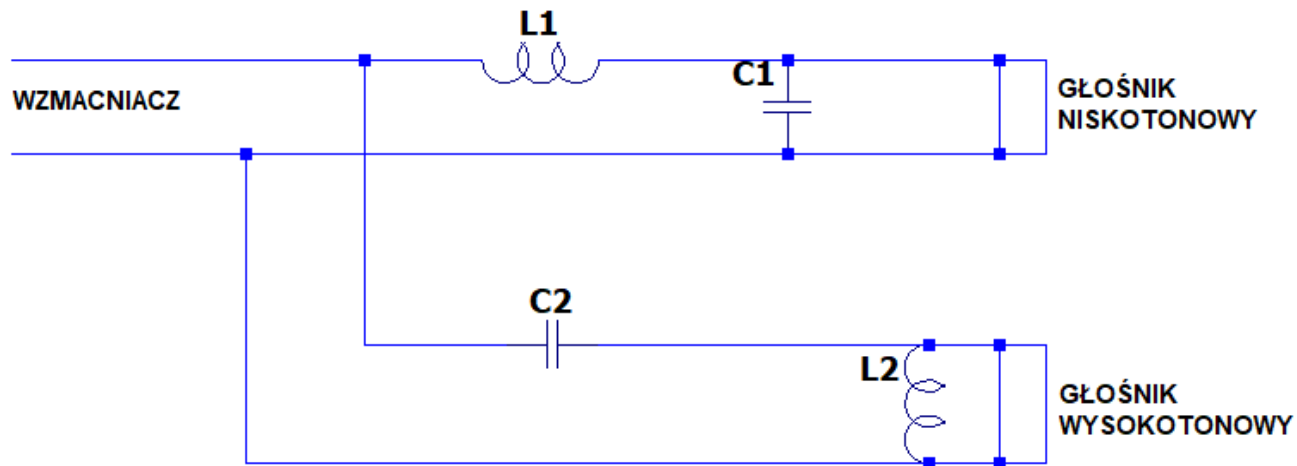


# Sygnały i Systemy

## Czwórniki pasywne i aktywne – przykłady

# Zadanie 1

Oblicz wartości  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $C_1$  i  $C_2$  dla dwudrożnej zwrotnicy głośnikowej jak na schemacie. Impedancja wyjściowa wzmacniacza wynosi  $4\Omega$ . Głośnik wysoko i niskotonowy mają impedancję  $4\Omega$ . Podział częstotliwości ma nastąpić przy  $4\text{kHz}$ .



