{E t_p}{L}$

Gdy klucz jest wyłączony: $U_{out} - E = L \frac{\Delta i}{t_n} \Rightarrow \Delta i = \frac{(U_{out} - E) t_n}{L}$

$$\frac{(U_{out} - E) t_n}{L} = \frac{E t_p}{L} \Rightarrow U_{out}$$

Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BOOST



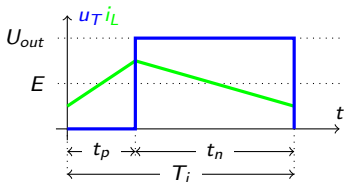
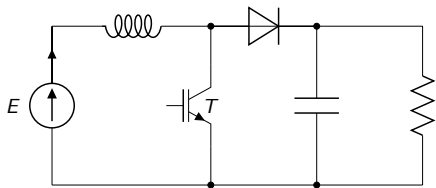
Zależność opisująca napięcie cewki? $U_L = L \frac{di}{dt}$ dla $U_L = const$ $U_L = L \frac{\Delta i}{\Delta T}$

Gdy klucz jest załączony: $E = L \frac{\Delta i}{t_p} \Rightarrow \Delta i = \frac{E t_p}{L}$

Gdy klucz jest wyłączony: $U_{out} - E = L \frac{\Delta i}{t_n} \Rightarrow \Delta i = \frac{(U_{out} - E) t_n}{L}$

$$\frac{(U_{out} - E) t_n}{L} = \frac{E t_p}{L} \Rightarrow U_{out} = E \frac{t_p + t_n}{t_n} = E \frac{1}{1 - \delta}$$

Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BOOST



Zależność opisująca napięcie cewki? $U_L = L \frac{di}{dt}$ dla $U_L = const$ $U_L = L \frac{\Delta i}{\Delta T}$

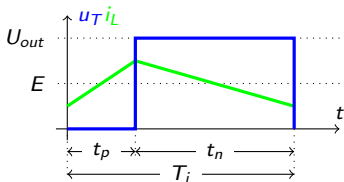
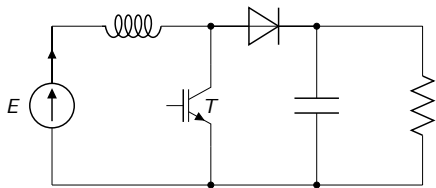
Gdy klucz jest załączony: $E = L \frac{\Delta i}{t_p} \Rightarrow \Delta i = \frac{E t_p}{L}$

Gdy klucz jest wyłączony: $U_{out} - E = L \frac{\Delta i}{t_n} \Rightarrow \Delta i = \frac{(U_{out} - E) t_n}{L}$

$$\frac{(U_{out} - E) t_n}{L} = \frac{E t_p}{L} \Rightarrow U_{out} = E \frac{t_p + t_n}{t_n} = E \frac{1}{1 - \delta}$$

Charakterystyka regulacyjna (tryb ciągły): $U_{out} = E \frac{1}{1 - \delta}$

Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BOOST



Zależność opisująca napięcie cewki? $U_L = L \frac{di}{dt}$ dla $U_L = const$ $U_L = L \frac{\Delta i}{\Delta T}$

Gdy klucz jest załączony: $E = L \frac{\Delta i}{t_p} \Rightarrow \Delta i = \frac{E t_p}{L}$

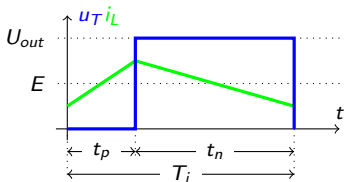
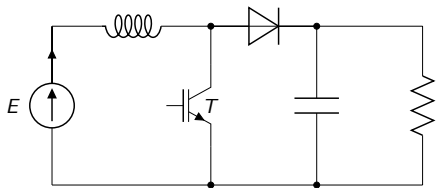
Gdy klucz jest wyłączony: $U_{out} - E = L \frac{\Delta i}{t_n} \Rightarrow \Delta i = \frac{(U_{out} - E) t_n}{L}$

$$\frac{(U_{out} - E) t_n}{L} = \frac{E t_p}{L} \Rightarrow U_{out} = E \frac{t_p + t_n}{t_n} = E \frac{1}{1 - \delta}$$

Charakterystyka regulacyjna (tryb ciągły): $U_{out} = E \frac{1}{1 - \delta}$

Przetwornica BOOST (step up) jest to **przetwornica podwyższająca napięcie.**

Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BOOST



Zależność opisująca napięcie cewki? $U_L = L \frac{di}{dt}$ dla $U_L = const$ $U_L = L \frac{\Delta i}{\Delta T}$

Gdy klucz jest załączony: $E = L \frac{\Delta i}{t_p} \Rightarrow \Delta i = \frac{E t_p}{L}$

Gdy klucz jest wyłączony: $U_{out} - E = L \frac{\Delta i}{t_n} \Rightarrow \Delta i = \frac{(U_{out} - E) t_n}{L}$

