

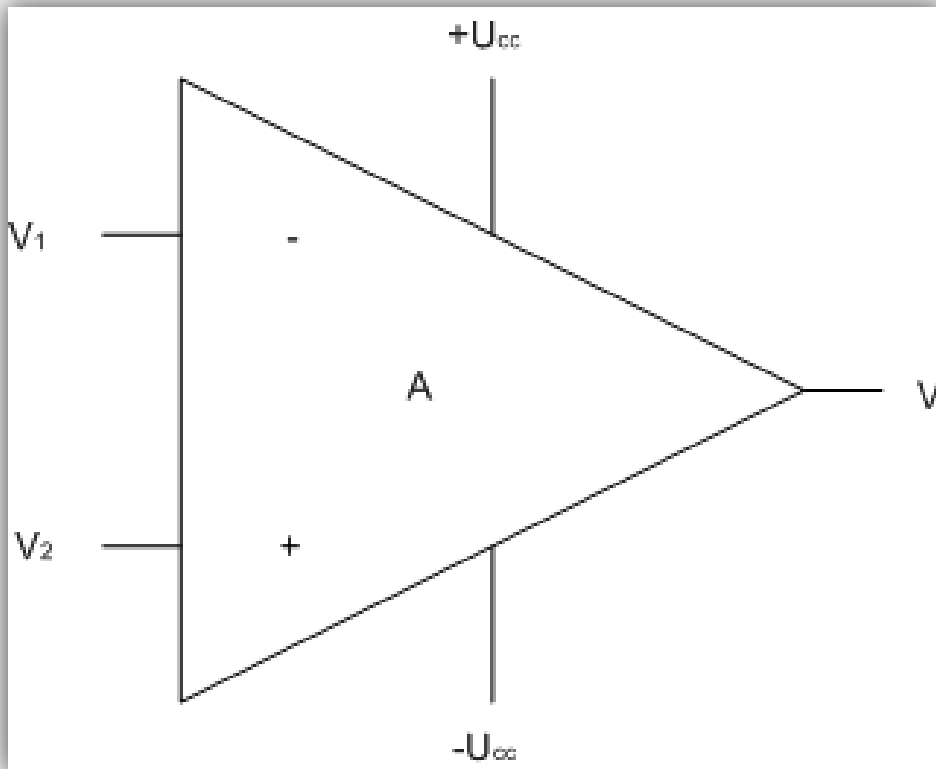
WZMACNIACZE OPERACYJNE

Plan wykładu:

1. Wprowadzenie
2. Sprzężenie zwrotne
3. Rodzaje wzmacniaczy:
 - a) Odwracający fazę
 - b) Sumator
 - c) Nieodwracający fazy
 - d) Wtórniki
 - e) Różnicowy
 - f) Całkujący
 - g) Różniczkujący
 - h) Różniczkująco całkujący
 - i) Logarytmiczny
 - j) Ekspotencjalny
4. Podsumowanie

Wzmacniacze

Nowe technologie wykonania układów scalonych pozwalają na budowanie wzmacniaczy o własnościach pozwalających je użyć do bardzo wielu zastosowań



$$V = A(V_2 - V_1)$$

A – wzmacnienie układu

-/+ U_{cc} – napięcie zasilania

Wzmacniacze

Własności idealnego wzmacniacza:

1. Nieskończenie duże wzmocnienie napięciowe A
2. Impedancja wejściowa nieskończenie duża
3. Impedancja wyjściowa jest 0
4. Dla $V_1 - V_2 = 0$ napięcie wyjściowe jest równe 0
5. Nieskończenie szerokie pasmo przenoszenia

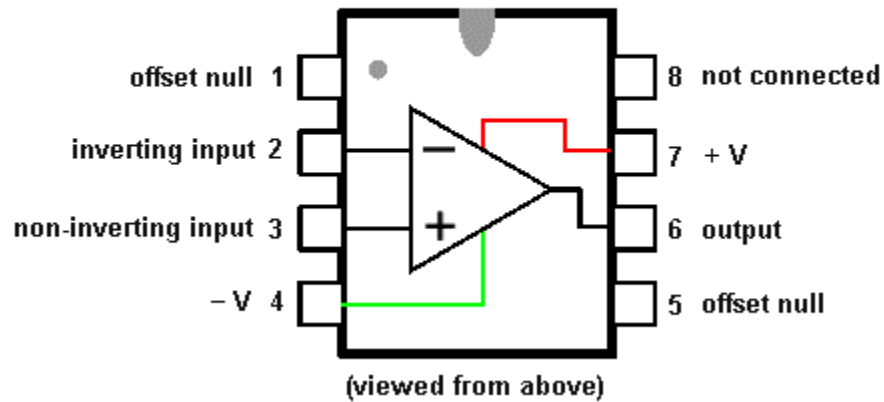
Rzeczywisty wzmacniacz operacyjny

- Wzmocnienie napięciowe w typowych wzmacniaczach: $K = 10^4 - 10^7$, w specjalistycznych do 10^{10} .
- Impedancja wejściowa: $10^4 - 10^{13} \Omega$.
- Impedancja wyjściowa: kilkadziesiąt Ω .
- Maksymalna szybkość narastania napięcia wyjściowego rzędu kilku, kilkadziesiąt $V / \mu s$.
- Napięcie wyjściowe jest ograniczone, zwykle mniejsze o 1 – 2 V od napięcia zasilania.
- Górna granica pasma przenoszonych częstotliwości kilkadziesiąt MHz.
- Parametry wzmacniacza zależą od temperatury.