$$Z_L = j \omega L_1 = j 2 \pi f_{gr} L_1$$

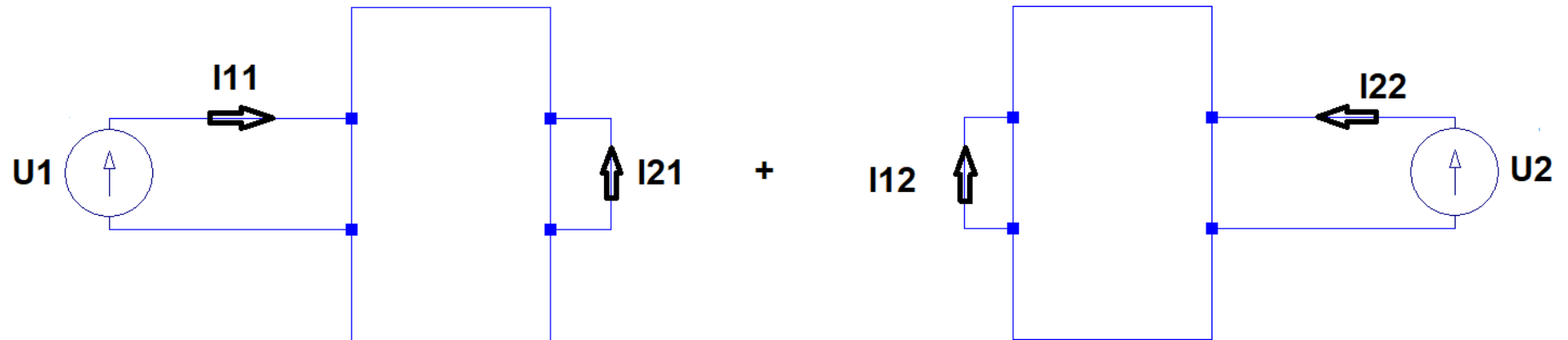
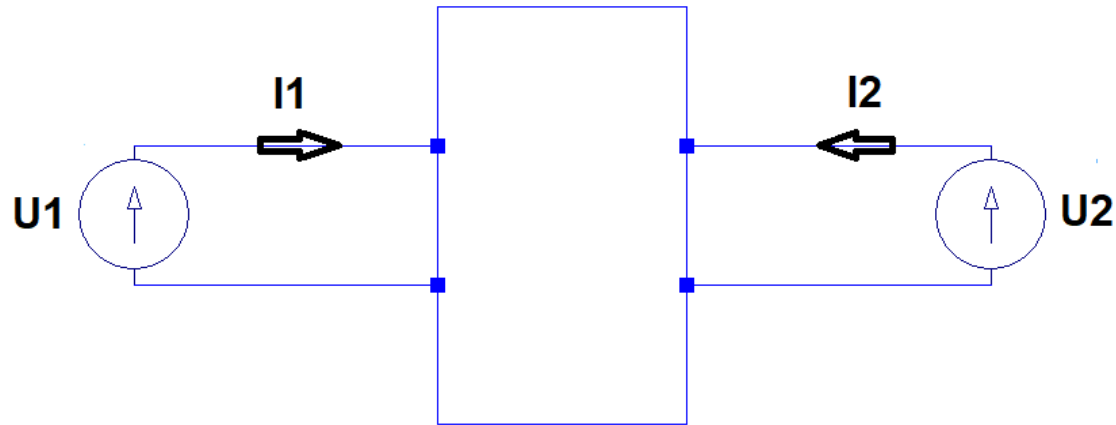
$$4 = j 2 \pi 4000 L_1 \rightarrow L_1 = \frac{4}{j 2 \pi 4000} = 0,225 \text{ mH}$$

Korzystając ze wzoru na filtr dolnoprzepustowy typu LC możemy obliczyć  $C_1$ :

$$f_{gr} = \frac{1}{2 \pi \sqrt{LC}}$$

$$f_{gr}^2 = \frac{1}{4 \pi^2 L_1 C_1} \rightarrow C_1 = \frac{1}{4 \pi^2 4000^2 0,225 \cdot 10^{-3}} = 7 \mu F$$

# Czwórniki pasywne



$$Y = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{bmatrix}$$

$$I_1 = I_{11} + I_{12}$$

$$I_2 = I_{21} + I_{22}$$

Zgodnie z prawem Ohma mamy:

$$I_{11} = Y_{11} U_1$$

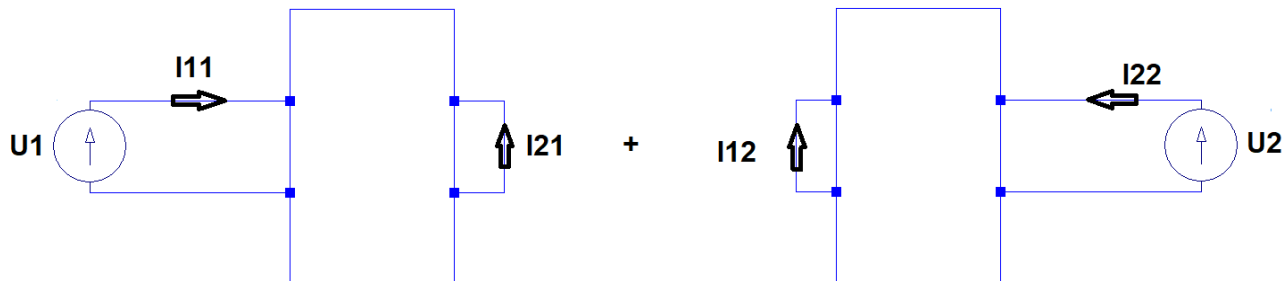
$$I_{21} = Y_{21} U_1$$

$$I_{12} = Y_{12} U_2$$

$$I_{22} = Y_{22} U_2$$

$$I_1 = Y_{11} U_1 + I_{12} U_2$$

$$I_2 = Y_{21} U_1 + I_{22} U_2$$



Co w zapisie macierzowym wygląda następująco:

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \end{bmatrix} = Y \cdot \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \end{bmatrix}$$

Macierz „Y” to parametry admitancyjne czwórnik (podobnie postępujemy z innymi, np.: rezystancyjnymi, inny jest tylko układ napięć i prądów w równaniach). Do obliczenia tych parametrów wykorzystujemy równania na prądy  $I_1$  i  $I_2$ , zerując jedną z wartości:

$$I_1 = Y_{11} U_1 + I_{12} U_2$$

$$I_2 = Y_{21} U_1 + I_{22} U_2$$

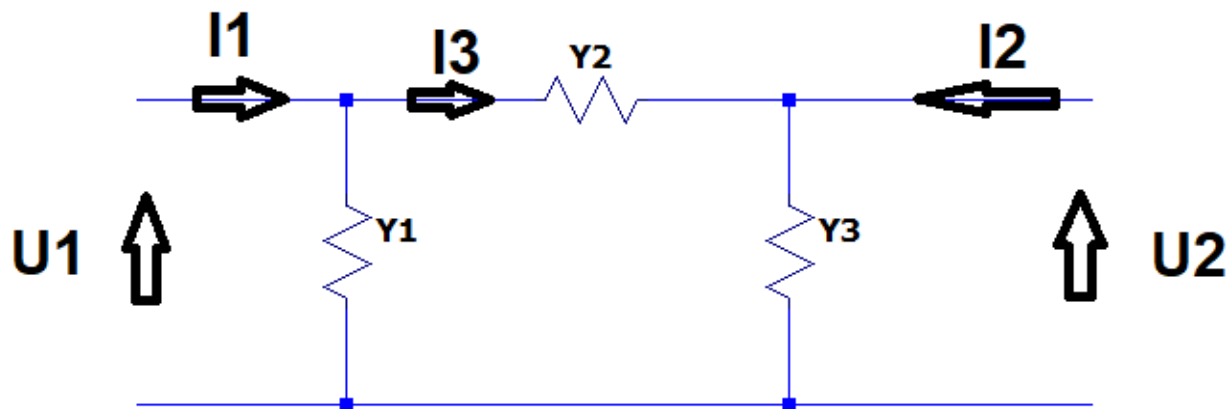
$$Y_{11} = \frac{I_1}{U_1} \Big|_{U_2=0}$$

$$Y_{12} = \frac{I_1}{U_2} \Big|_{U_1=0}$$

$$Y_{21} = \frac{I_2}{U_1} \Big|_{U_2=0}$$

$$Y_{22} = \frac{I_2}{U_2} \Big|_{U_1=0}$$

A więc chcąc wyznaczyć macierz admitancji dla obwodu:

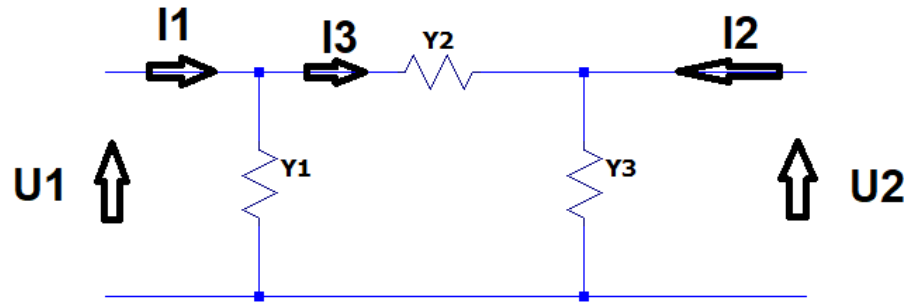


Zaczynamy od rozpisania równań z PPK oraz opisanie napięć i prądów tak, by wyeliminować  $I_3$ . Muszą nam pozostać tylko dane, które bierzemy do równań, czyli napięcia i prądy na wejściu oraz wyjściu. A zatem:

$$I_1 = Y_1 U_1 + I_3$$

$$I_2 = Y_3 U_2 - I_3$$

$$I_3 = Y_2 (U_1 - U_2)$$



$$I_1 = Y_1 U_1 + I_3$$

$$I_2 = Y_3 U_2 - I_3$$

$$I_3 = Y_2 (U_1 - U_2)$$

Widzimy, że trzecie równanie możemy podstawić do dwóch wcześniejszych, pozbywając się  $I_3$ .

