

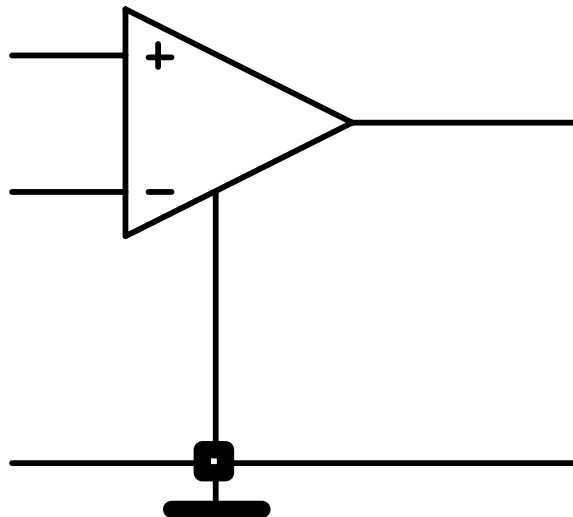
Operační zesilovače

OZ musí vynikat především v těchto parametrech

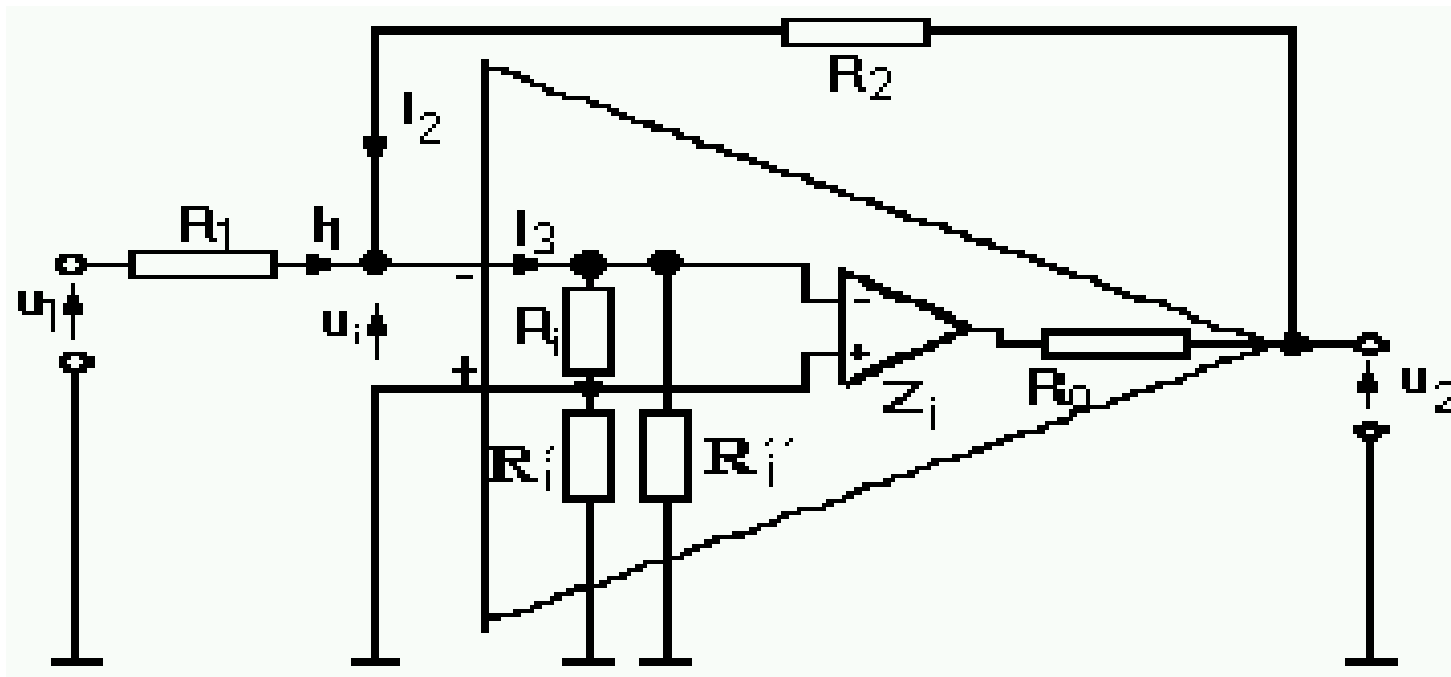
- velké napěťové zesílení v otevřené smyčce ideálně ∞ velké
- vysoký vstupní a nízký výstupní odpor (ideálně: ∞ a 0 ohmů)
- velký rozsah přenášených frekvencí (ideálně: 0 až ∞ Hz)
- stálost parametrů
- malá vlastní spotřeba (mW)
- malý drift výstupního signálu (v čase i s teplotou)
- velké společné napětí vstupů a potlačení společného signálu
- odolnost proti vlastním kmitům, možnost frekvenční kompenzace

Ideální operační zesilovač

- je lineární neregiprocitní a unilaterární dvojbran (též funkční blok)
- Zesílení $A = \infty$
- Vstupní impedance $Z_{\text{in}} = \infty$
- Výstupní impedance $Z_{\text{out}} = 0$
- Fázové natočení mezi vstupem a výstupem $\varphi = 0$ nebo π (180°)



Náhradní zapojení operačního zesilovače



$$U_2 = k \cdot U_i$$

$$U_i = R_i \cdot I_3$$

$$I_3 = I_1 - I_2$$

$$I_2 = \frac{U_2 - U_i}{R_2}$$

$$I_1 = \frac{U_1 - U_i}{R_1}$$

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{1}{\frac{1}{k} \left(\frac{R_2}{R_1} + \frac{R_2}{R_i} + 1 \right) - 1}$$