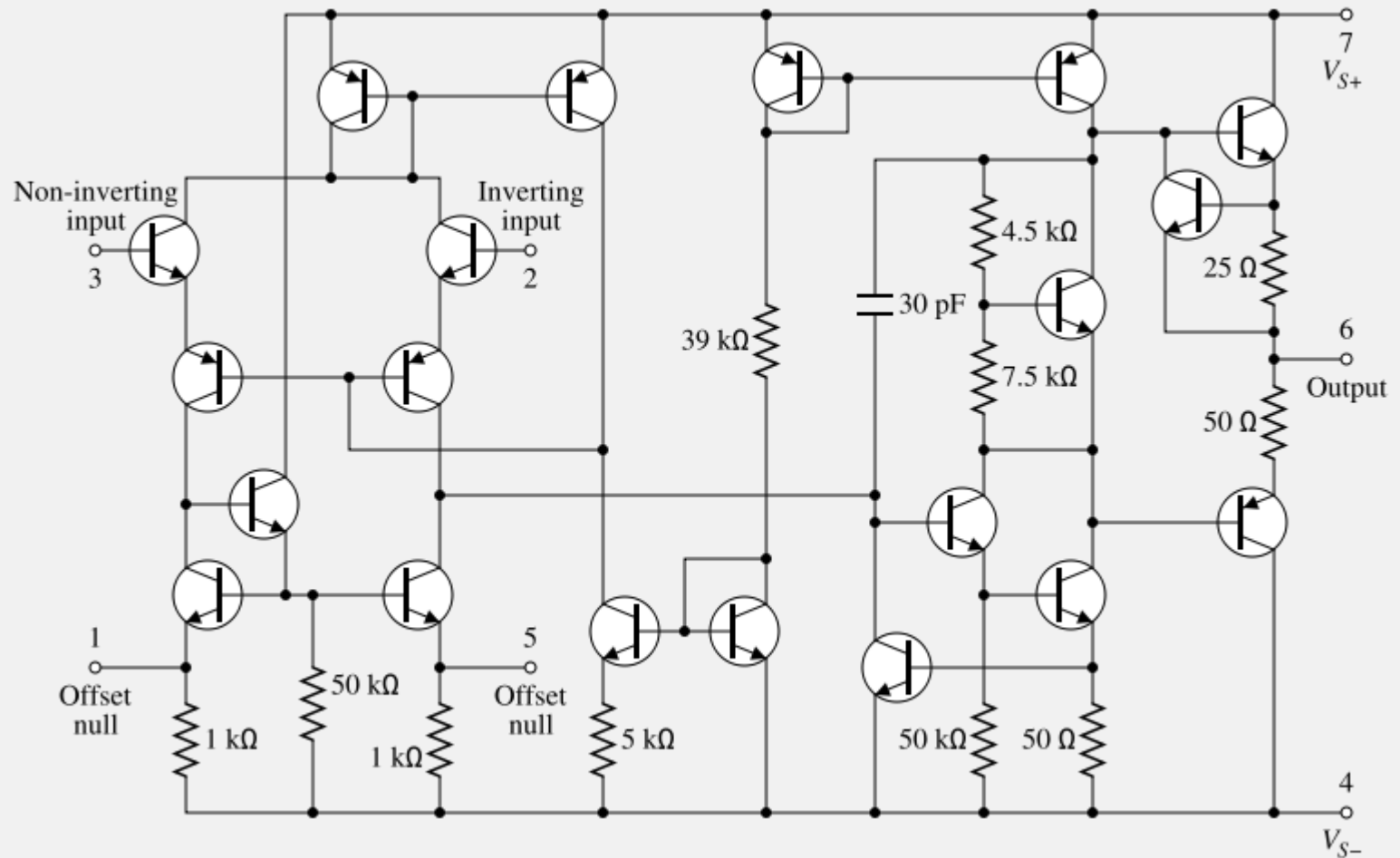
Wzmacniacz operacyjny 741

741

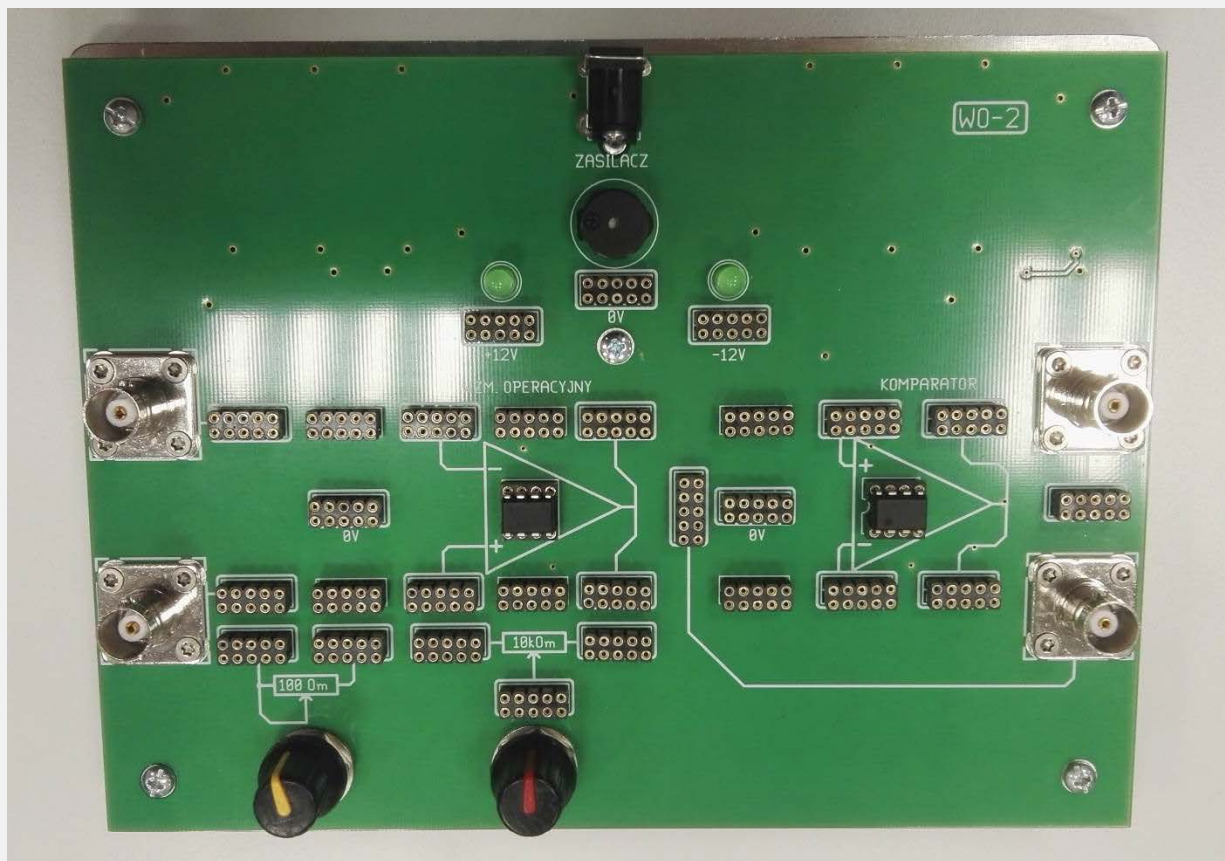
8-pin DIL (Dual In Line)