$$I_1 = Y_1 U_1 + Y_2 U_1 - Y_2 U_2$$

$$I_2 = Y_3 U_2 - Y_2 U_1 + Y_2 U_2$$

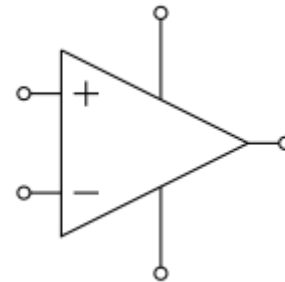
$$I_1 = (Y_1 + Y_2) U_1 - Y_2 U_2$$

$$I_2 = -Y_2 U_1 + (Y_2 + Y_3) U_2$$

$$Y = \begin{bmatrix} (Y_1 + Y_2) & -Y_2 \\ -Y_2 & (Y_2 + Y_3) \end{bmatrix}$$

# Czwórniki aktywne – wzmacniacze operacyjne

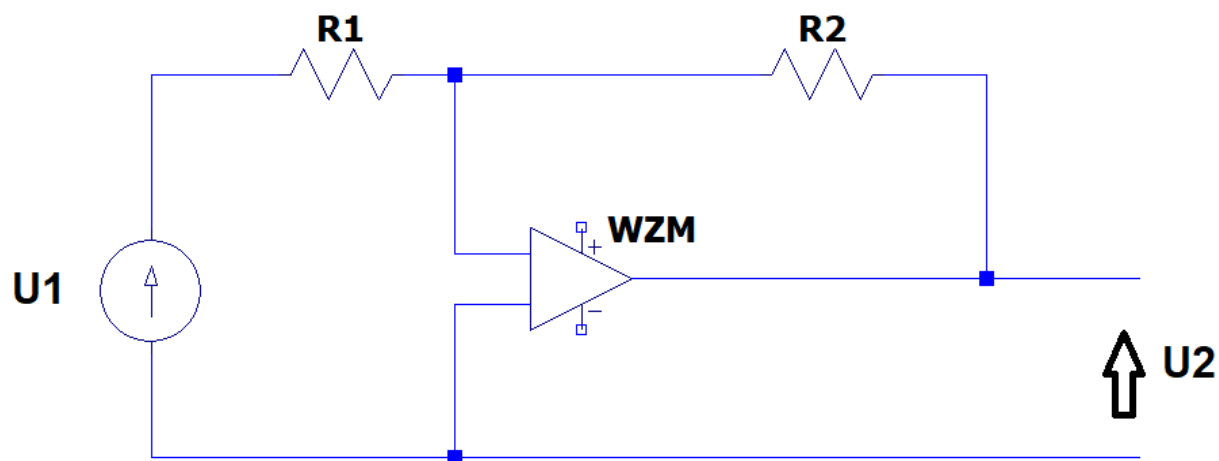
- ▶ Wzmacniacz idealny – parametry:
  - Nieskończenie duże wzmocnienie
  - Nieskończone pasmo
  - Nieskończenie duża rezystancja wejściowa
  - Zerowa rezystancja wyjściowa
  - Zerowe napięcie różnicowe pomiędzy wejściami
  - Zerowe prądy wejściowe



Zaprojektuj wzmacniacz tak, aby na jego wyjściu było napięcie równe 2V.

