

Wzmacniacze, wzmocnienie, filtry

Wykład 2

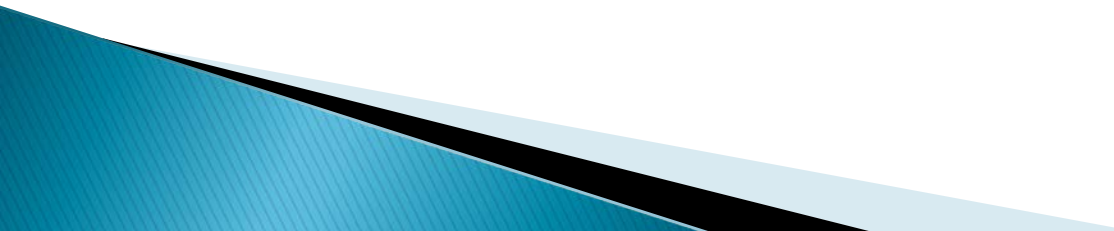
Projektowanie cyfrowych układów elektronicznych

Mgr inż. Łukasz Kirchner

Lukasz.kirchner@cs.put.poznan.pl

<http://www.cs.put.poznan.pl/lkirchner>

Bibliografia

- ▶ Sztuka Elektroniki – P. Horowitz, W.Hill
 - ▶ Układy półprzewodnikowe – U.Tietze, Ch. Schenk
 - ▶ Projektowanie układów analogowych – Robert A.Rease
 - ▶ Filtry analogowe i cyfrowe – Jacek Izydorczyk, Jacek Konopacki – PAN
 - ▶ Wzmacniacze Audio poradnik konstruktora – Jerzy Gołaszewski – BTC
- 

Wzmacniacz

- ▶ Wzmacniacz jest układem elektronicznym, którego zadaniem jest wytworzenie na wyjściu napięcia większego i proporcjonalnego do napięcia na wejściu.
- ▶ Wzmacniacz o wzmacnieniu < 1 jest tłumikiem
- ▶ Wzmacniacz o wzmacnieniu $= 1$ jest wtórnikiem

Wzmacniacze dzieli się wg. Kilku kryteriów:

- ▶ Typ sygnału na wejściu:
 - Wzmacniacz napięcia
 - Wzmacniacz prądu
 - Wzmacniacz mocy
- ▶ Rodzaj sygnału na wejściu:
 - Wzmacniacze stałoprądowe
 - Wzmacniacze pasmowe (selektywne, szerokopasmowe)

Parametry wzmacniaczy

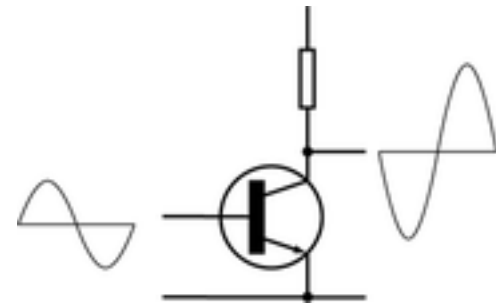
- ▶ Współczynnik wzmocnienia napięciowego
- ▶ Współczynnik wzmocnienia prądowego
- ▶ Rezystancja (impedancja) wejściowa
- ▶ Rezystancja (impedancja) wyjściowa
- ▶ Pasmo przenoszenia
- ▶ SNR – stosunek sygnału do szumu
- ▶ Sprawność $\eta = \frac{P_{wyj}}{P_{zas}} \cdot 100\%$

Klasy wzmacniaczy

- ▶ Klasa A
 - ▶ Klasa B
 - ▶ Klasa AB
 - ▶ Klasa C
 - ▶ Klasa D
 - ▶ Klasa E/F
 - ▶ Klasa G/H
 - ▶ Klasa T
 - ▶ Klasa Z
- 