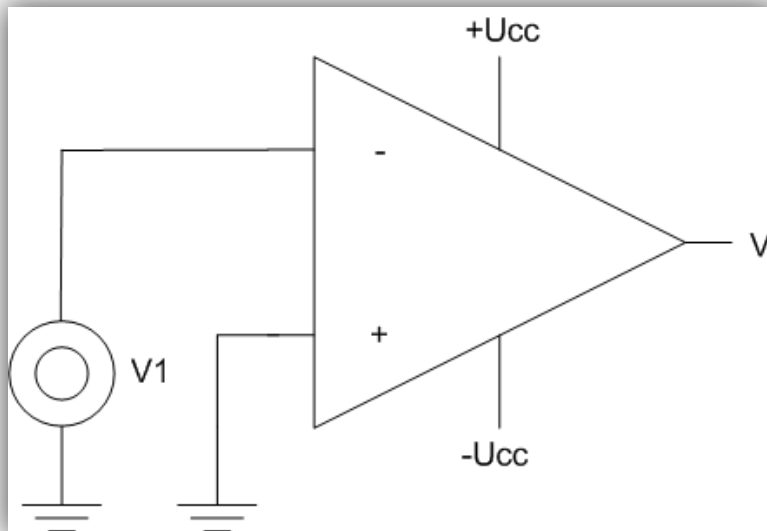
Wzmacniacz operacyjny 741



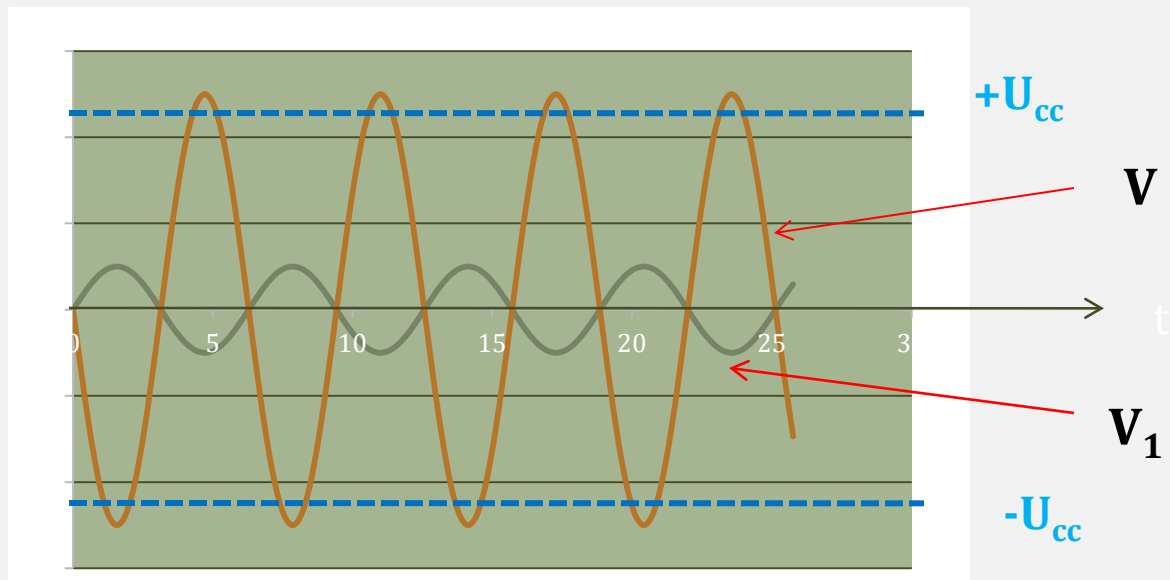
Płytki UA1



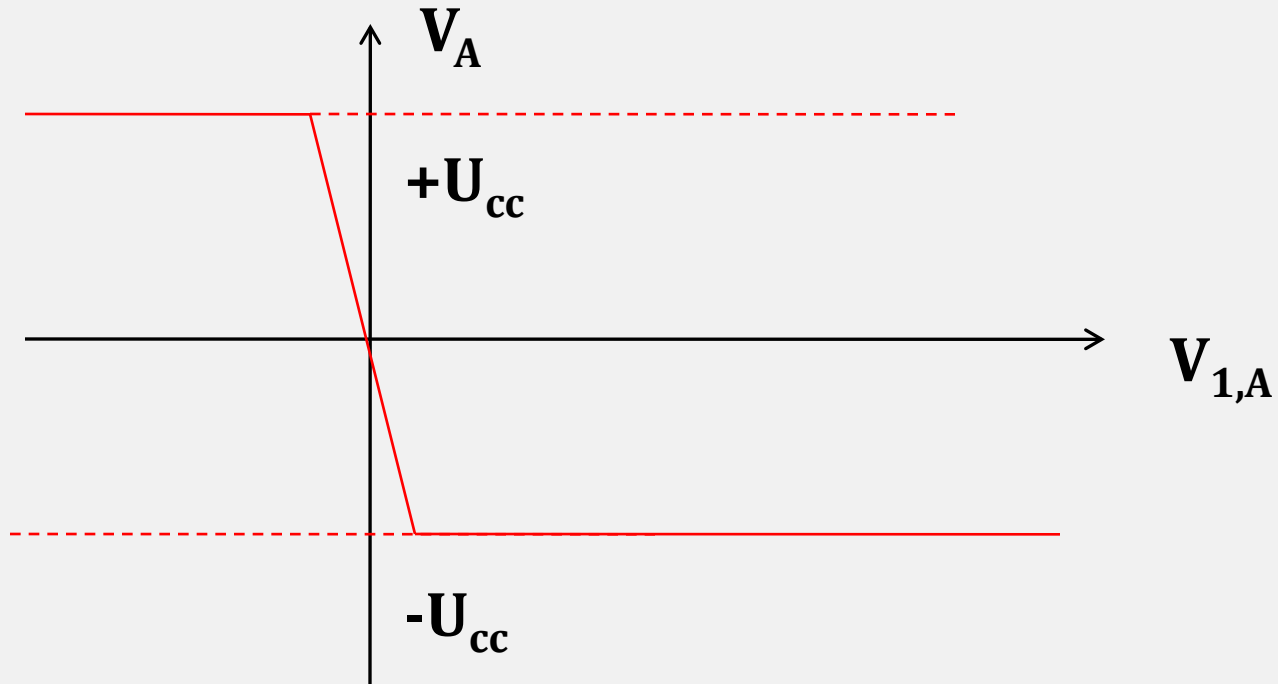
Wzmacniacze



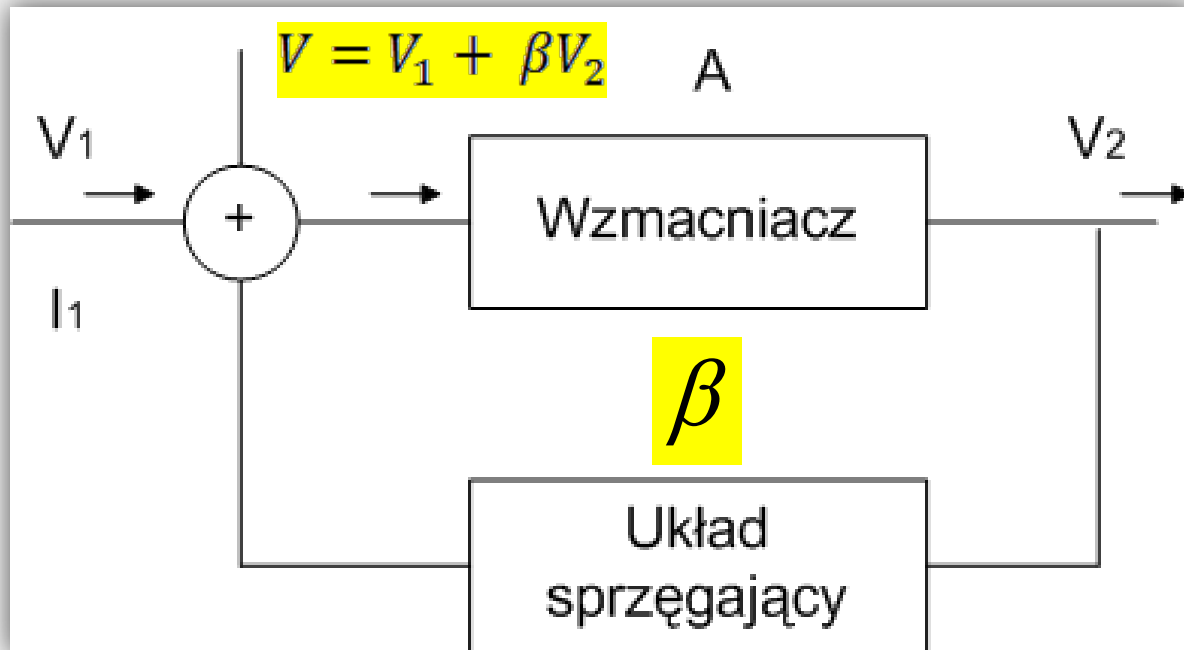
$$V = -AV_1$$



Relacja pomiędzy amplitudą sygnału
wejściowego a sygnału wyjściowego



Sprężenie zwrotne



$$V = V_1 + \beta V_2$$

$$V_2 = AV = A(V_1 + \beta V_2) =$$
$$= AV_1 + A\beta V_2$$

$$V_2 = \frac{A}{1 - \beta A} V_1$$

Dostaliśmy nowy wzmacniacz o wzmacnieniu:

$$A_T = \frac{A}{1 - \beta A}$$

Sprężenie zwrotne

Jeśli wzmacnienie wzmacniacza jest duże ($A \rightarrow +\infty$) to:

$$A_T = \frac{A}{1 - \beta A}$$

$$A_T \rightarrow -\frac{1}{\beta}$$

Możemy mieć następujące przypadki:

$$|A_T| > |A| \text{ gdy } |1 - \beta A| < 1$$

Dodatnie sprzężenie zwrotne

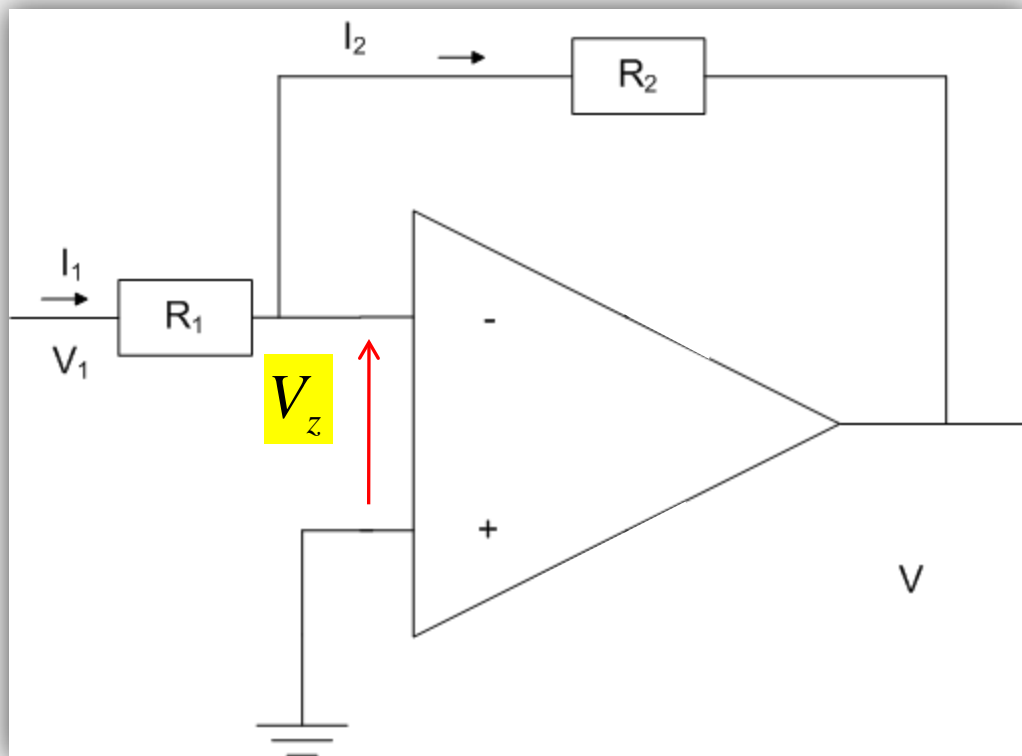
$$|A_T| < |A| \text{ gdy } |1 - \beta A| > 1$$

Ujemne sprzężenie zwrotne

$$\beta A = 1$$

Układ jest generatorem

Wzmacniacz operacyjny odwracający fazę



Wzmocnienie nie zależy od wzmacniacza operacyjnego

Wzmocnienie jest tylko funkcją podłączonych rezystancji zewnętrznych, które mogą być bardzo stabilne

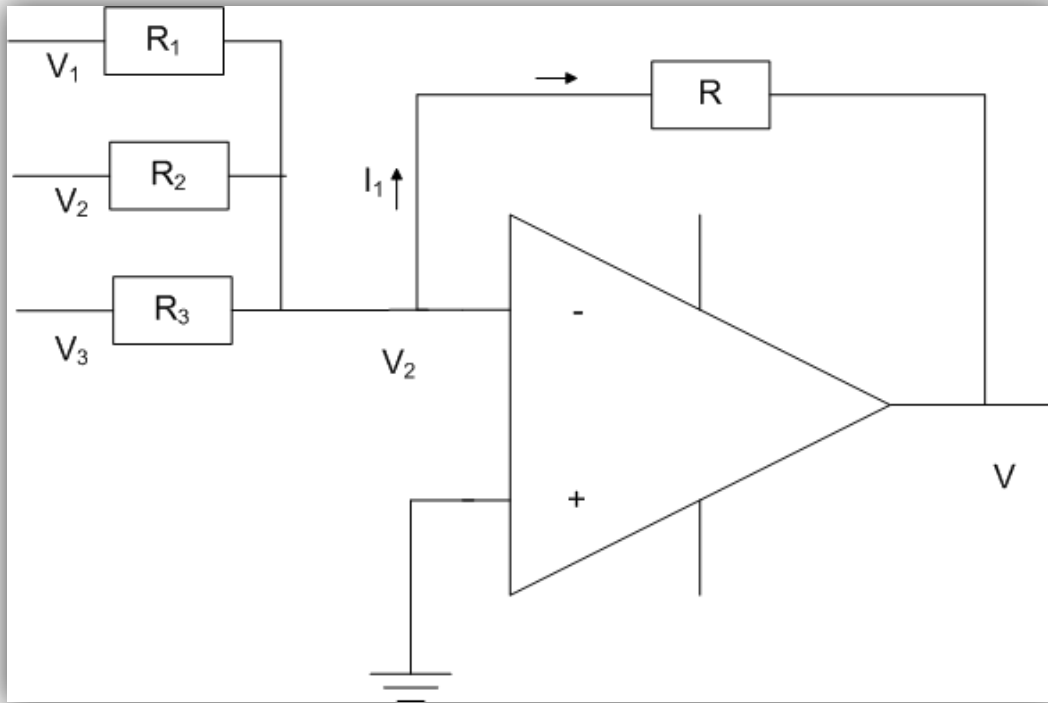
$$R_{in} \rightarrow \infty \Rightarrow I_1 = I_2$$

$$\frac{V_1 - V_z}{R_1} = \frac{V_z - V}{R_2} = I_1$$

Jeśli $A \rightarrow \infty$ to skończonej wartości napięcia na wyjściu odpowiada $V_z \approx 0$

$$V = -\frac{R_2}{R_1} V_1$$

Sumator



$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} = -\frac{V}{R}$$

$$V = -R \left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} \right)$$

Dudnienia

$$V_1 = A \sin(\omega_1 t)$$

$$V_2 = A \sin(\omega_2 t)$$

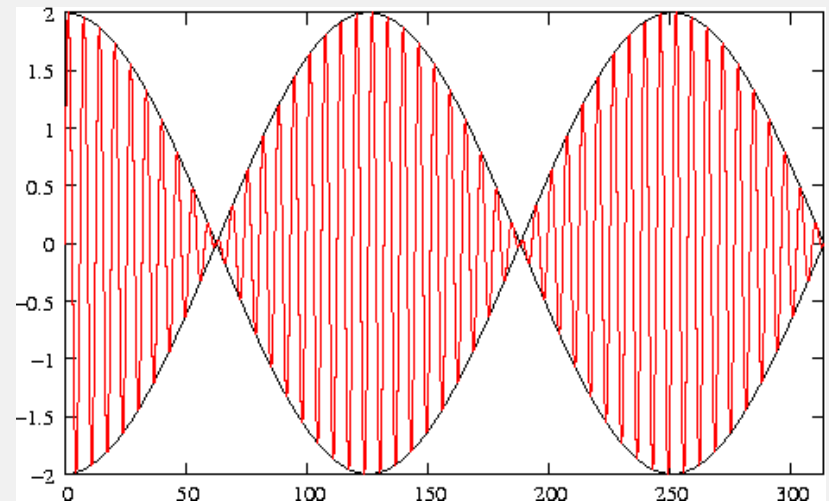
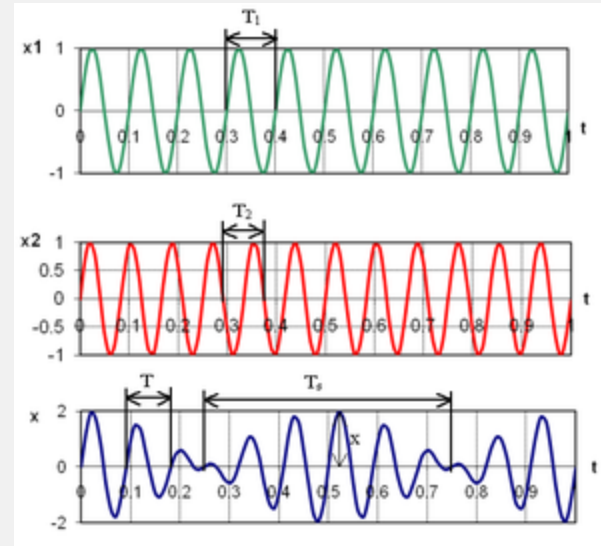
$$V = V_1 + V_2 = 2A \cos\left(\frac{\omega_1 t - \omega_2 t}{2}\right) \sin\left(\frac{\omega_1 t + \omega_2 t}{2}\right)$$