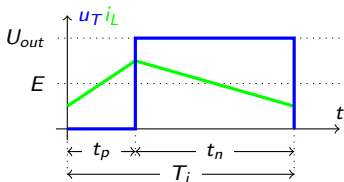
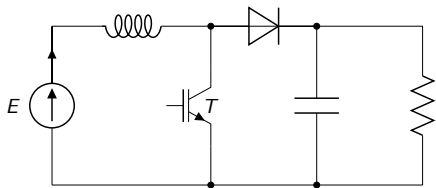
$$\frac{(U_{out} - E) t_n}{L} = \frac{E t_p}{L} \Rightarrow U_{out} = E \frac{t_p + t_n}{t_n} = E \frac{1}{1 - \delta}$$

Charakterystyka regulacyjna (tryb ciągły): $U_{out} = E \frac{1}{1 - \delta}$

Przetwornica BOOST (step up) jest to **przetwornica podwyższająca napięcie.**

Gdy $\delta \rightarrow 1$ to $U_{out} \rightarrow \infty$.

Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BOOST



Zależność opisująca napięcie cewki? $U_L = L \frac{di}{dt}$ dla $U_L = const$ $U_L = L \frac{\Delta i}{\Delta T}$

Gdy klucz jest załączony: $E = L \frac{\Delta i}{t_p} \Rightarrow \Delta i = \frac{E t_p}{L}$

Gdy klucz jest wyłączony: $U_{out} - E = L \frac{\Delta i}{t_n} \Rightarrow \Delta i = \frac{(U_{out} - E) t_n}{L}$

$$\frac{(U_{out} - E) t_n}{L} = \frac{E t_p}{L} \Rightarrow U_{out} = E \frac{t_p + t_n}{t_n} = E \frac{1}{1 - \delta}$$

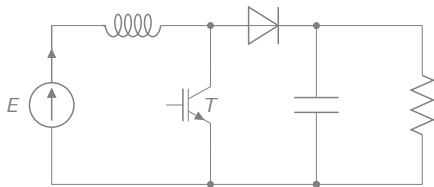
Charakterystyka regulacyjna (tryb ciągły): $U_{out} = E \frac{1}{1 - \delta}$

Przetwornica BOOST (step up) jest to **przetwornica podwyższająca napięcie.**

Gdy $\delta \rightarrow 1$ to $U_{out} \rightarrow \infty$.

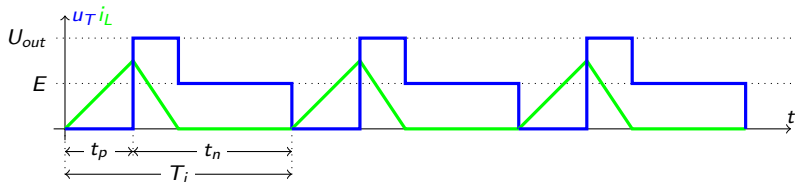
Zalecany zakres sterowania $\delta \in (0; 0.75)$

Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BOOST

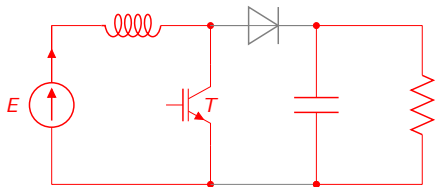


Tryb nieciągły:

- część 1 - tranzystor załączony, dławik gromadzi energię, dioda spolaryzowana jest zaporowo napięciem z kondensatora, odbiornik pobiera energię z kondensatora,
- część 2 - tranzystor wyłączony, napięcie indukowane na dławiku polaryzuje diodę w kierunku przewodzenia, energia przekazywana jest ze źródła i dławika do kondensatora i obciążenia,
- część 3 - tranzystor wyłączony, prąd dławika równa się 0, dioda spolaryzowana zaporowo, odbiornik pobiera energię z kondensatora.

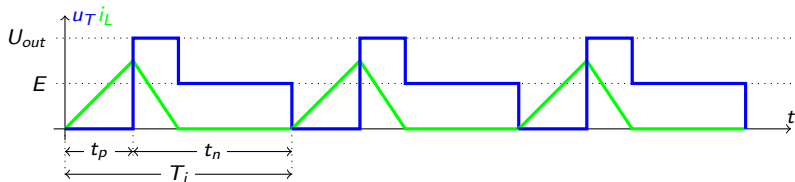


Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BOOST

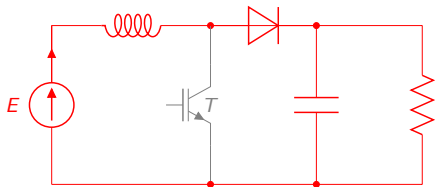


Tryb nieciągły:

- część 1 - tranzystor załączony, dławik gromadzi energię, dioda spolaryzowana jest zaporowo napięciem z kondensatora, odbiornik pobiera energię z kondensatora,
- część 2 - tranzystor wyłączony, napięcie indukowane na dławiku polaryzuje diodę w kierunku przewodzenia, energia przekazywana jest ze źródła i dławika do kondensatora i obciążenia,
- część 3 - tranzystor wyłączony, prąd dławika równa się 0, dioda spolaryzowana zaporowo, odbiornik pobiera energię z kondensatora.