Poznámka

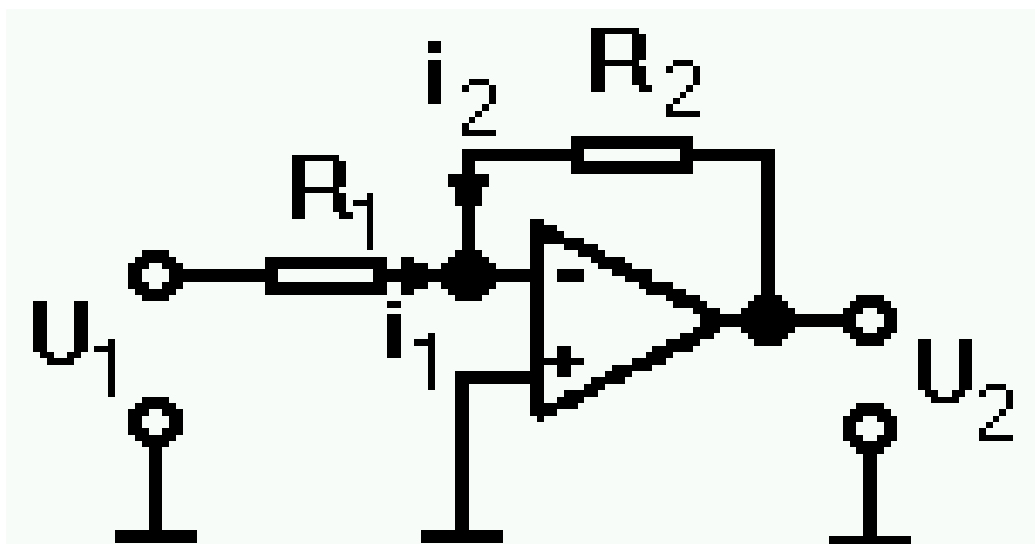
- Přijatelné je zesílení k velikosti vyšší než 5×10^4 .
- Z odvozeného výrazu je vidět, že při zesílení k ideálním (∞) je zesílení operačního zesilovače dáno pouze poměrem odporů R_2/R_1 .

Invertující zesilovač

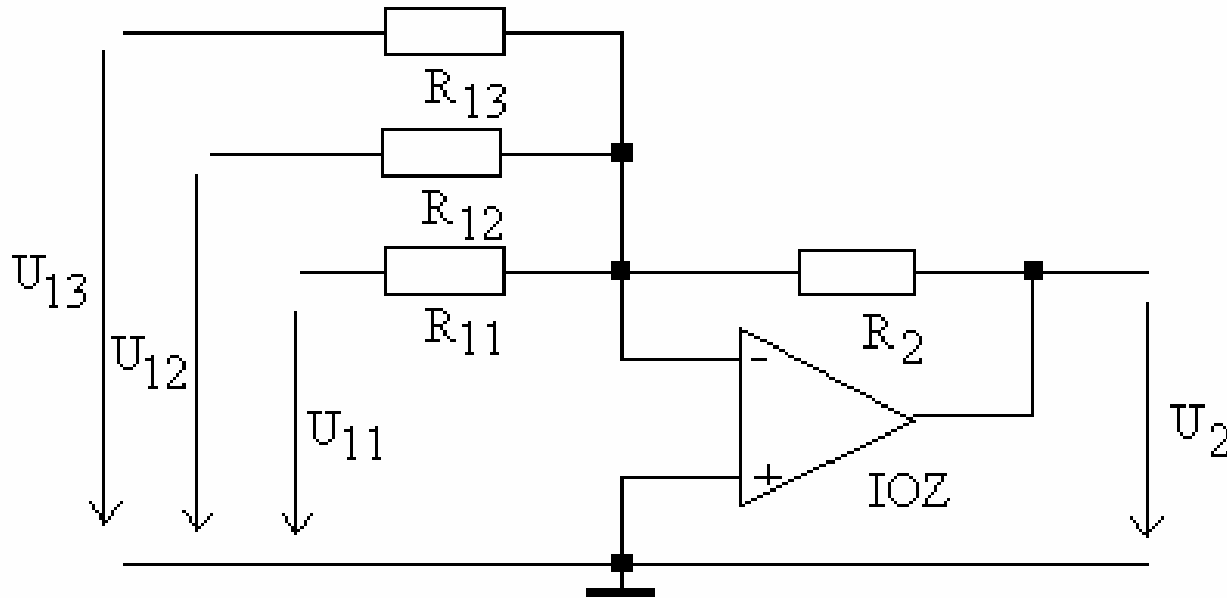
$$i_1 = i_2$$

$$\frac{U_1}{R_1} = -\frac{U_2}{R_2}$$

$$A = \frac{U_2}{U_1} = -\frac{R_2}{R_1}$$



Sumátor napětí – sčítá vstupní napětí (signály)