$$\omega_{sr} = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2}$$

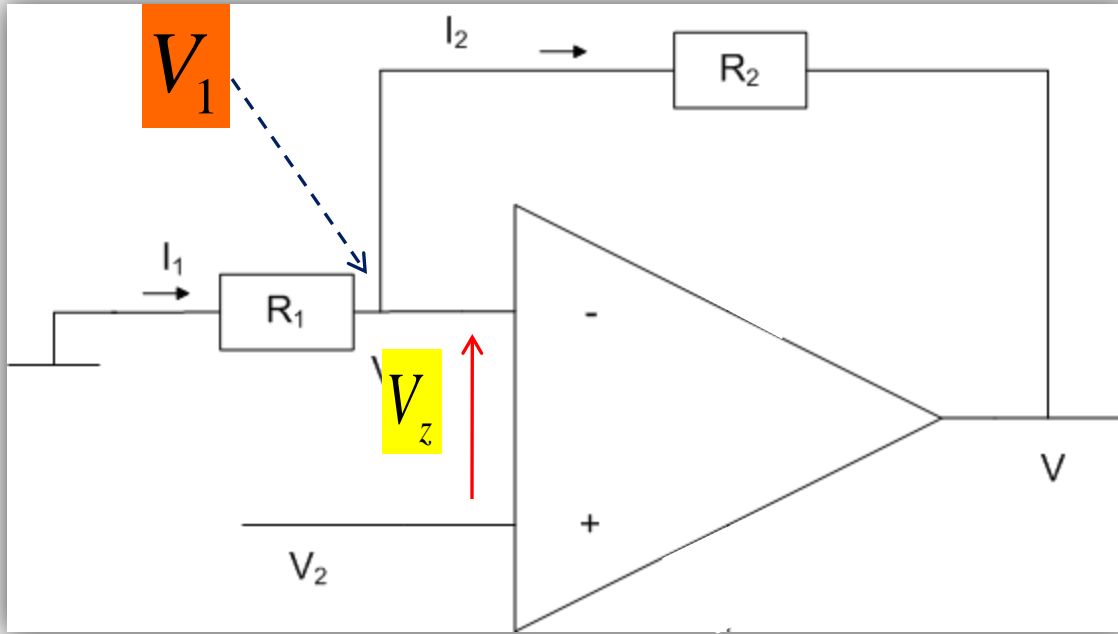
$$\omega_{dud} = \frac{\omega_1 - \omega_2}{2}$$

$$V = B(t) \sin(\omega_{sr} t)$$

$$B(t) = 2A \cos(\omega_{dud} t)$$



Wzmacniacz operacyjny nieodwracający fazę

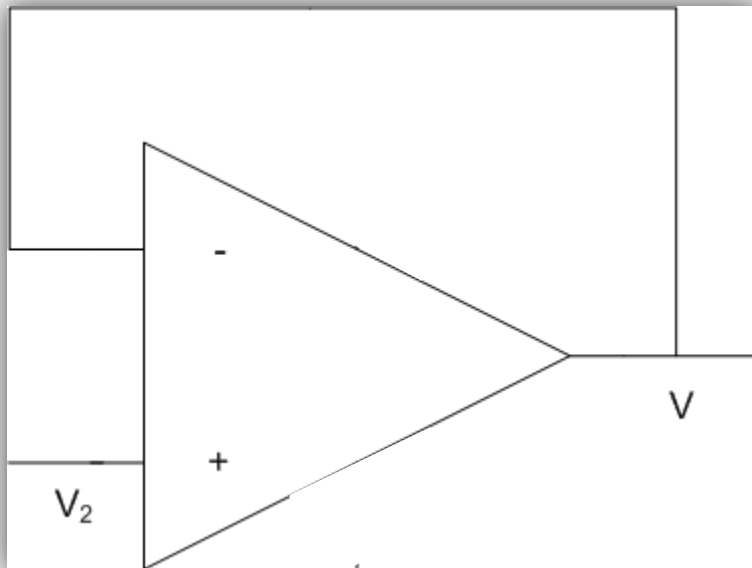


$$V_z = 0 \Rightarrow V_1 = V_2$$

$$\frac{0 - V_1}{R_1} = \frac{V_1 - V}{R_2} = I_1$$

$$V = V_2 \frac{R_1 + R_2}{R_1}$$

Wtórnik napięciowy



$$R_1 = \infty$$

$$R_2 = 0$$

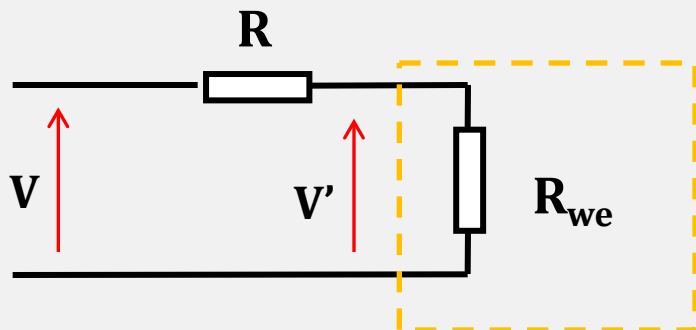
$$V = V_2$$

Układ transformujący rezystancję:

- duża rezystancja wejściowa
- mała rezystancja wyjściowa

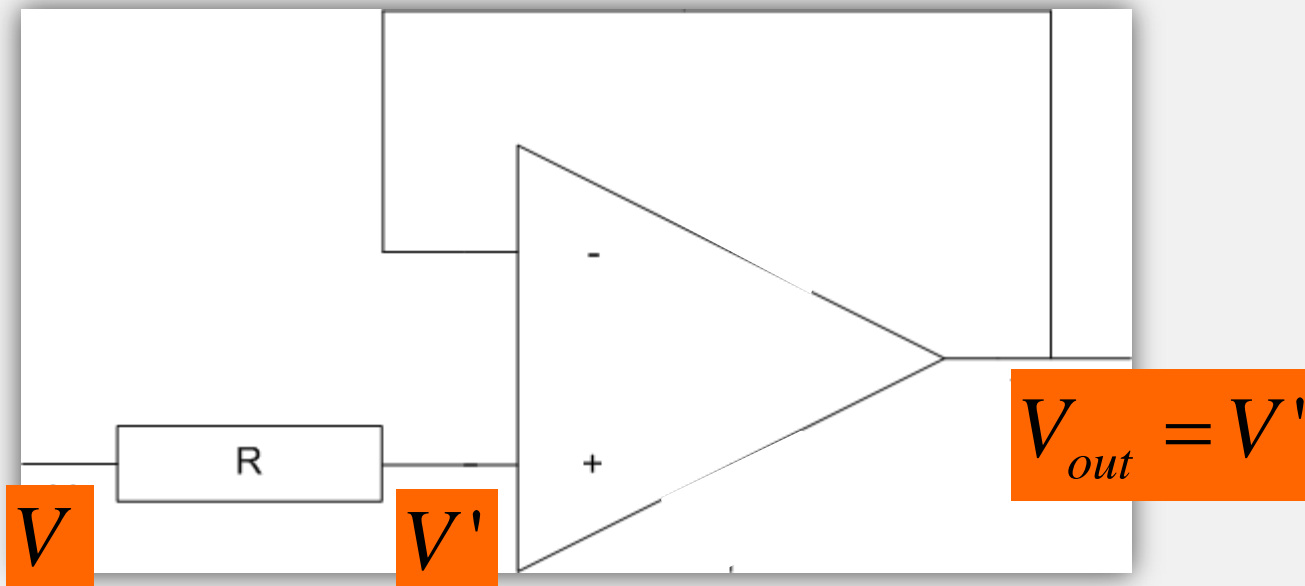
Wtórnik napięciowy

Pomiar oporu wejściowego wtórnika

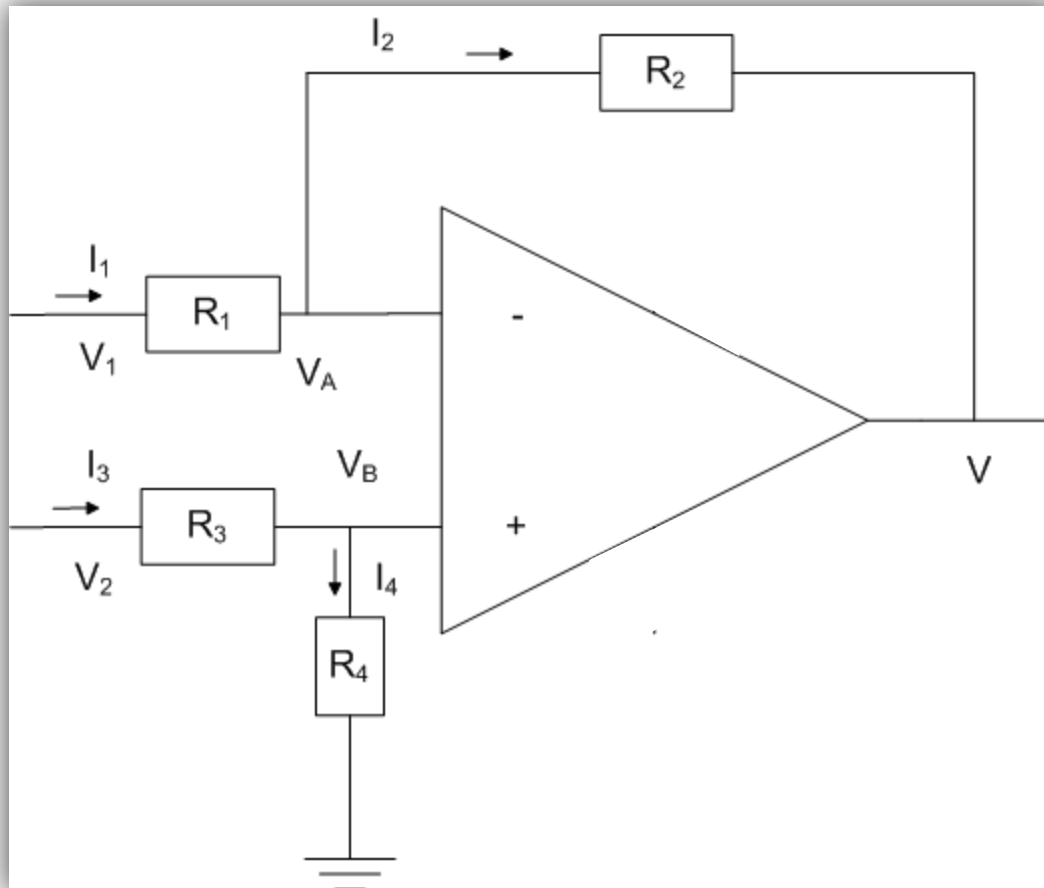


$$I = \frac{V - V'}{R}$$

$$R_{we} = \frac{V'}{I} = \frac{V'}{V - V'} R$$



Wzmacniacz różnicowy



$$I_1 \approx I_2 \quad I_3 \approx I_4$$

$$V_z = V_A - V_B \approx 0$$

$$V_1 = I_1 R_1 + I_4 R_4$$

$$V_2 = I_3 R_3 + I_4 R_4$$

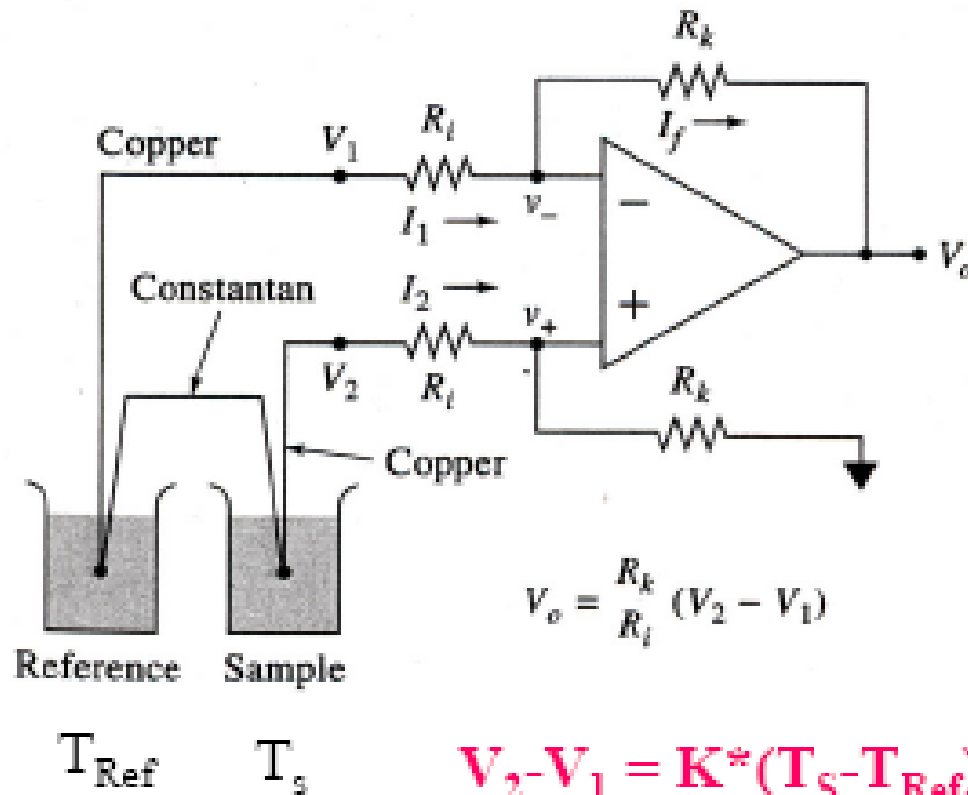
$$V = I_2 R_2 + I_4 R_4$$

$$V = \frac{R_2}{R_1} V_1 + \frac{R_4}{R_3 + R_4} \frac{R_1 + R_2}{R_1} V_2$$

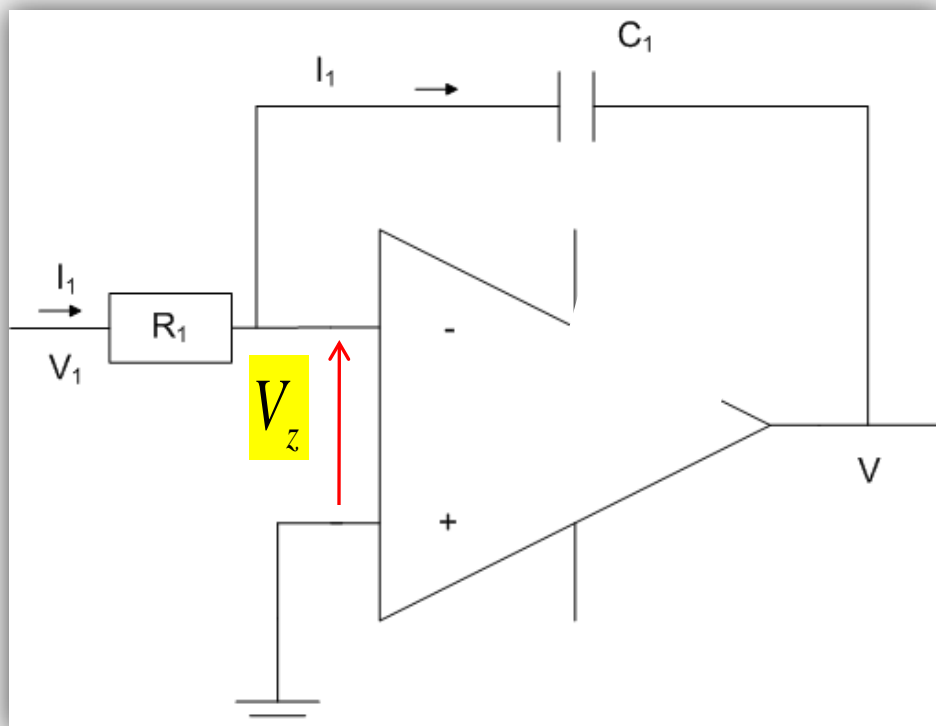
gdym $\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_4}{R_3}$ to $V = -\frac{R_2}{R_1} (V_1 - V_2)$