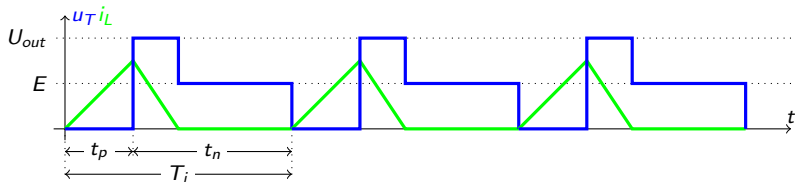


Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BOOST

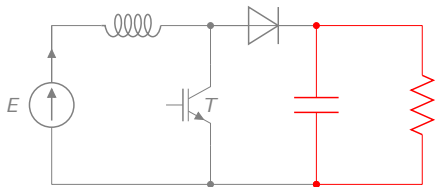


Tryb nieciągły:

- część 1 - tranzystor załączony, dławik gromadzi energię, dioda spolaryzowana jest zaporowo napięciem z kondensatora, odbiornik pobiera energię z kondensatora,
- część 2 - tranzystor wyłączony, napięcie indukowane na dławiku polaryzuje diodę w kierunku przewodzenia, energia przekazywana jest ze źródła i dławika do kondensatora i obciążenia,
- część 3 - tranzystor wyłączony, prąd dławika równa się 0, dioda spolaryzowana zaporowo, odbiornik pobiera energię z kondensatora.

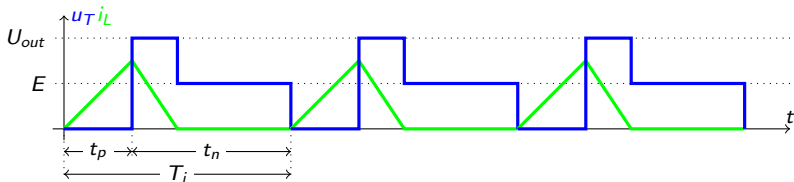


Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BOOST



Tryb nieciągły:

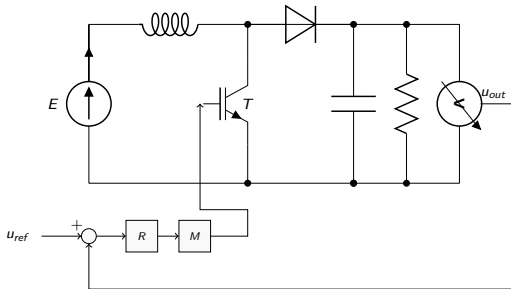
- część 1 - tranzystor załączony, dławik gromadzi energię, dioda spolaryzowana jest zaporowo napięciem z kondensatora, odbiornik pobiera energię z kondensatora,
- część 2 - tranzystor wyłączony, napięcie indukowane na dławiku polaryzuje diodę w kierunku przewodzenia, energia przekazywana jest ze źródła i dławika do kondensatora i obciążenia,
- część 3 - tranzystor wyłączony, prąd dławika równa się 0, dioda spolaryzowana zaporowo, odbiornik pobiera energię z kondensatora.



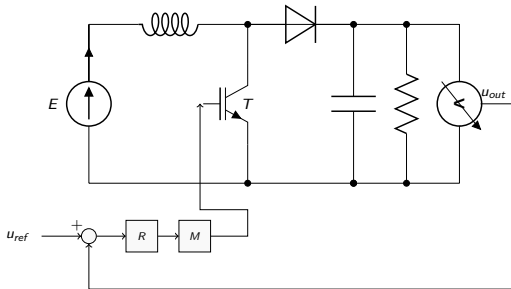
Przetwornica typu BOOST w układzie zamkniętym, z ujemnym sprzężeniem zwrotnym od napięcia:

Tranzystorowy regulator impulsowy napięcia stałego typu BOOST

Przetwornica typu BOOST w układzie zamkniętym, z ujemnym sprzężeniem zwrotnym od napięcia:



Przetwornica typu BOOST w układzie zamkniętym, z ujemnym sprzężeniem zwrotnym od napięcia:



Praca w układzie zamkniętym z regulatorem umożliwiającą utrzymywanie napięcia odbiornika możliwe bliskiemu napięciu zadanemu, przy zmieniających się warunkach zasilania oraz obciążenia przekształtnika.

9.2.2 Step-Up Converter Application

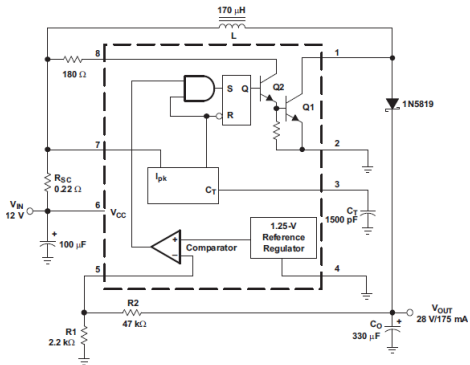


Figure 10. Step-Up Converter