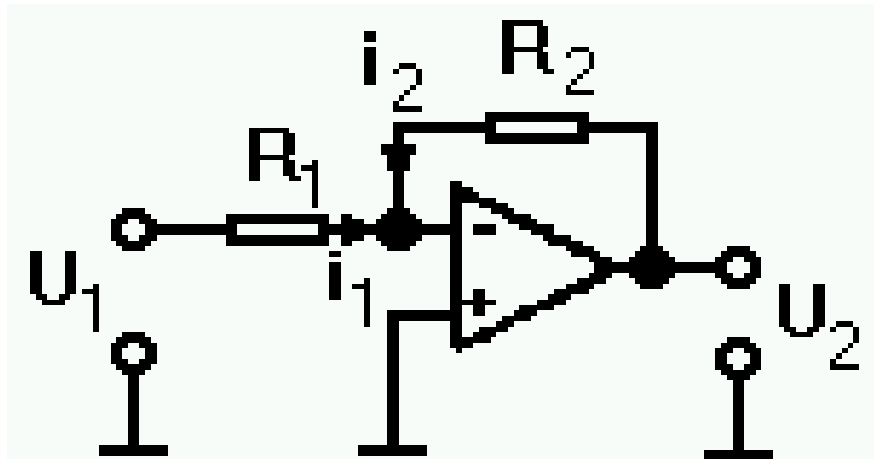


$$U_2 = - \left(\frac{R_2}{R_{11}} \cdot U_{11} + \frac{R_2}{R_{12}} \cdot U_{12} + \frac{R_2}{R_{13}} \cdot U_{13} \right)$$

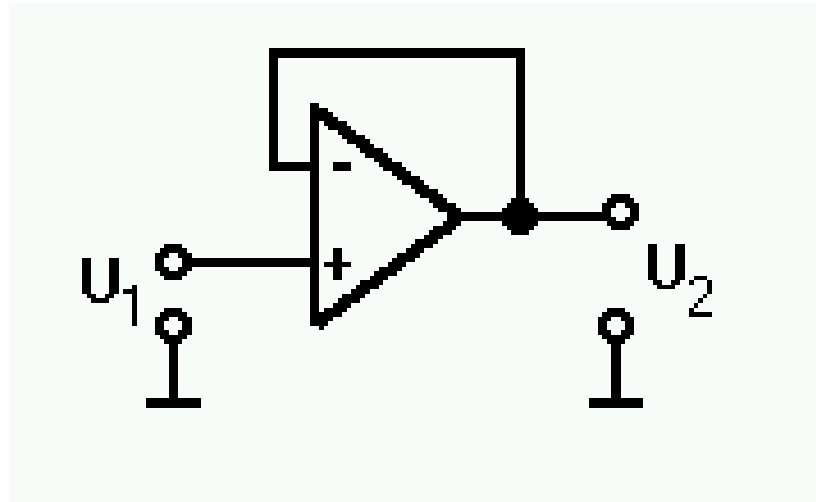
pro $R_{11} = R_{12} = R_{13} = R_2$ bude $U_2 = -(U_{11} + U_{12} + U_{13})$

Invertor

- invertující zesilovač, ale se zesílením $A = -1$. (tj. $R_1 = R_2$)



Sledovač

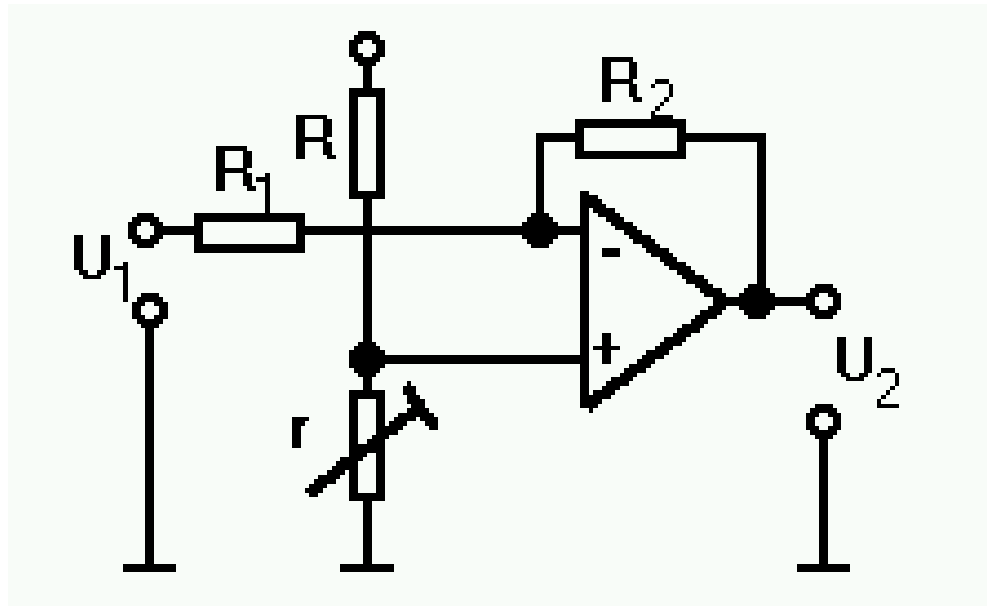


Neinvertující zesilovač, ale $A = 1 \Rightarrow R_1 \rightarrow 0, R_2 \rightarrow 0$.
Jde o zesilovač se 100 % zpětnou vazbou (zápornou).

Přenos
$$A = \frac{G}{1 + G}$$

G - zesílení v otevřené smyčce, proto pro $G \rightarrow \infty$
je $A = 1$.