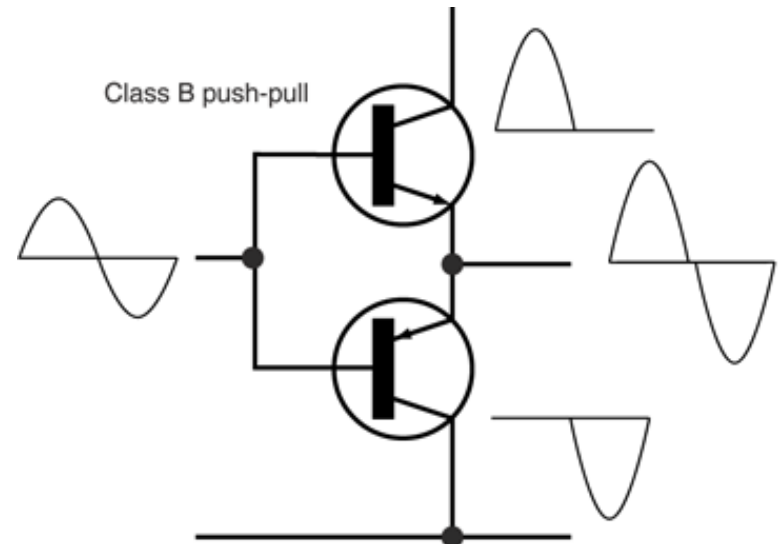
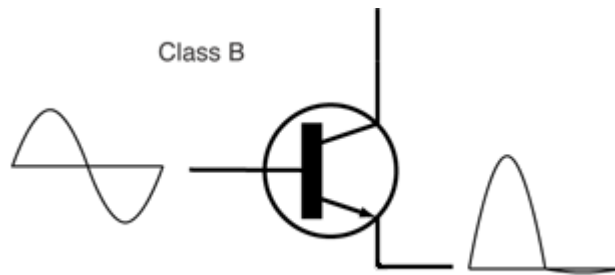
Wzmacniacz Klasy A

- ▶ prąd płynie przez element aktywny (tranzystor) przez cały okres sygnału (360° , 2π) w obszarze pracy liniowej.
- ▶ Mała sprawność (teoretyczna granica 25%)
- ▶ prostota budowy
- ▶ Wykorzystywana w układach małosygnałowych
- ▶ Wzmacniacze słuchawkowe

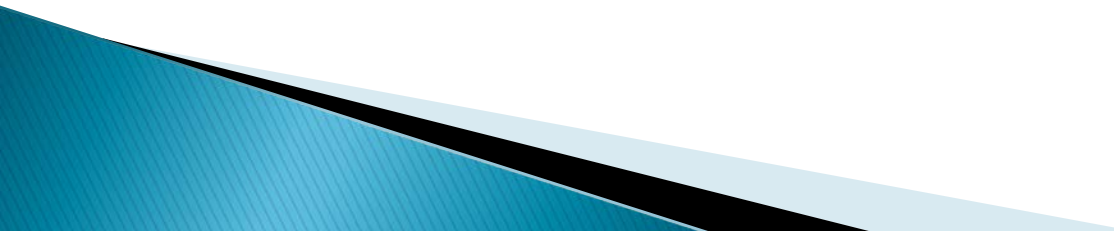


Wzmacniacz Klasy B

- ▶ prąd płynie przez połowę okresu (180° , π) w elemencie aktywnym (tranzystor) w obszarze pracy liniowej.
- ▶ Sprawność max 78.5%
- ▶ Zniekształcenia skrośne

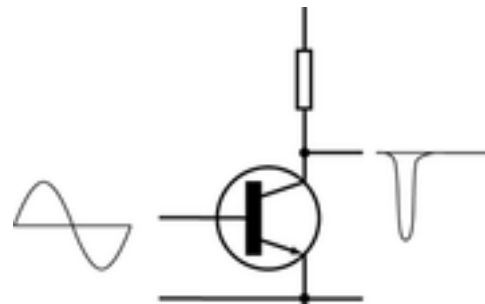


Klasa AB

- ▶ Połączenie klasy A i B – praca pomiędzy połową okresu a pełnym ($180^\circ - 360^\circ$, $\pi - 2\pi$)
 - ▶ Sprawność gorsza niż w B ale lepsza niż A (25% – 78.5%)
 - ▶ Mniejsze zniekształcenia sygnału
- 