$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega$$

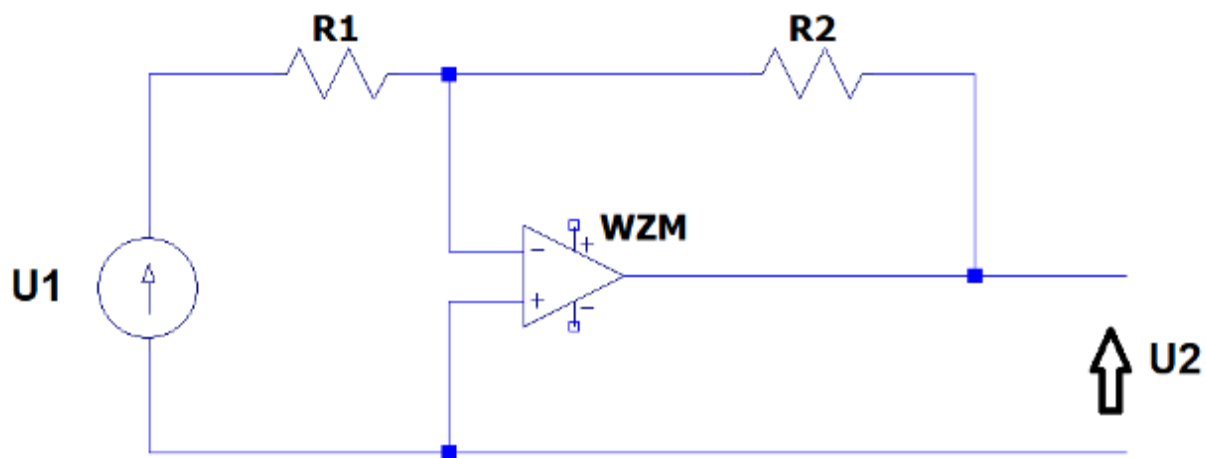
$$U_1 = -1 \text{ V}$$



Zaprojektuj wzmacniacz tak, aby na jego wyjściu było napięcie równe 2V.

$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega$$

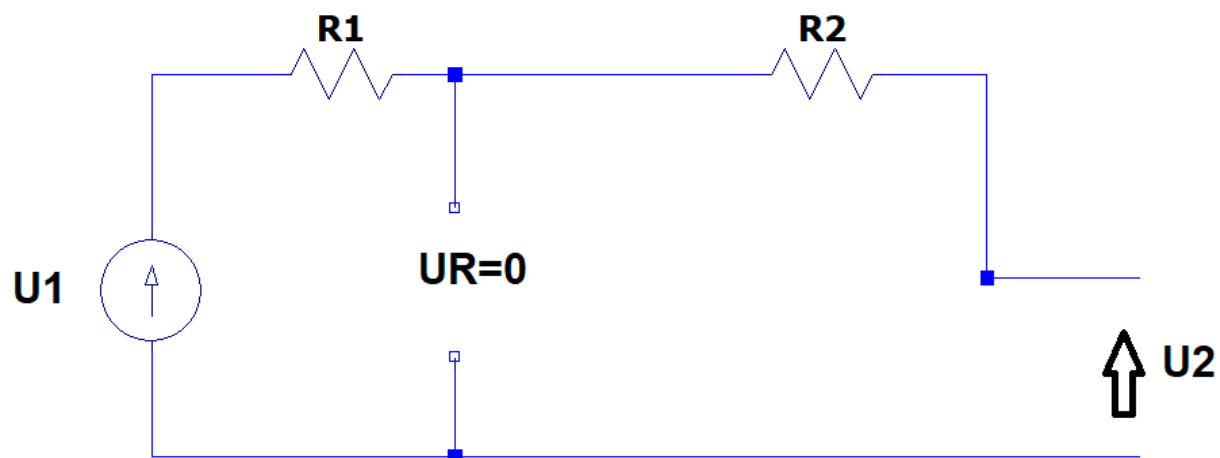
$$U_1 = -1 \text{ V}$$



Zaprojektuj wzmacniacz tak, aby na jego wyjściu było napięcie równe 2V.