Komparátor

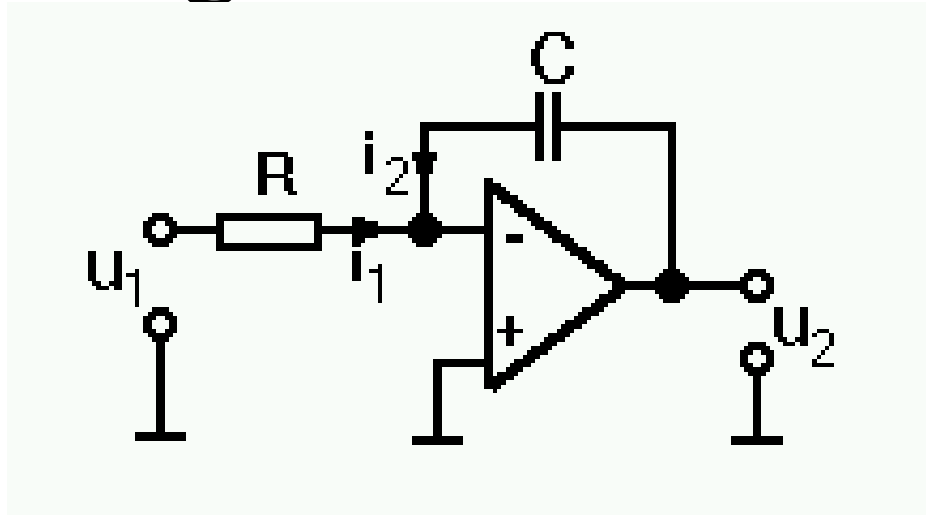


Invertující zesilovač, kde porovnávací úroveň je nastavitelná děličem R , r . Má být rychlý, aby přeběh výstupního napětí z jedné krajní polohy do druhé byl v co nejkratším čase. Pracuje i při absenci R_2 ($R_2 = \infty$).

Integrátor

$$Q = \int_0^t i dt$$

$$Q = C \cdot U$$



Vzhledem k tomu, že $i_1 = i_2$, neboť $i_{\text{dif.}} = 0$ a $U_+ = U_- = 0$, a dále: $i_1 = \frac{u_1}{R}$

$$\text{a } i_2 = C \cdot \frac{du_2}{dt},$$

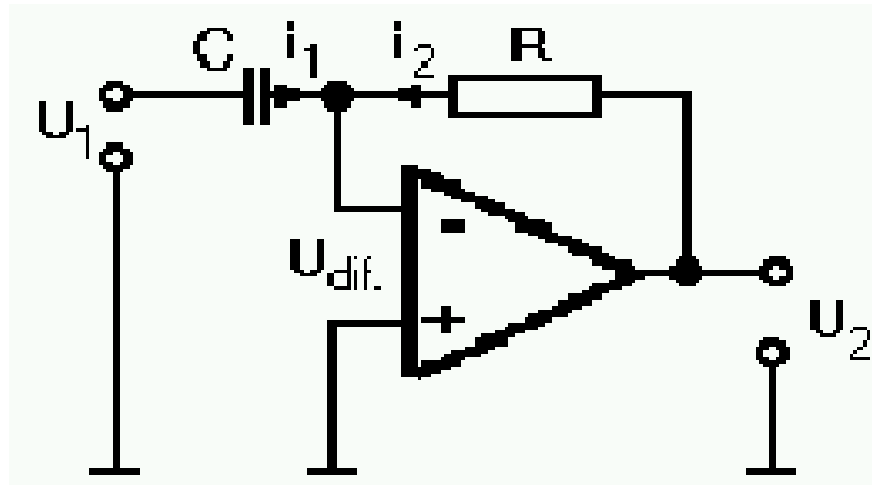
$$\text{z čehož: } i_2 \cdot dt = C \cdot du_2$$

$$\text{a po integraci: } i_2 \cdot t = C \cdot u_2$$

$$\text{Po dosazení } i_1 = i_2 \Rightarrow \frac{U_1}{R} = \frac{C}{t} \cdot u_2 \Rightarrow u_2 = u_1 \cdot \frac{t}{\tau} \quad \dots \text{ lineární závislost,}$$