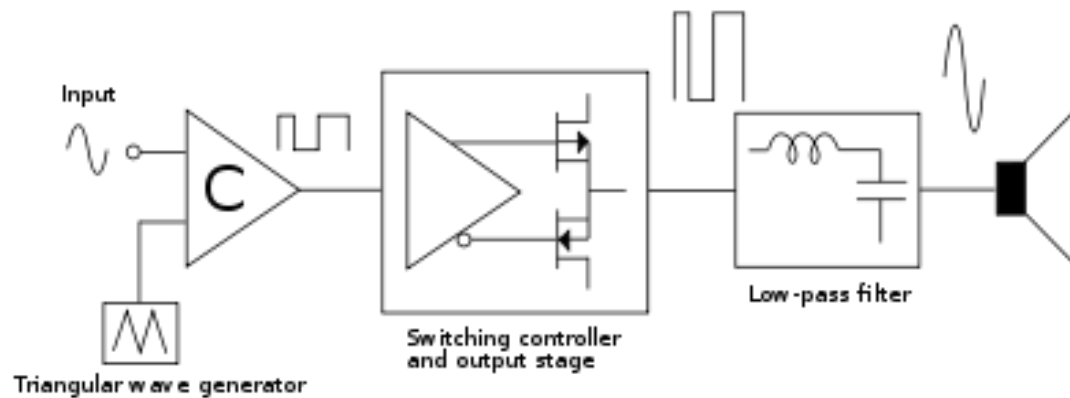
Klasa C

- ▶ Przewodzi przez mniej niż połowę okresu
- ▶ Duże zniekształcenia
- ▶ Sprawność nawet do 90%



Klasa D

- ▶ Na wyjściu występuje sygnał PWM (Pulse Width Modulation), który potem jest filtrowany, w celu uzyskania właściwego sygnału audio
- ▶ Obecnie sprawność $> 90\%$



Pozostałe klasy

- ▶ Klasa E/F – wzmacniacze prądu
- ▶ Klasa G/H – dostosowywanie napięcia zasilania w zależności o poziomym sygnału
- ▶ Klasa T – Ulepszona wersja klasy D (firmy TriPath)

Wzmacniacz operacyjny

▶ Wejścia:

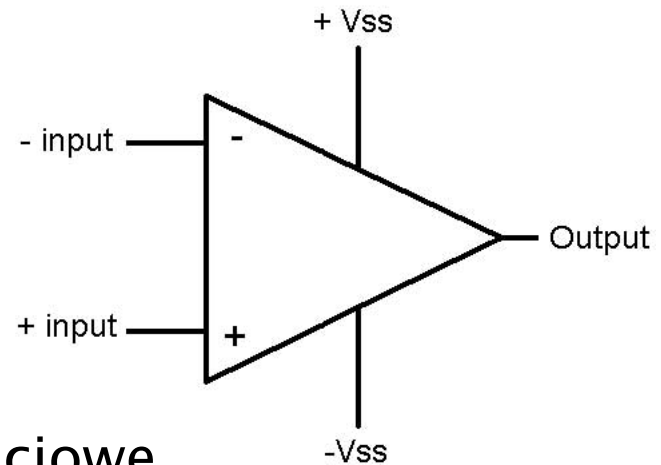
- Odwracające (-)
- Nieodwracające (+)

▶ Wyjście

▶ Zasilanie

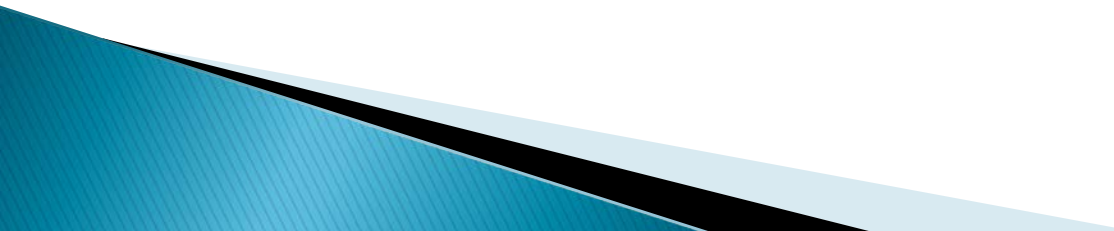
▶ Parametry (ważniejsze):

- Różnicowe wzmocnienie napięciowe
- Częstotliwość graniczna i pasmo
- Rezystancje wejściowe i wyjściowe
- Prądy i napięcia wyjściowe (max)
- Prąd polaryzacji wejść, zakres zmian nap. Wej.
- Wejściowe napięcie niezrównoważenia, wzmocnienie sygnału współbieżnego, współczynnik tłumienia sygnału współbieżnego (CMRR)