$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega$$

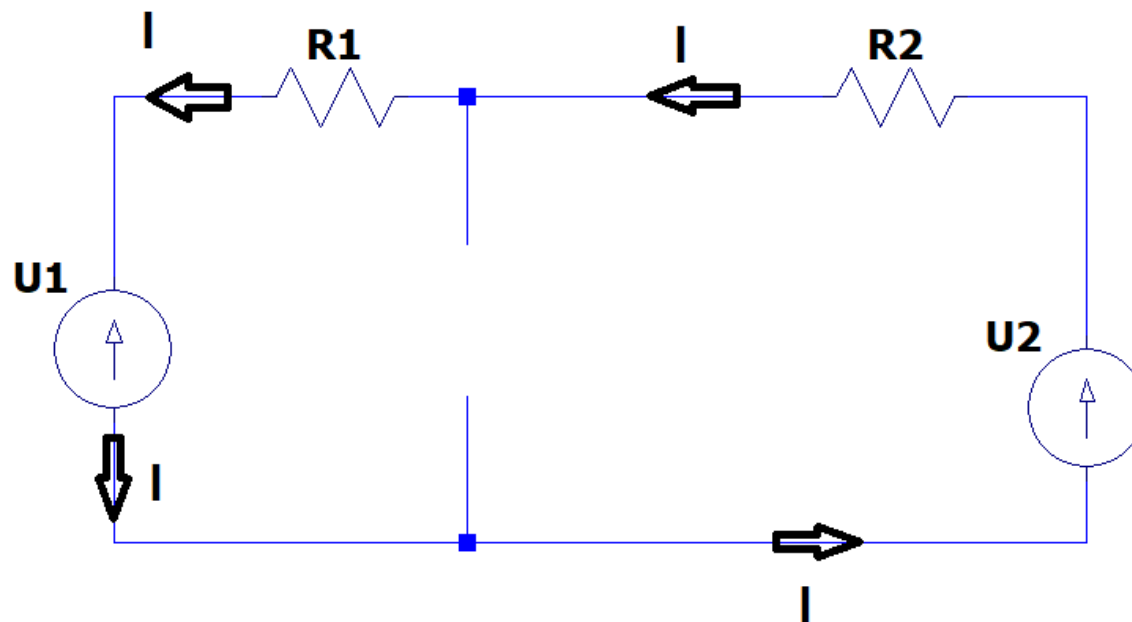
$$U_1 = -1 \text{ V}$$



Zaprojektuj wzmacniacz tak, aby na jego wyjściu było napięcie równe 2V.

$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega$$

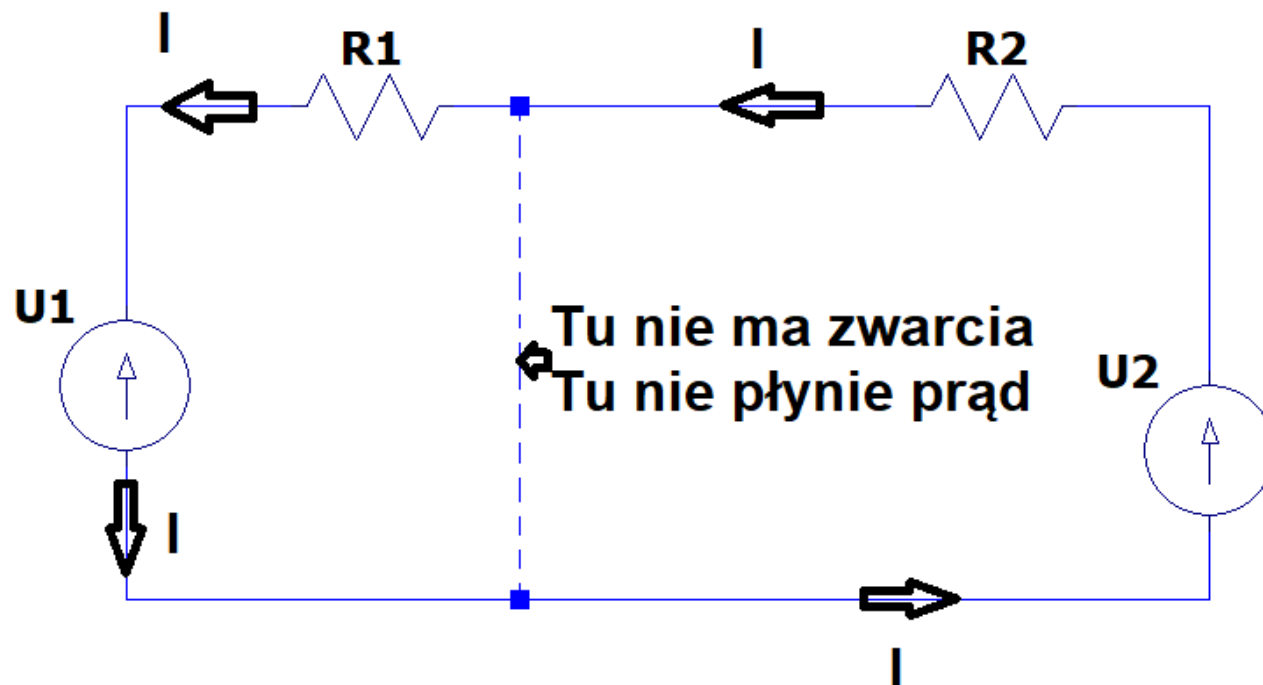
$$U_1 = -1 \text{ V}$$



Zaprojektuj wzmacniacz tak, aby na jego wyjściu było napięcie równe 2V.

