

## Opakování OZ

Ing. Jiří Včěek

Procvičování převodní charakteristiky, vztahy mezi vstupním, výstupním a napájecím napětím, OZ jako zesilovač, komparátor, komparátor s hysterezí. Doplněk k publikaci Moderní elektronika od jejího příštího vydání bude její součástí.

V následujících úlohách pro zjednodušení předpokládám, že **záporné saturační napětí je o 2 V větší než záporné napájecí napětí OZ a kladné saturační napětí OZ je o 2 V menší než kladné napájecí napětí**. Ve skutečnosti se kladné saturační napětí trochu více blíží kladnému napájecímu napětí. **Existují OZ, kde se rozdíl saturačního a napájecího napětí blíží nule a které pracují s plným rozkmitem napájecího napětí.**

Vstupní napětí nemá přesáhnout možný rozsah výstupního napětí.

Pro napájecí napětí většiny OZ platí jediná podmínka: **Rozdíl kladného a záporného napájecího napětí musí být větší než 6 V a menší než 36 V.**

Rezistory ve zpětné vazbě OZ je vhodné volit v rozsahu **1 k $\Omega$  až 1 M $\Omega$** . Jiné hodnoty je možné použít, pouze pokud k tomu jsou závažné důvody.

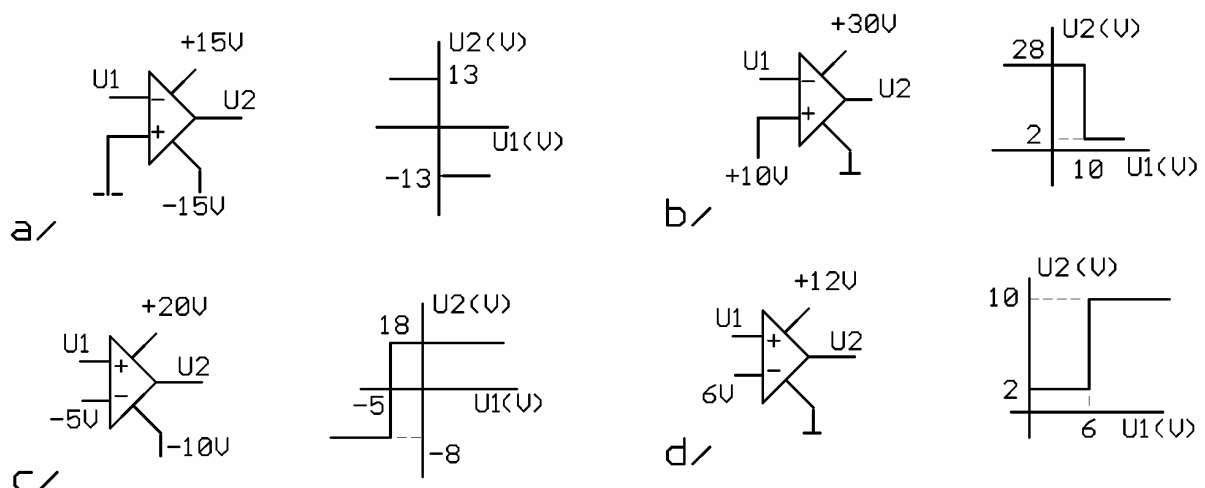
Určete **převodní charakteristiky** následujících zapojení

1/ **Komparátory** – pracují **bez zpětné vazby** s plným zesílením (přibližně  $10^5$ ). Minimální rozdíl vstupních napětí (100  $\mu$ V) je zesílen až do zalimitování. **OZ je rozdílový (diferenciální) zesilovač, porovnává rozdíl napětí mezi invertujícím a neinvertujícím vstupem. Výstup komparátoru může být pouze v kladné nebo záporné saturaci.**

a/ **Invertující komparátor, symetrické napájecí napětí.** Neinvertující vstup je zapojen na zem, vstupní napětí se porovnává s nulou. Pokud je napětí na invertujícím vstupu menší než napětí na neinvertujícím, bude výstup v kladné saturaci – u vstupního napětí je invertovaná polarita. Je-li napětí na invertujícím vstupu větší než napětí na neinvertujícím, bude výstup v záporné saturaci.