$$\text{kde } \tau = R \cdot C \quad \dots \text{ časová konstanta [s]}$$

Derivační člen

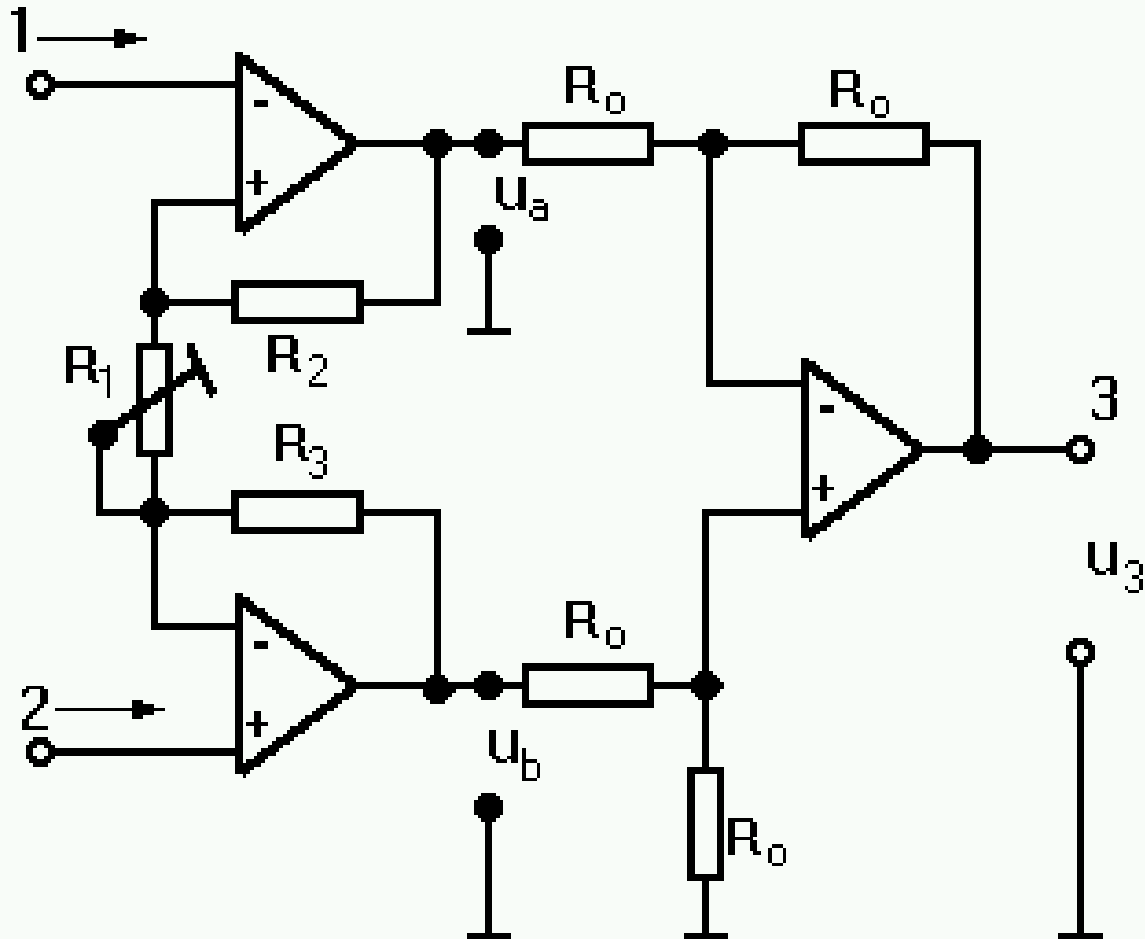


Předpoklady: $i_1 = i_2$, $Q = C \cdot U$ tedy $\frac{1}{C} \int_0^t i_1 \cdot dt = u_1$

(derivujeme): $\frac{1}{C} \cdot i_1 = \frac{du_1}{dt}$

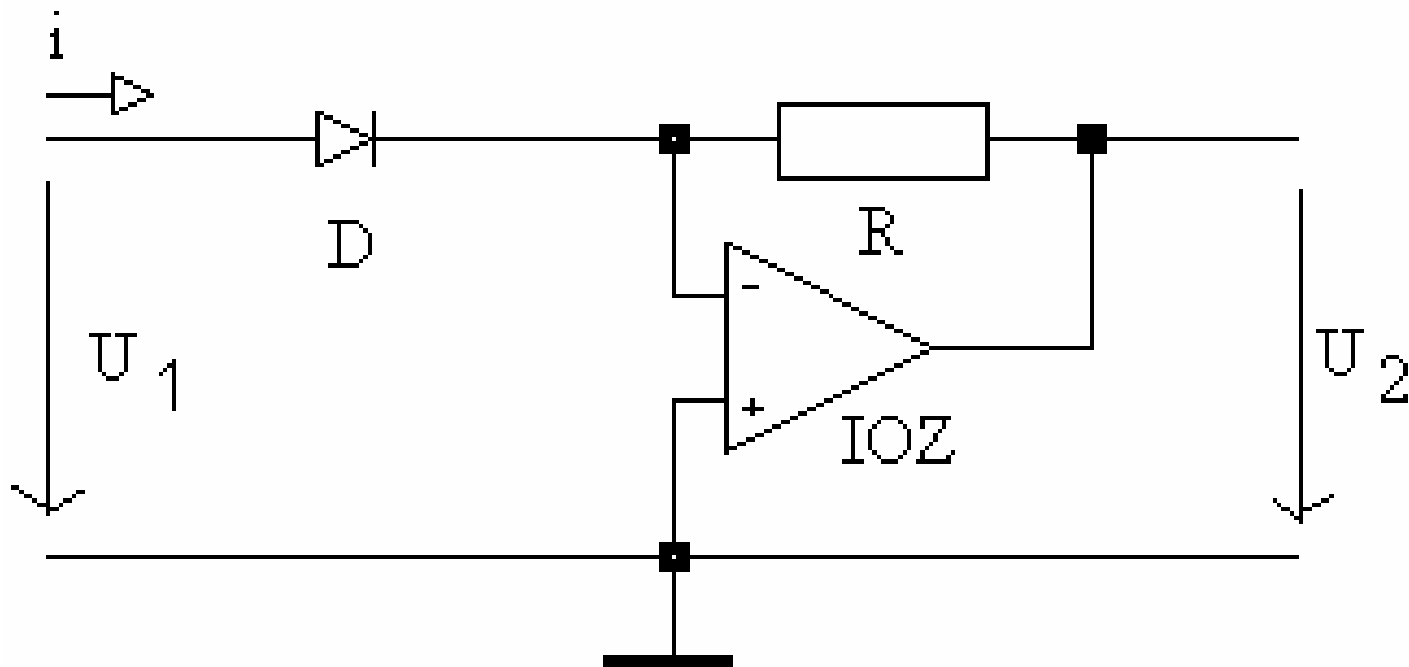
takže: $i_1 = C \cdot \frac{du_1}{dt} = \frac{u_2}{R} = i_2$, $u_2 = R \cdot C \cdot \frac{du_1}{dt} = \tau \cdot u_1'$