$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega$$

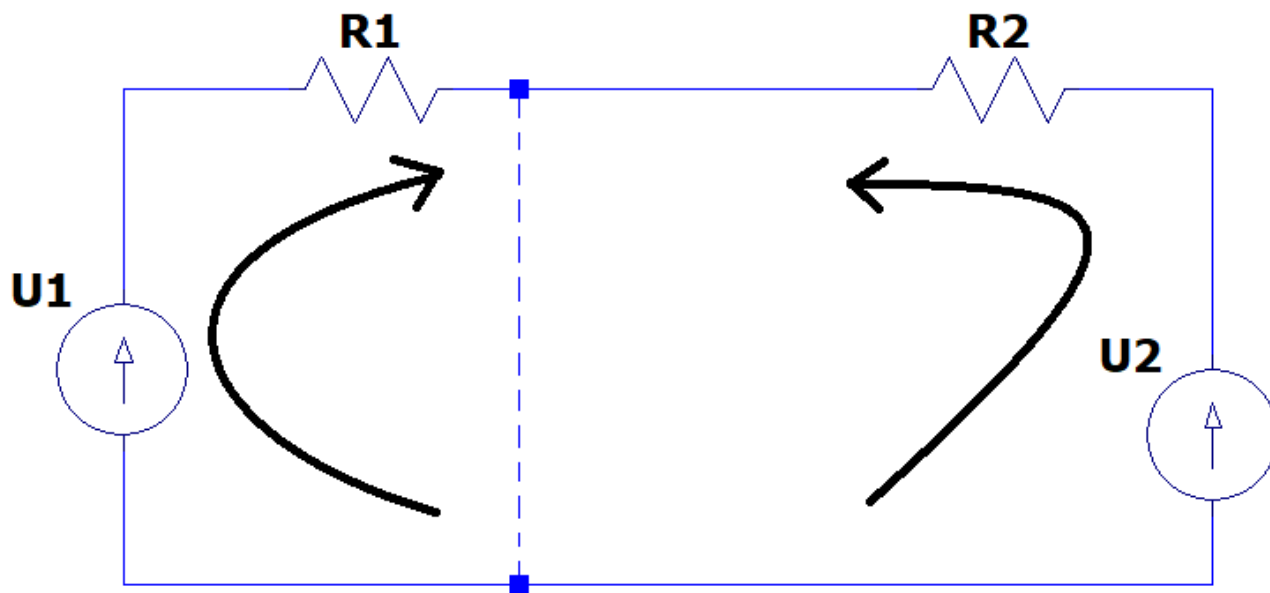
$$U_1 = -1 \text{ V}$$



Zaprojektuj wzmacniacz tak, aby na jego wyjściu było napięcie równe 2V.

$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$U_1 = -1 \text{ V}$$



To oznacza, że napięcia  $U_1$  i  $U_{R1}$  są sobie równe, oraz  $U_2$  i  $U_{R2}$  są sobie równe (co do wartości, ale nie co do znaku).

Z prawa Ohma możemy policzyć prąd płynący przez  $R_1$

$$U_1 = -U_{R1} = 1$$

$$I = \frac{U_{R1}}{R_1} = \frac{1}{10^4} = 0,1 \text{ mA}$$

Taki sam prąd płynie przez  $R_2$ , którego napięcie wynosi  $-2\text{V}$ . Należy jeszcze zmienić znak płynącego prądu, ponieważ mamy odwrotnie strzałkowane oczka (przez co prąd ma przeciwny znak).