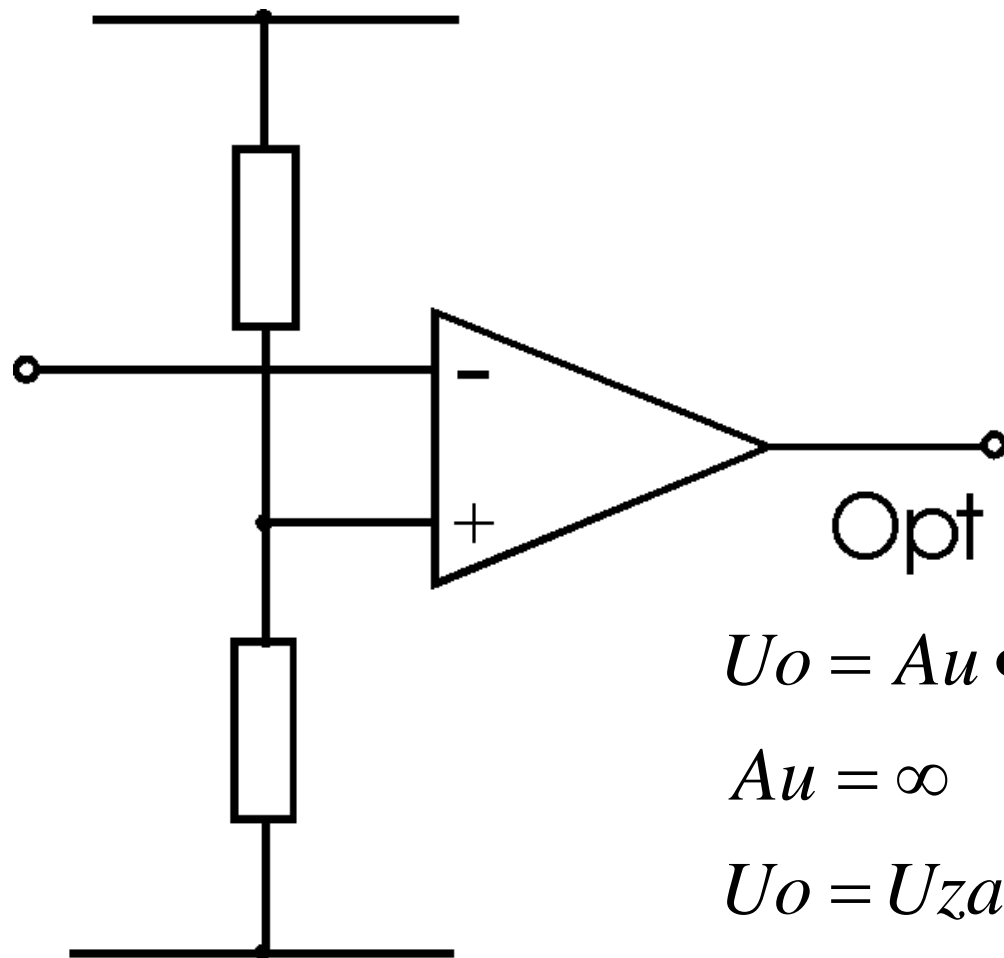


$$A_u = \frac{\Delta U_o}{\Delta(U_+ - U_-)} = \frac{\Delta U_o}{\Delta U_d}$$

Idealny wzmacniacz operacyjny

- ▶ nieskończenie duże różnicowe wzmocnienie napięciowe A_u
 - ▶ zerowe wejściowe napięcie niezrównoważenia
 - ▶ nieskończenie duża impedancja wejściowa
 - ▶ zerowa impedancja wyjściowa
 - ▶ nieskończenie szerokie pasmo przenoszenia
 - ▶ nieskończenie duży zakres dynamiczny
- 

Wzmacniacz jako komparator



$$U_o = Au \cdot (U_+ - U_-)$$

$$Au = \infty$$

$$U_o = U_{zas} \Leftrightarrow U_- < U_+$$

$$U_o = -U_{zas} \Leftrightarrow U_- > U_+$$

Komparator z histerezą (Schmitt)