Přístrojový OZ s vysokým vstupním odporem



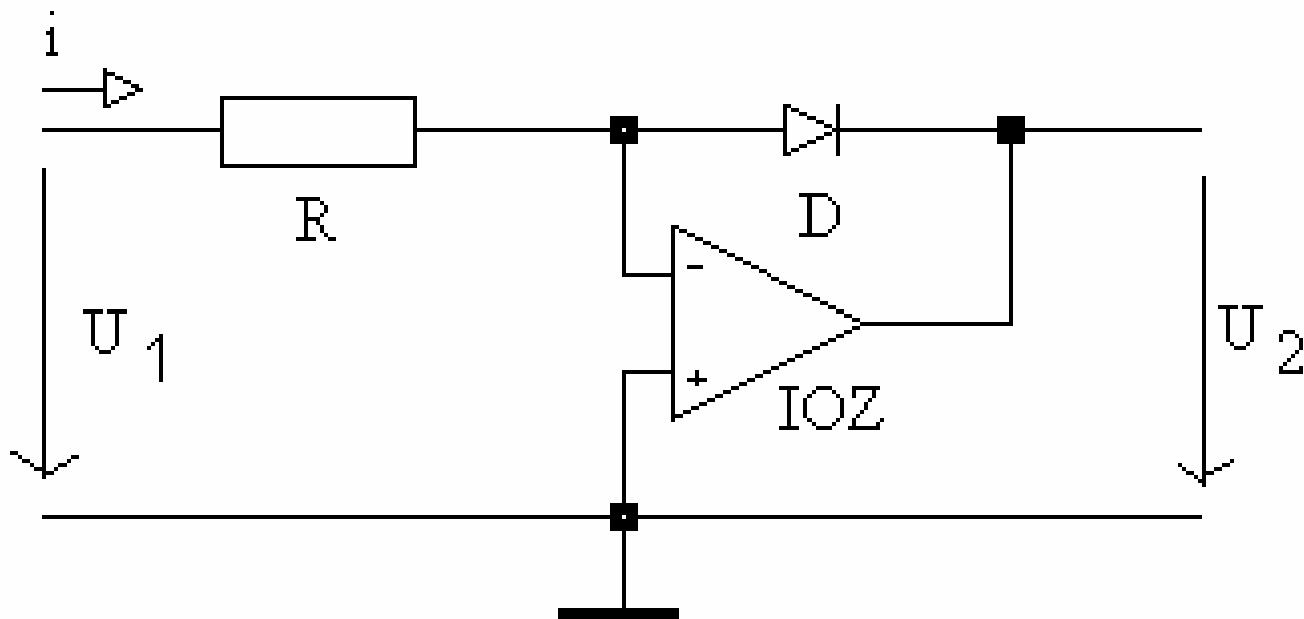
Nelineární (exponenciální) zesilovač - (měnič)

$$U_2 = -R \cdot i = -R \cdot I_0 \cdot e^{\frac{U_1}{U_T}}$$



Nelineární (logaritmický) zesilovač - (měnič)

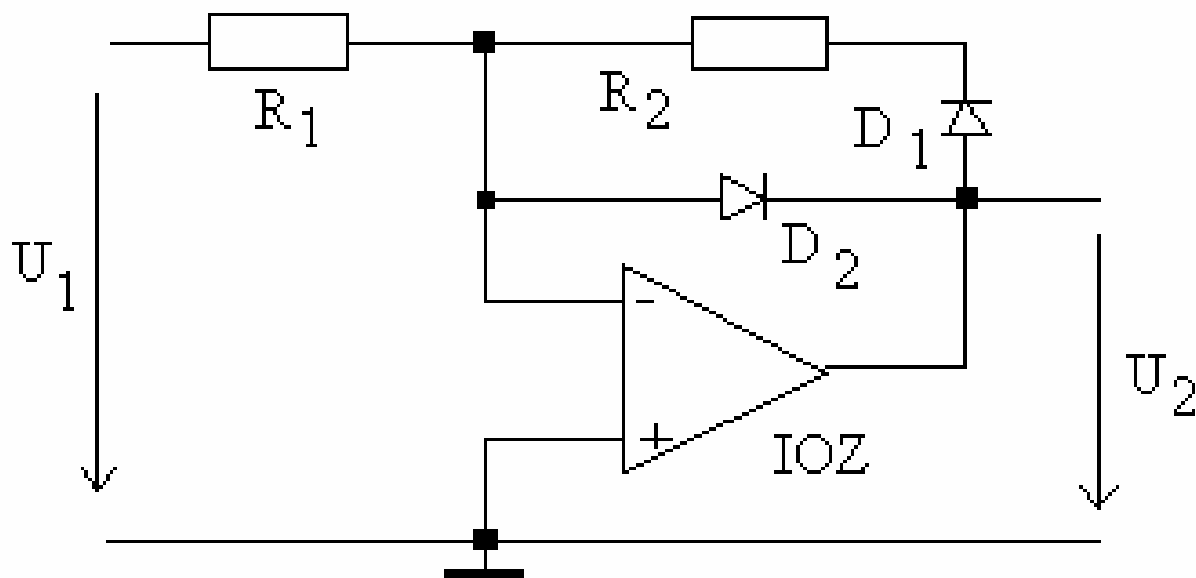
$$U \approx -U_T \cdot \ln \frac{U_1}{R \cdot I_0}$$