Wzmacniacz różnicowy - zastosowanie

Subtractor OA to Measure **Difference** in Voltages of a Thermocouple



Wzmacniacz całkujący



$$I_1(t) = \frac{V_1(t)}{R_1} = \frac{d(V_z - V)}{dt} C_1$$

$$V = -\frac{1}{C_1} \int_{-\infty}^{t_0} I_1(t) dt$$

$$= -\frac{1}{R_1 C_1} \int_{-\infty}^{t_0} V_1(t) dt$$

Wzmacniacz całkujący

Gdy wzmacnienie wzmacniacza jest bardzo duże (ale skończone) to:

$$V_z \neq 0$$

$$I_1(t) = C_1 \frac{d(V_z - V)}{dt} dt = \dots$$

$$V = -AV_z$$

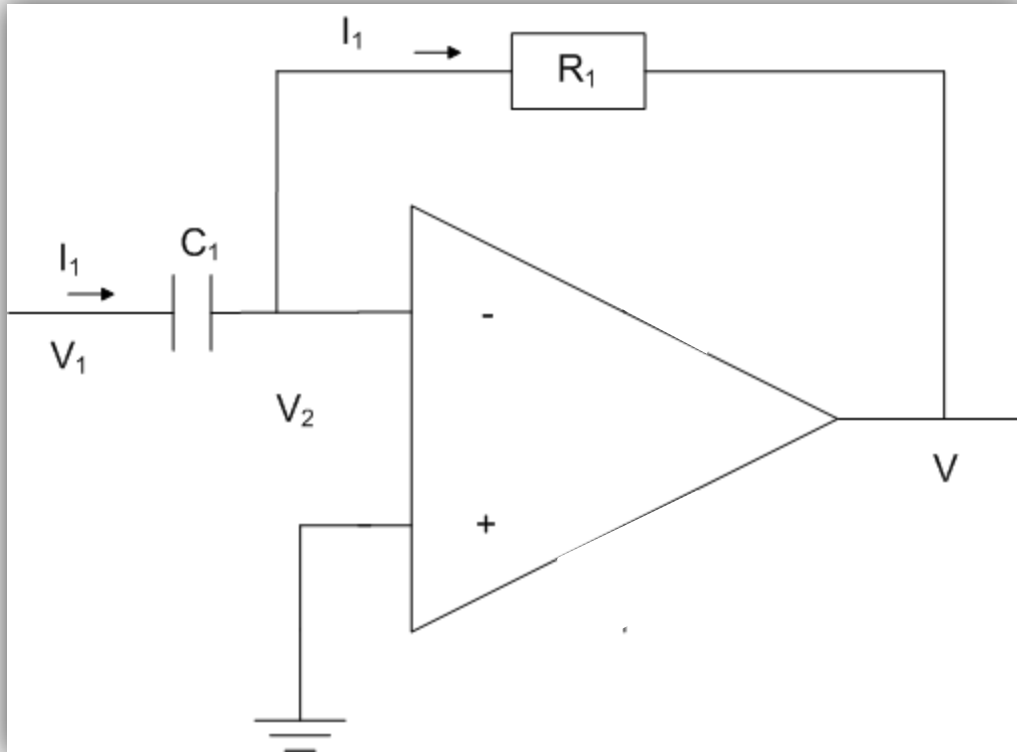
$$\dots = C_1 \frac{d(V_z + AV_z)}{dt} = C_1(1 + A) \frac{dV_z}{dt}$$

$$I_1(t) dt = dq$$

Bardzo duża pojemność

Wzmacniacz ten jest integratorem ładunku

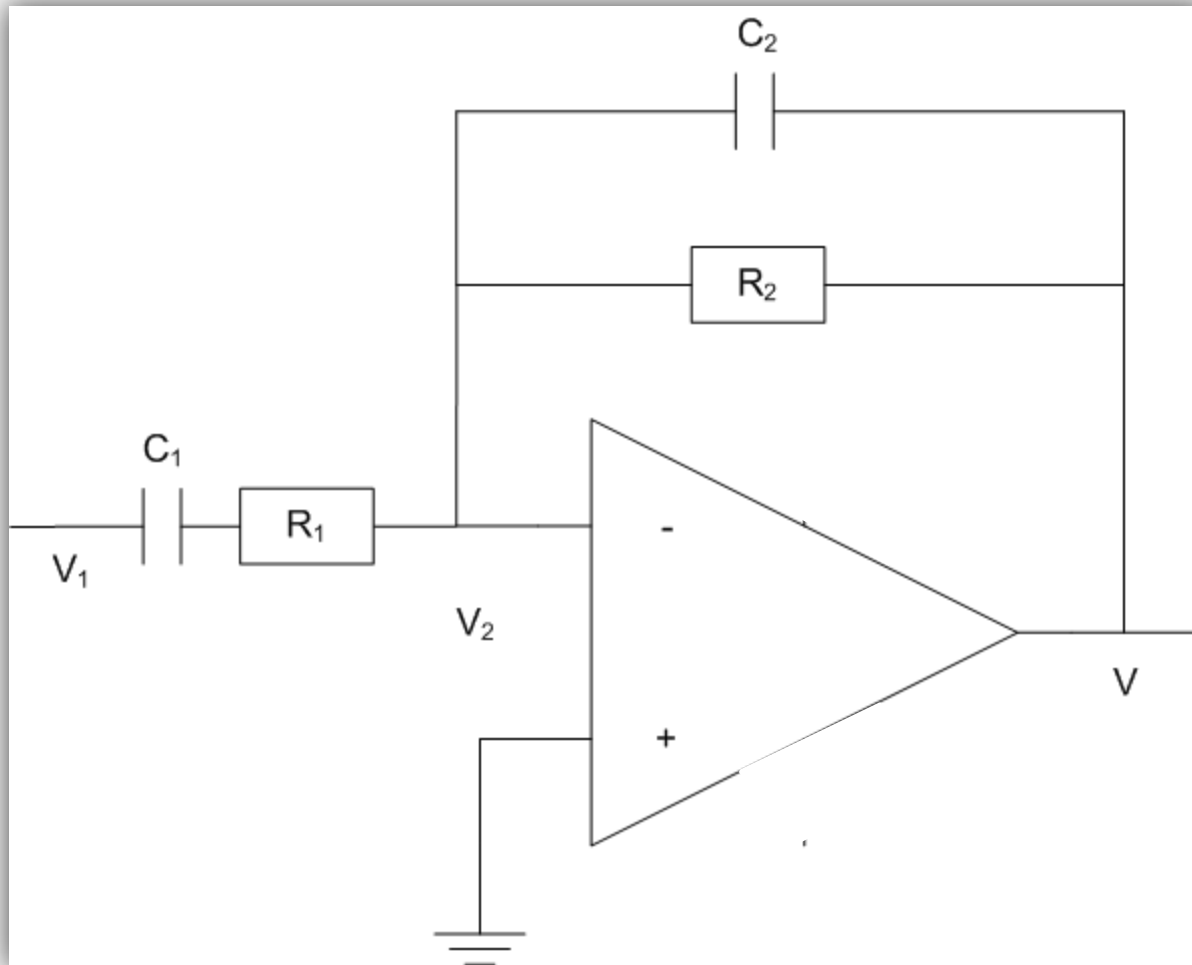
Wzmacniacz różniczkujący



$$I_1(t) = C_1 \frac{dV_1}{dt} = \frac{V_z - V}{R_1}$$

$$V(t) = -R_1 C_1 \frac{dV_1}{dt}$$

Wzmacniacz różniczkująco całkujący



$$V = -\frac{R_2}{R_1}V_1$$

$$T(\omega) = -\frac{Z_2}{Z_1} = \frac{R_2 \frac{1}{j\omega C_2}}{R_1 + \frac{1}{j\omega C_1}}$$