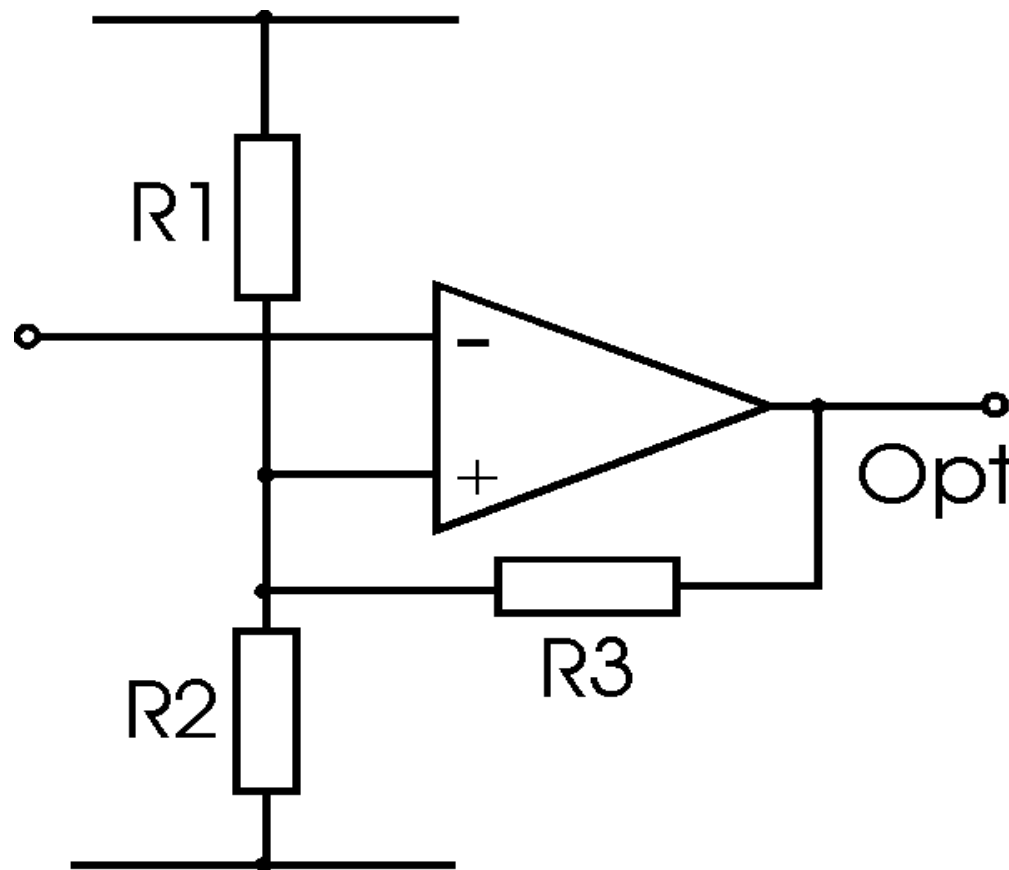
$$U_o = Au \cdot (U_+ - U_-)$$

$$Au = \infty$$

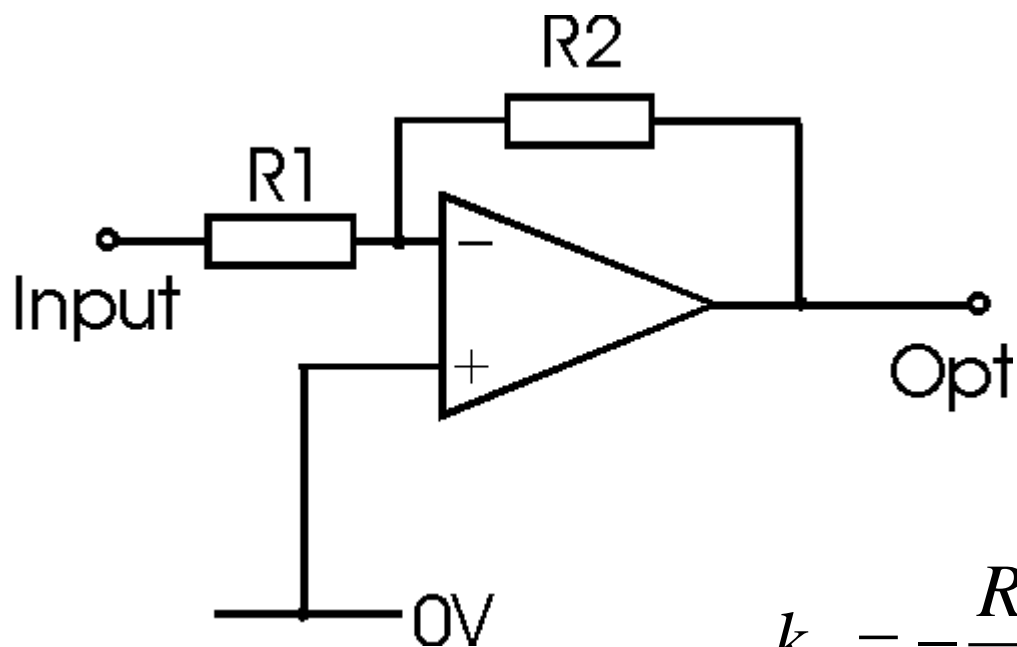
$$U_o \approx U_{zas} \Leftrightarrow U_- < U_+$$