Operační usměrňovač

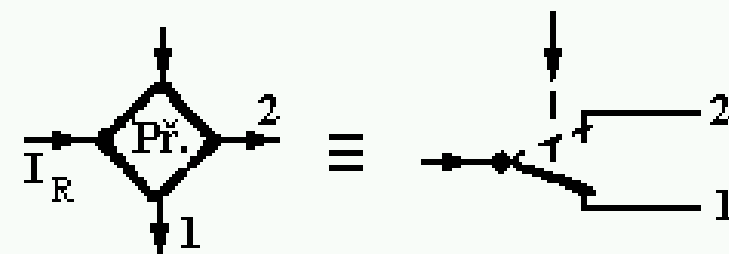
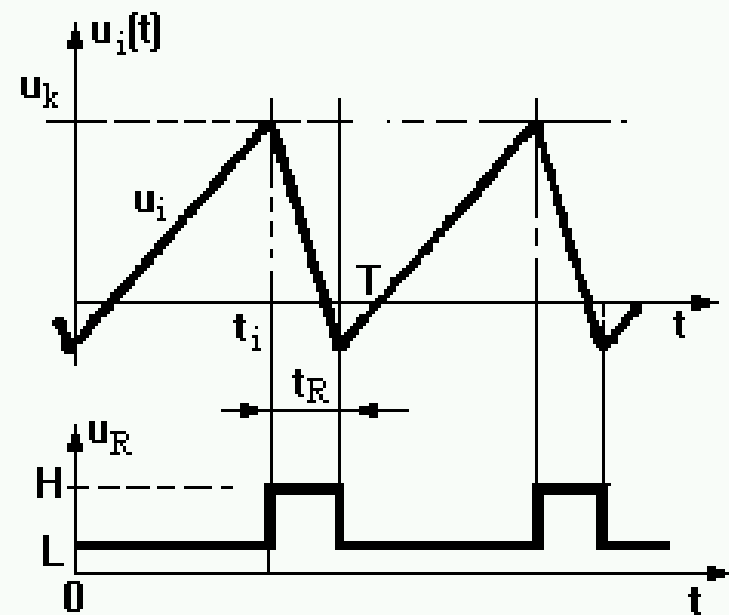
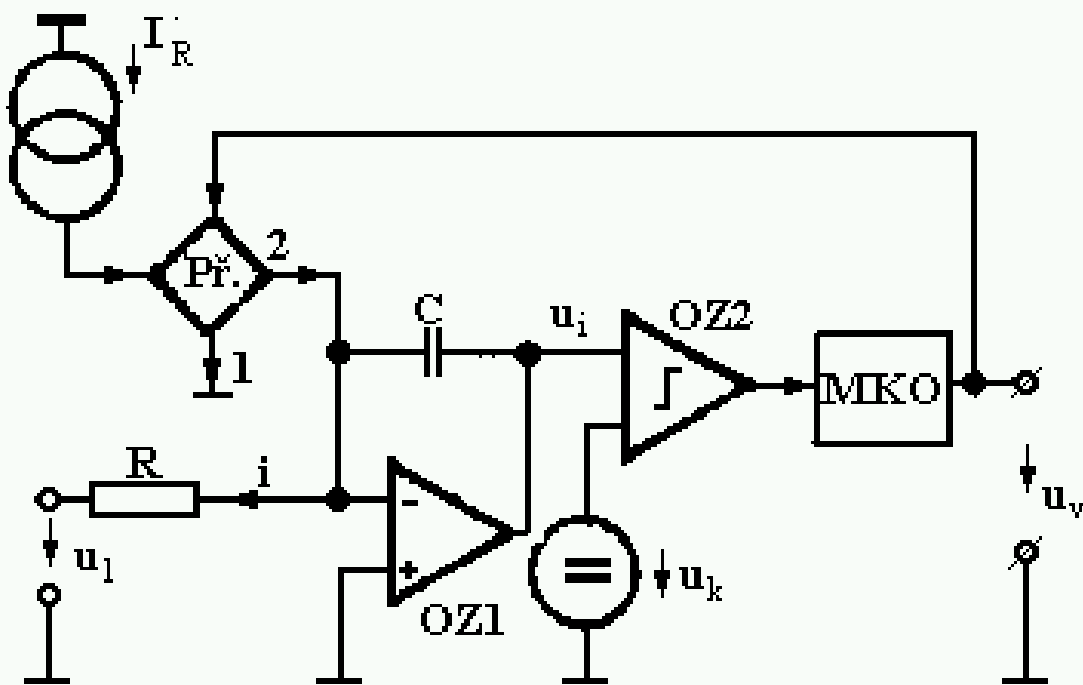
$$U_1 > 0 \quad \frac{U_2}{U_1} = -\frac{r_{d2}}{R_1} \quad U_1 = 0 \quad U_2 = 0$$

