

## Obvody s operačními zesilovači

### Zesilovače napětí

---

---

---

---

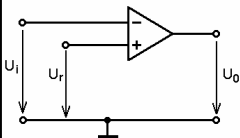
---

---

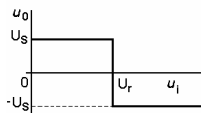
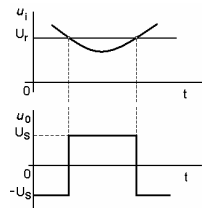
---

---

### Komparátor



Zapojení OZ bez zpětné vazby  
Nelineární obvod k porovnání napětí  
Výstupem je  $+U_S$  nebo  $-U_S$ ,  
tj. logická 1 nebo 0,  
u nesymetrického napájení  $+U_S$   
nebo 0



Převodní charakteristika

---

---

---

---

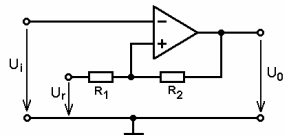
---

---

---

---

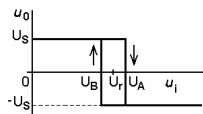
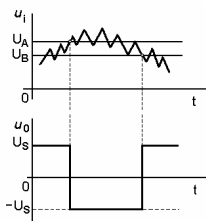
### Komparátor s hystezí



Zavedením zpětné vazby do  
neinvertujícího vstupu se  
zabrání kmitání při malých  
změnách vstupního napětí

$$U_A = U_r + \frac{R_1}{R_1 + R_2} (U_S - U_r)$$

$$U_B = U_r + \frac{R_1}{R_1 + R_2} (-U_S - U_r)$$



Převodní charakteristika

---

---

---

---

---

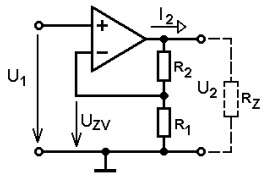
---

---

---

## Zesilovače napětí

### Neinvertující zesilovač napětí



$$U_1 = U_{ZV} = R_1 \cdot I_{ZV} = U_2 \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$\Rightarrow U_2 = U_1 \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

$$A_{ZV} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

- zpětnovazební proud přes rezistory  $R_1$  a  $R_2$  vytvoří na  $R_1$  úbytek napětí shodný s  $U_1$
- polarita výstupního napětí je stejná jako vstupního napětí
- vstupní odpor  $R_{in} \rightarrow \infty$
- výstupní odpor  $R_{out} \rightarrow 0$

---

---

---

---

---

---

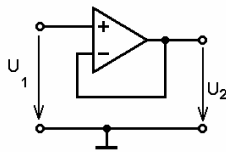
---

---

---

---

### Napět'ový sledovač



- zvláštní případ neinvertujícího zesilovače
- $A_U = 1$        $R_{vst} \rightarrow \infty$        $R_{výst} \rightarrow 0$
- slouží k impedančnímu oddělení obvodů

---

---

---

---

---

---

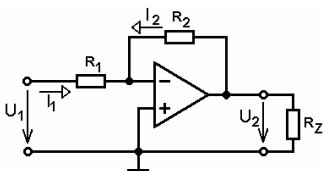
---

---

---

---

### Invertující zesilovač napětí



$$I_1 + I_2 = 0 \Rightarrow I_1 = -I_2$$

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} \quad I_2 = \frac{U_2}{R_2}$$

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

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

$$A_{ZV} = -\frac{R_2}{R_1}$$

- výstupní napětí má opačnou polaritu
- $R_{vst} = R_1$        $R_{výst} \rightarrow 0$
- Invertor  $R_1 = R_2 \Rightarrow U_2 = -U_1$