$$U_o \approx -U_{zas} \Leftrightarrow U_- > U_+$$

$$U_+ = R2 * \left(\frac{U_{ref} - U_+}{R1} + \frac{U_o - U_+}{R3} \right) = \frac{R2(R3U_{ref} + R1U_o)}{R1R3 + R2R3 + R1R2}$$



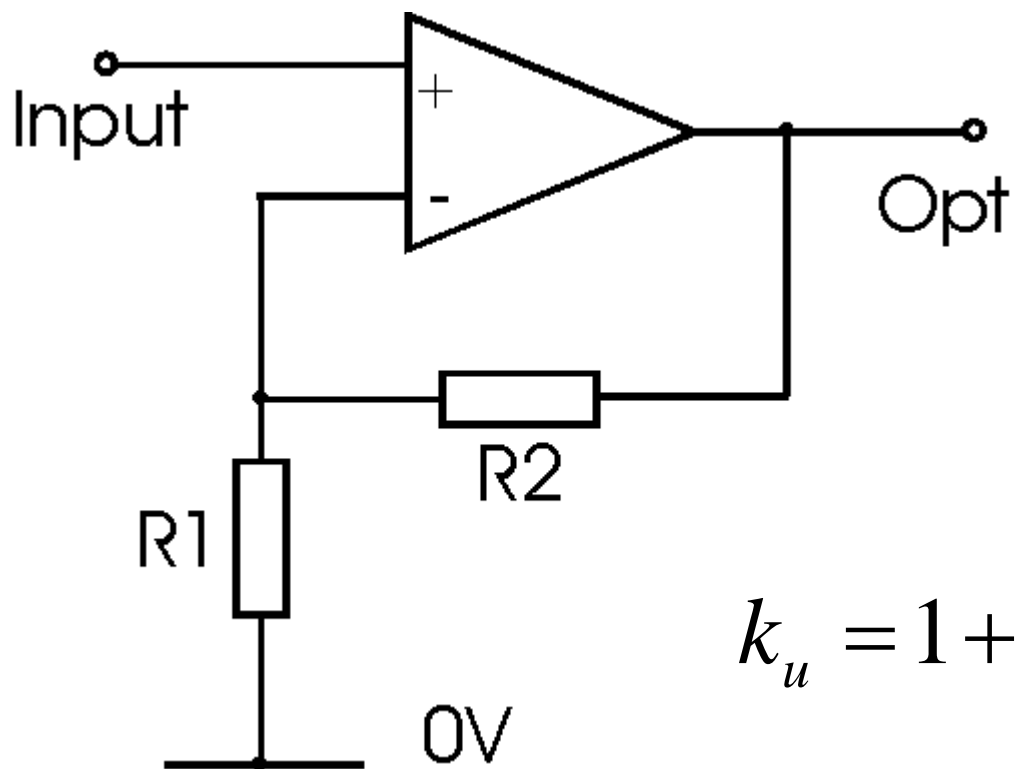
Wzmacniacz odwracający



$$k_u = -\frac{R2}{R1}$$

$$U_o = k_u U_i = -\frac{R2}{R1} U_i$$

Wzmacniacz nieodwracający



$$k_u = 1 + \frac{R2}{R1}$$

$$U_o = k_u U_i = \left(1 + \frac{R2}{R1}\right) U_i$$

Wzmocnienie

- ▶ Moc

$$G = 10 \log\left(\frac{P_{wy}}{P_{we}}\right) dB$$

$$P = \frac{U^2}{R}$$

- ▶ Napięcia

$$G = 10 \log\left(\frac{U_{wy}^2 / R}{U_{we}^2 / R}\right) = 20 \log\left(\frac{U_{wy}}{U_{we}}\right) dB$$