Wzmacniacz różniczkująco całkujący

$$T(f) = - \frac{j \frac{f}{f_0}}{(1 + j \frac{f}{f_1})(1 + j \frac{f}{f_2})}$$

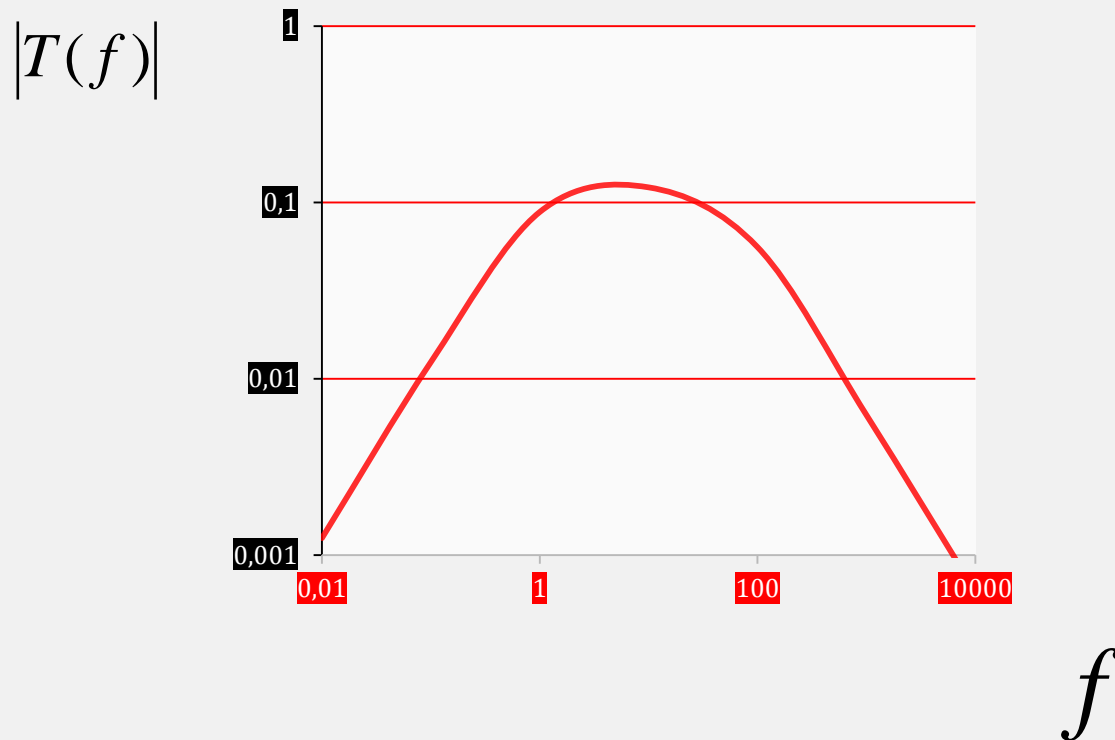
$$f_0 = \frac{1}{2\pi C_1 R_2}$$

$$f_1 = \frac{1}{2\pi C_1 R_1}$$

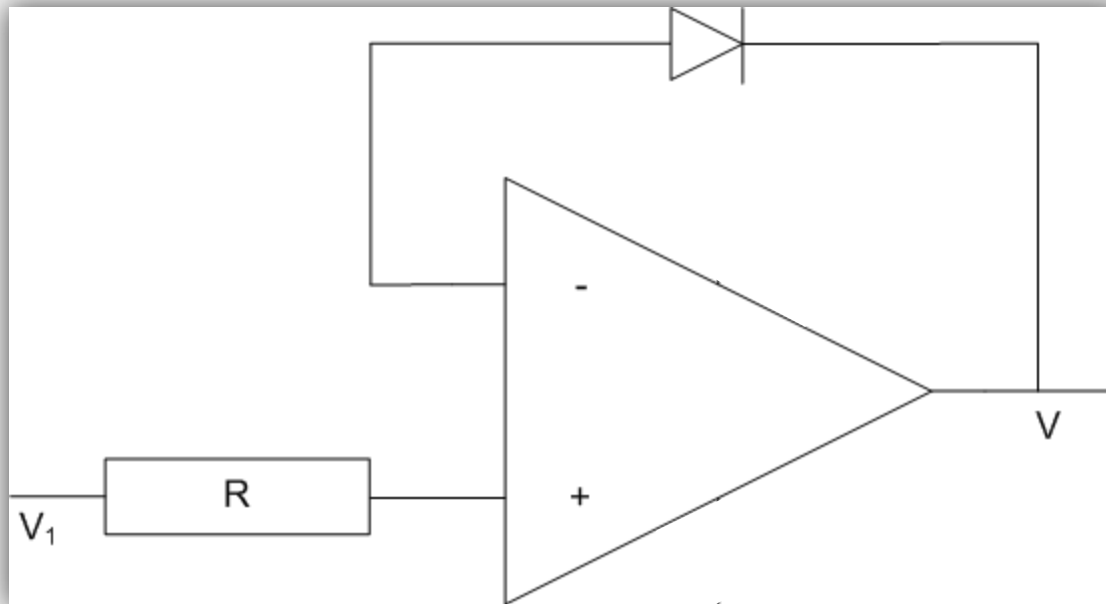
$$|T(f)| = \frac{f}{f_0} \frac{1}{\sqrt{(1 + (\frac{f}{f_1})^2)(1 + (\frac{f}{f_2})^2)}}$$

$$f_2 = \frac{1}{2\pi C_2 R_2}$$

Wykres pasma przenoszenia wzmacniacza różniczkująco-całkującego



Wzmacniacz logarytmiczny

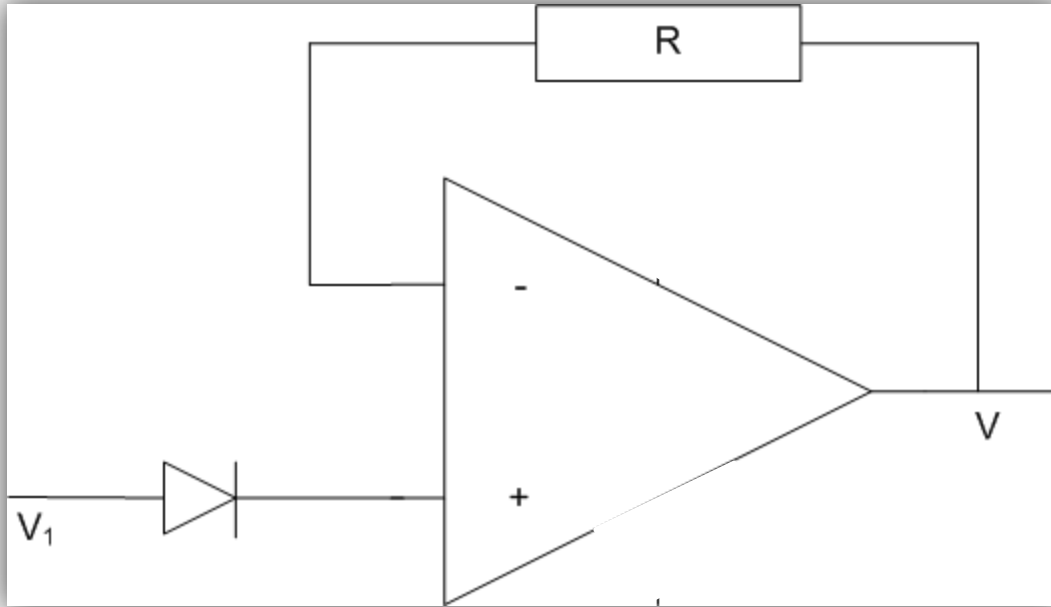


$$I_1 = \frac{V_1}{R}$$

$$V = -V_0 \ln \frac{I_1}{I_0}$$

$$V = -V_0 \ln \frac{V_1}{RI_0}$$

Wzmacniacz ekspotencjalny



$$I_1 = I_0 e^{\frac{V_1}{V_0}}$$

$$V = -I_1 R$$

$$V = -R I_0 e^{\frac{V_1}{V_0}}$$

Podsumowanie