---

---

---

---

---

---

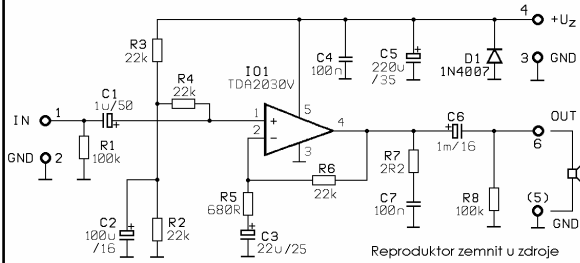
---

---

---

---

### Realizace zapojení audio zesilovače s operačním zesilovačem




---

---

---

---

---

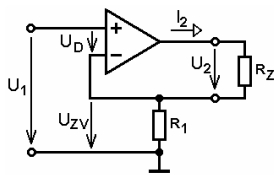
---

---

---

### Napětím řízený zdroj proudu

Neinvertující napětím řízený zdroj proudu



$$U_1 = U_{ZV} = I_2 \cdot R_1$$

$$I_2 = \frac{U_1}{R_1} \Rightarrow$$

$$A_{ZV} = \frac{I_2}{U_1} = \frac{R_1}{U_1} = \frac{1}{R_1}$$

výstupní proud nezávisí na  $R_Z$

$$R_{in} \rightarrow \infty \quad R_{out} \rightarrow \infty$$

---

---

---

---

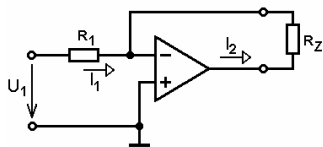
---

---

---

---

### Invertující napětím řízený zdroj proudu



$$I_2 = -I_1 = -\frac{U_1}{R_1}$$

$$A_{ZV} = -\frac{1}{R_1}$$

- výstupní proud je určen pouze vstupním napětím a nezávisí na  $R_Z$
- $R_{in} = R_1$ ,  $R_{out} \rightarrow \infty$  zpětnovazební obvod se chová jako zdroj proudu
- vlastnosti napětím řízených zdrojů proudu jsou omezeny saturačním napětím zesilovače
- rezistor  $R_Z$  nesmí být uzemněný

---

---

---

---

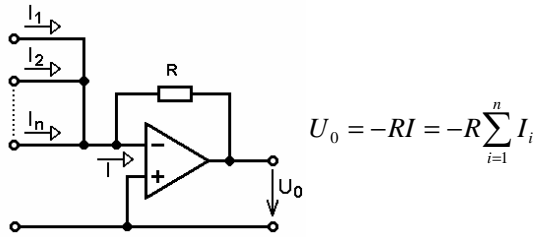
---

---

---

---

### Součet proudů



$$U_0 = -RI = -R \sum_{i=1}^n I_i$$

OZ přes zpětnou vazbu nastaví výstupu takové napětí aby mezi diferenčními vstupy bylo nulové napětí

- vstupní odpor obvodu je nulový
- výstupní odpor je nulový

---

---

---

---

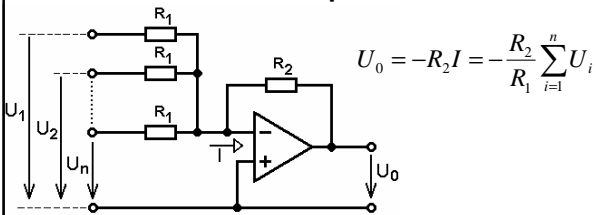
---

---

---

---

### Součet napětí



$$U_0 = -R_2 I = -\frac{R_2}{R_1} \sum_{i=1}^n U_i$$

ZO přes zpětnou vazbu nastaví výstupu takové napětí aby mezi diferenčními vstupy bylo nulové napětí

- vstupní odpor obvodu je roven hodnotě  $R_1$
- při různých hodnotách  $R_1$  získáme vážený součet
- výstupní odpor je nulový

---

---

---

---

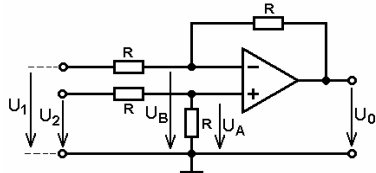
---

---

---

---

### Diferenční (rozdílový) zesilovač



$$U_A = \frac{U_2}{2} = U_B$$

$$I_1 = \frac{U_1 - U_B}{R} = \frac{U_B - U_0}{R}$$

$$U_0 = 2U_B - U_1$$

po posazení za:  $U_B = \frac{U_2}{2}$

$$U_0 = U_2 - U_1$$

$$U_0 = U_2 - U_1$$

- Vstupní odpor  $2R$
- OZ přes zpětnou vazbu ( $R_2$ ) nastaví  $U_0$  tak aby  $U_A = U_B$

---

---

---

---

---

---

---

---