Decybele

▶ Dla mocy

$$10\log\left(\frac{2W}{1W}\right) = 3dB$$

$$10\log\left(\frac{10mW}{1mW}\right) = 10dB$$

$$10\log\left(\frac{1000mW}{1mW}\right) = 30dB$$

▶ Dla napięcia

$$20\log\left(\frac{2V}{1V}\right) = 6dB$$

$$20\log\left(\frac{10mV}{1mV}\right) = 20dB$$

$$20\log\left(\frac{1000mV}{1mV}\right) = 60dB$$

Decybele cd..

- ▶ 3dB spadek sygnału

$$3dB = 2 \frac{W}{W}$$

$$-3dB = 0,5 \frac{W}{W}$$

$$3dB = 1,41 \frac{V}{V}$$

$$-3dB = 0,707 \frac{V}{V}$$

Filtry

- ▶ Zadaniem filtrów jest przenoszenie lub blokowanie sygnałów o określonej częstotliwości
- ▶ Podziały filtrów ze względu na przeznaczenie: dolnoprzepustowe, górnoprzepustowe, pasmowoprzepustowe, pasmowozaporowe
- ▶ Podział ze względu na konstrukcję:
 - Pasywne – wyłącznie elementy RLC,
 - Aktywne – oprócz elementów RLC zawierają także elementy dostarczające energię
- ▶ Dobroć filtru: stosunek częstotliwości (środkowej) do pasma

Filtry RC

Filtr RC dolnoprzepustowy

- ▶ Częstotliwość graniczna:

$$f = \frac{1}{2\pi RC}$$

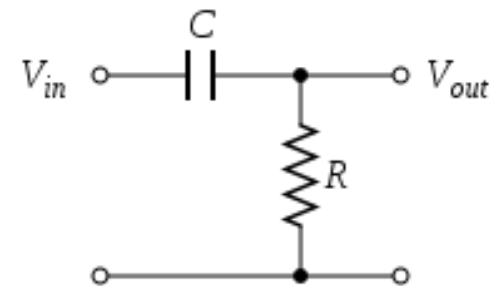
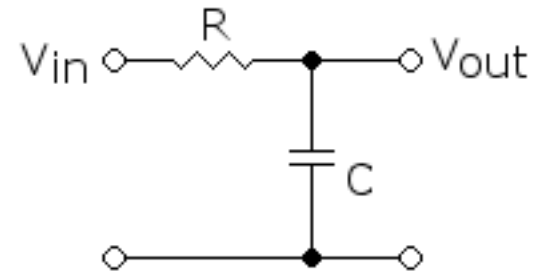
- ▶ Stała czasowa filtru: $\tau = RC$

Filtr RC górnoprzepustowy

- ▶ Częstotliwość graniczna:

$$f = \frac{1}{2\pi RC}$$

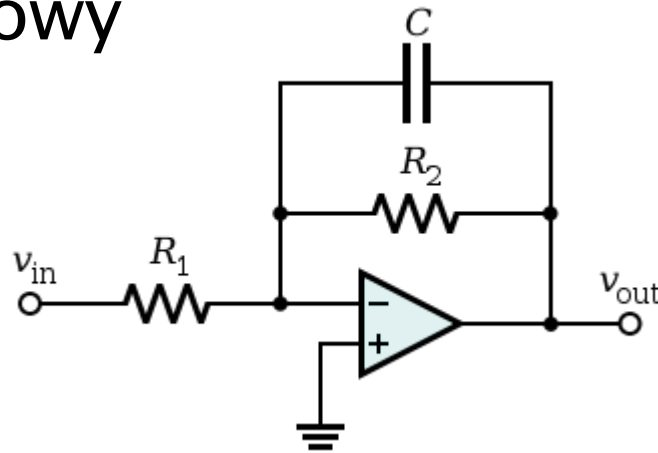
- ▶ Stała czasowa filtru: $\tau = RC$



Filtry aktywne

▶ Dolnoprzepustowy

$$f = \frac{1}{2\pi R_2 C}$$



▶ Górnoprzepustowy

$$f = \frac{1}{2\pi R_1 C}$$