**Velikost výstupního napětí závisí pouze na velikosti napájecího napětí.**

b/ Invertující komparátor, **nesymetrické napájecí napětí.** Neinvertující vstup je zapojen na referenční (porovnávací) napětí +10 V, s tímto napětím se porovnává vstupní napětí. Pokud je napětí na invertujícím vstupu menší než +10 V, bude výstup v kladné saturaci – u vstupního napětí je invertovaná polarita. Je-li napětí na invertujícím vstupu větší než +10 V, bude výstup v záporné saturaci. V případě nesymetrického napájecího napětí je záporné saturační napětí vždy +2 V.



c/ **Neinvertující komparátor, symetrické napájení.** Referenční napětí -5 V je připojeno na invertující vstup. Je-li napětí na neinvertujícím vstupu menší než toto napětí, je výstup v záporné saturaci. Je-li napětí na neinvertujícím vstupu větší než toto napětí, je výstup v kladné saturaci. K překlápění obvodu dochází při referenčním napětí -5 V. Kladné a záporné saturační napětí je vždy odvozeno z napájecího napětí.

d/ **Neinvertující komparátor, nesymetrické napájení.** Referenční napětí 6 V je připojeno na invertující vstup. Je-li napětí na neinvertujícím vstupu menší než toto napětí, je výstup v záporné saturaci (+2 V). Je-li napětí na neinvertujícím vstupu větší než toto napětí, je výstup v kladné saturaci.

### 2/ Komparátor s hysterezi – kladná zpětná vazba

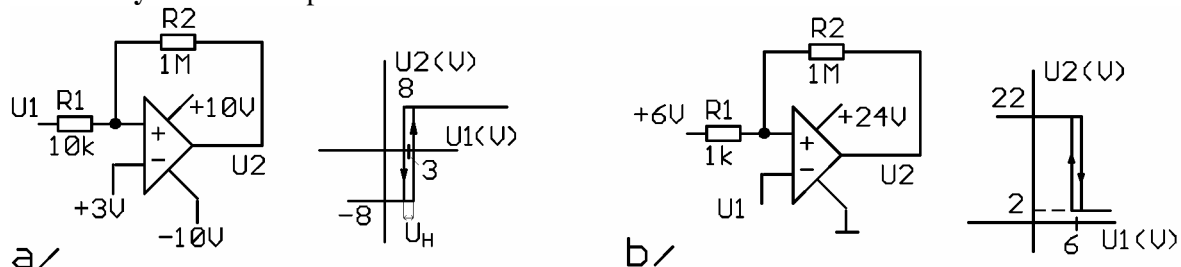
Kladná zpětná vazba z výstupu do neinvertujícího vstupu zajišťuje hysterezi překlápění. Vstupní napětí se zde porovnává nejen s referenčním napětím, ale částečně i s výstupním napětím. Úroveň překlápění tak závisí částečně na i stavu výstupu. Rezistory  $R_1$  a  $R_2$  tvoří dělič napětí, který určuje velikost hystereze.

$$\text{Přibližně platí } U_H = (U_{\text{sat}^+} + |U_{\text{sat}^-}|) \cdot R_1 / (R_1 + R_2),$$

kde  $U_{\text{sat}^+}$  je kladné saturační napětí a  $U_{\text{sat}^-}$  záporné saturační napětí

a/ Vstupní napětí  $U_1$  se porovnává s referenčním napětím +3 V. Pro menší vstupní napětí je výstup v záporné saturaci, pro větší vstupní napětí v kladné saturaci. Jedná se o **neinvertující komparátor**. Velikost **hystereze** bude přibližně 160 mV.