$$U_2 = -U_{R2} = -2\text{V}$$

$$R_2 = \frac{U_{R2}}{I} = \frac{-2}{-0,1 \cdot 10^{-3}} = 20 \text{ k}\Omega$$

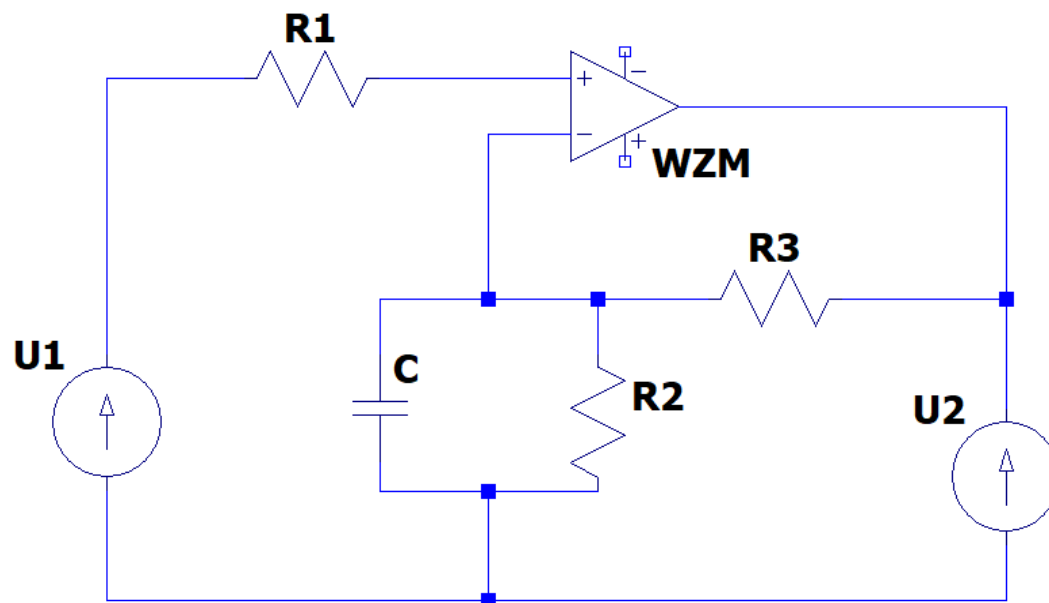
Wyznacz  $R_2$  i  $R_3$ .

$$C = 3 \text{ mF}$$

$$R_1 = 2,5 \text{ k}\Omega$$

$$H(s) = \frac{U_2(s)}{U_1(s)} = 6s + 5$$

$$K_U \rightarrow \infty$$



$$U_{RI} = 0$$

$$I_{RI} = 0$$

$$U_1 = U_{R2C}$$

Napięcia wejściowe i wyjściowe możemy zatem zapisać w postaci:

$$U_2 = U_{R3} + U_{R2C}$$

$$U_1 = U_{R2C}$$

i podstawić do wzoru na transmitancję z danych zadania :

$$H(s) = \frac{U_2(s)}{U_1(s)} = \frac{U_{R3} + U_{R2C}}{U_{R2C}} = \frac{R_3 + \frac{\frac{R_2}{Cs}}{R_2 + \frac{1}{Cs}}}{\frac{R_2}{Cs}} = (R_3 C)s + \left(1 + \frac{R_3}{R_2}\right) = 6s + 5$$

$$\underline{(R_3 C) s} + \underline{\left(1 + \frac{R_3}{R_2}\right)} = \underline{6s} + \underline{5}$$

Podkreślone tymi samymi kolorami są odpowiadające sobie po obu stronach równości, części rzeczywiste (zielone) oraz urojone (czerwone). Oznacza to, że po obu stronach równania, powinny być one względem siebie równe. Możemy więc zapisać następujące równania:

$$(R_3 C) s = 6 s$$

$$1 + \frac{R_3}{R_2} = 5$$

Więc obliczamy niewiadome podstawiając dane z zadania.

$$(R_3 C) s = 6 s \rightarrow R_3 = \frac{6}{C} = \frac{6}{3\text{mF}} = 2\text{k}\Omega$$

$$1 + \frac{R_3}{R_2} = 5 \rightarrow R_2 = \frac{R_3}{4} = \frac{2\text{k}\Omega}{4} = 500\Omega$$