$$U_1 < 0 \quad \frac{U_2}{U_1} = -\frac{R_2}{R_1}$$

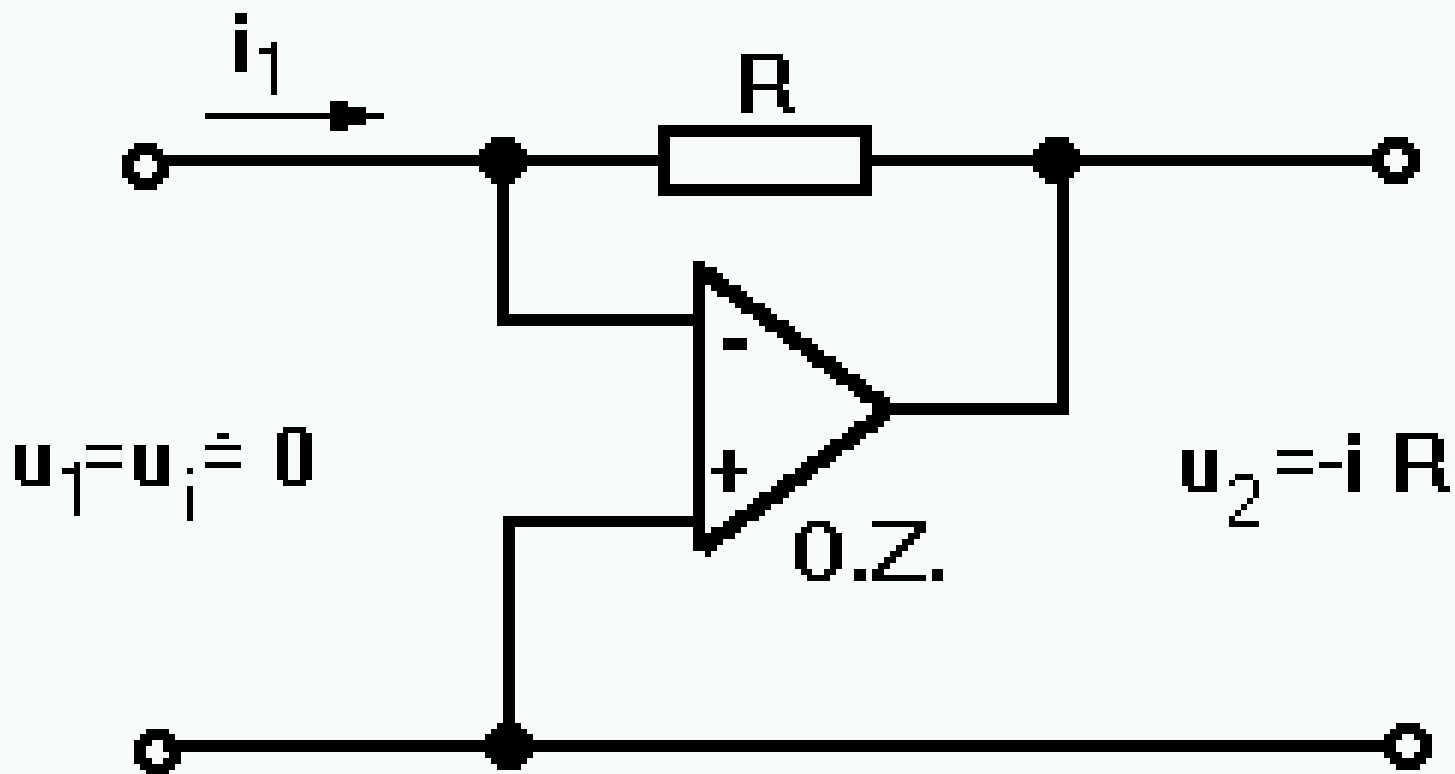


Převodník napětí - frekvence: U/f - s referenčním zdrojem proudu

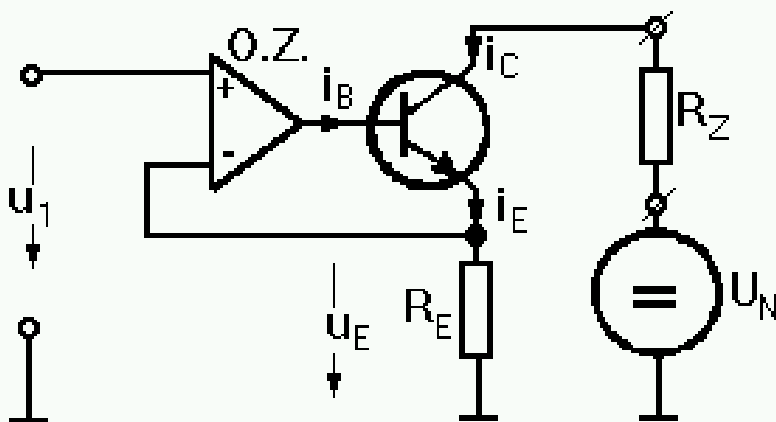
$$u_i(t) = -\frac{1}{C} \int_0^t i_C(t) dt \quad \int_0^{t_i} idt = \int_{t_i}^T (I_R - i) dt \Rightarrow \int_0^{t_i} idt + \int_{t_i}^T idt = \int_{t_i}^T I_R dt \quad T = \frac{I_R}{i} \cdot t_R$$



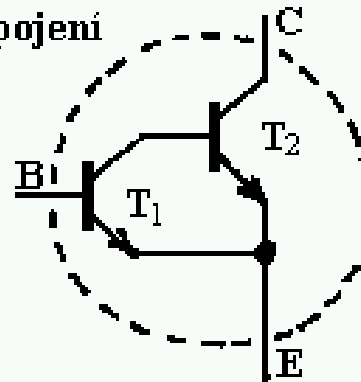
Převodník el. proud/el. napětí: I/U



Převodník el. napětí/el. proud: U/I



Darlingtonovo
zapojení



$$\beta = \beta_1 \cdot \beta_2$$

(Např. $\beta_1 = 200$,
 $\beta_2 = 50$:

$$\beta = 200 \cdot 50 = 10.000$$

$$i_E - i_C < i_E \cdot 10^{-4})$$

$$i_C \cong i_E \cong \frac{u_1}{R_E}$$