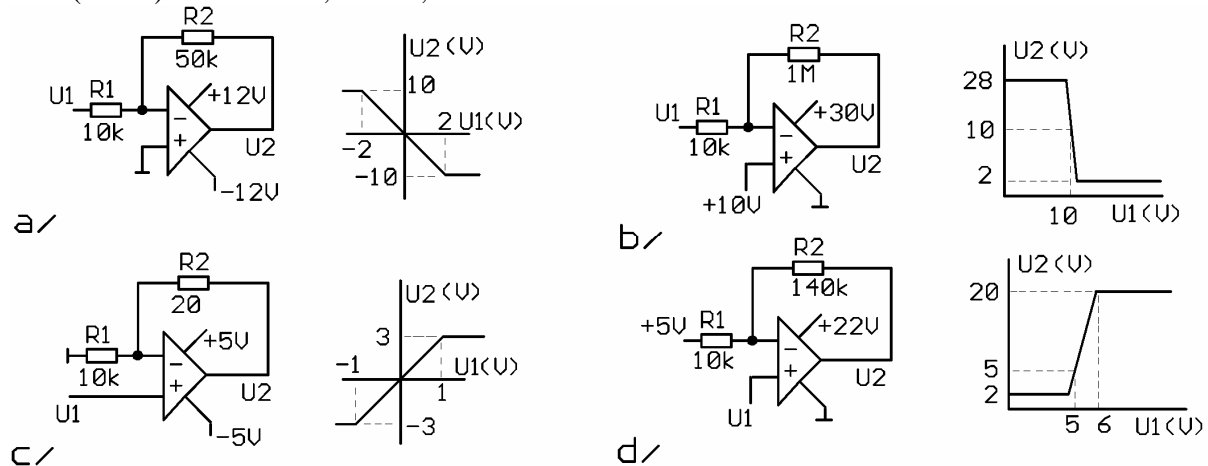
b) Vstupní napětí  $U_1$  se porovnává s referenčním napětím +6 V. Pro menší vstupní napětí je výstup v kladné saturaci, pro větší vstupní napětí v záporné saturaci. Jedná se o **invertující komparátor**. Velikost **hystereze** bude přibližně 20 mV.



3/ **Zesilovač** pracuje se **zápornou zpětnou vazbou**, která **omezuje zesílení**. Jeho převodní charakteristika se skládá ze tří částí: **lineární část**, kde platí  $U_2 = A_u \cdot U_1$ , **kladná a záporná saturace**, kde  $U_2$  závisí pouze na velikosti napájecího napětí.

a/ **Invertující zesilovač, symetrické napájení** (otáčí polaritu vstupního napětí),  $A_u = -R_2/R_1$ . Při vstupním napětí  $U_1 = \pm 2$  V (10/5) dochází k zalimitování výstupního signálu.

b/ **invertující zesilovač v nesymetrickém zapojení**, umělá nula (+10 V) nemusí být přesně polovina napájecího napětí. Při střídavém vstupním napětí bude záporná půlvlna výstupního napětí dříve limitovaná.  $A_u = 100 = R_2/R_1$ . Převodní charakteristika prochází bodem [10;10]. Tehdy je na obou vstupech a na výstupu stejné napětí. Převodní charakteristika se při velkém zesílení blíží charakteristice komparátoru. K limitaci dochází při  $U_1 = 10 - (28 - 10)/100 = 10 - 0,18 = 9,82$  V a při  $10 + (10 - 2)/100 = 10 + 0,08 = 10,08$  V.



c/ **neinvertující zesilovač v symetrickém zapojení** se ziskem 3.  $A_u = 1 + R_2/R_1$ .  **$R_2 = 20 \text{ k}\Omega$**   
Maximální výstupní napětí je  $\pm 3$ . K zalimitování výstupního signálu dochází při vstupním napětí  $\pm 1$   
V. Zápornému vstupnímu napětí odpovídá záporné výstupní napětí, kladnému vstupnímu napětí  
odpovídá kladné výstupní napětí.

d/ **neinvertující zesilovač s nesymetrickým napájením** a se ziskem 15. Převodní charakteristika  
prochází bodem [5;5]. Výstupní průběh je zalimitován pro  $U_1 < 4,8 \text{ V}$  a pro  $U_1 > 6 \text{ V}$